



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE MECATRÓNICA**

**DISEÑO MECATRÓNICO DE UNA MÁQUINA FAJILLADORA DE  
LATAS DE CERVEZA PARA LA CERVECERÍA ARTESANAL LA PAZ**

Trabajo de titulación previo a la obtención  
del título de Ingeniero en Mecatrónica

**AUTORES:** RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ JOSUÉ SANTIAGO  
HEREDIA PAUCAR PAUL SANTIAGO  
**TUTOR:** ING. EDY LEONARDO AYALA CRUZ, PH.D.  
**CO-TUTOR:** ING. MARLON XAVIER QUINDE ABRIL, M.SC.

Cuenca – Ecuador

2023

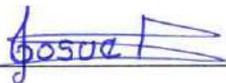
## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Josué Santiago Rodríguez Ordóñez con documento de identificación N° 0105072870 y Paul Santiago Heredia Paucar con documento de identificación N° 0106521628; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 26 de septiembre del 2023

Atentamente,



Josué Santiago Rodríguez Ordóñez  
0105072870



Paul Santiago Heredia Paucar  
0106521628

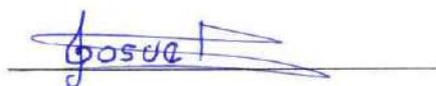
## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Josué Santiago Rodríguez Ordóñez con documento de identificación N° 0105072870 y Paul Santiago Heredia Paucar con documento de identificación N° 0106521628, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: 'Diseño mecatrónico de una máquina fajilladora de latas de cerveza para la cervecería artesanal La Paz', el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 26 de septiembre del 2023

Atentamente,



Josué Santiago Rodríguez Ordóñez  
0105072870



Paul Santiago Heredia Paucar  
0106521628

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Edy Leonardo Ayala Cruz con documento de identificación N° 0105627277, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO MECATRÓNICO DE UNA MÁQUINA FAJILLADORA DE LATAS DE CERVEZA PARA LA CERVECERÍA ARTESANAL LA PAZ, realizado por Josué Santiago Rodríguez Ordóñez con documento de identificación N° 0105072870 y Paul Santiago Heredia Paucar con documento de identificación N° 0106521628, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 26 de septiembre del 2022

Atentamente,



Ing. Edy Leonardo Ayala Cruz, PH.D.

0105627277

# Dedicatoria

## ***Josué Santiago***

El presente proyecto de titulación está dedicado:

A Dios y a la Virgen, quien han sido mi guía y fortaleza para llevar a cabo cada una de las metas que me he propuesto en mi vida.

A mis padres Verónica y Giovanni, quienes con su cariño, paciencia y apoyo me han impulsado para alcanzar este objetivo tan importante en mi vida, a mis hermanos Sebastián y Emilia quienes han sido un pilar dentro de mi formación académica y personal, a mis abuelos Julio, Mariana y Rosa quienes con su sabiduría me han guiado en todo momento de mi vida, de igual manera a mis tíos Ximena, Mónica y Santiago quienes me han brindado su cariño y apoyo además de llevarme por el camino correcto para poder alcanzar todas mis metas en mi vida.

Finalmente, dedico a las personas que formaron parte del proceso y me brindaron su apoyo de una u otra forma.

## ***Paul Santiago***

El presente proyecto de titulación está dedicado:

A dos personas extraordinarias en mi vida: mi tía Lorena y mi madre, Maribel. Gracias a su inquebrantable apoyo y amor, hoy estoy celebrando el culminar de mi carrera universitaria. Sin su presencia y guía, este logro no sería una realidad.

Además, no puedo pasar por alto el profundo agradecimiento que siento hacia mis queridos abuelos, quienes con sus valiosos consejos y un apoyo constante, han contribuido significativamente a moldear la persona que soy hoy en día. Su influencia ha sido fundamental en mi crecimiento y desarrollo. Este triunfo es el resultado de la unión de esfuerzos y la dedicación

de todas estas personas excepcionales en mi vida. Estoy profundamente agradecido por su presencia y contribución en mi camino hacia el éxito académico y personal.

# **Agradecimientos**

## ***Josué Santiago***

Antes que nada agradezco a Dios por darme la fuerza de avanzar y seguir adelante en este proceso de crecimiento académico y personal.

Agradezco profundamente a mis padres, hermanos, abuelos y tíos por su valioso apoyo moral el cual ha sido de suma importancia para poder lograr esta meta académica, les agradezco por guiarme y acompañarme en todas aquellas jornadas largas de estudio y desvelos en donde contaba con su abrazo y compañía los cuales fueron un impulso para continuar adelante y no rendirme ante las adversidades.

De igual manera me gustaría agradecer a mi Tutor de Proyecto de Titulación Ing. Edy Ayala, a quien con su paciencia y conocimientos supo guiarnos durante todo este proceso con su calidad humana y profesional, así mismo quiero hacerle llegar mis mas sinceros agradecimientos al Ing. Marlon Quinde quien nos apoyo desde el primer momento de este proyecto de titulación que con su paciencia, conocimientos y entrega logró llevarnos hacia la culminación del presente.

Finalmente quiero agradecer a todos los docentes de la carrera quienes han estado prestos para solventar cualquier duda, además de ser un ejemplo personal y profesional durante el paso de la carrera, así mismo a todos mis amigos de carrera que junto a ellos hemos logrado vencer las adversidades y hemos pasado momentos llenos de alegría y compañerismo.

## ***Paul Santiago***

Quiero expresar mi agradecimiento a Dios por brindarme la oportunidad de estar aquí hoy, presentando mi trabajo de titulación y culminando mi carrera académica. Estoy realmente agradecido a mis padres, Maribel y Martín, así como a mis abuelos, Rómulo y Flor, por su inquebrantable apoyo a lo largo de todo este proceso. Es gracias a ellos que me encuentro en esta etapa tan significativa de mi vida.

Asimismo, deseo expresar mi sincero agradecimiento al Ing. Edy Ayala y al Ing. Marlon

Quinde, ya que gracias a ellos y a su valioso conocimiento y apoyo a lo largo de todo el proceso de desarrollo del proyecto de titulación, estamos llegando a su culminación. Hemos adquirido una gran cantidad de experiencia y conocimientos que sin duda serán de gran relevancia al incorporarnos al ámbito laboral.

# Índice

<b>Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación</b>	<b>I</b>
<b>Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana</b>	<b>II</b>
<b>Certificado de dirección del trabajo de titulación</b>	<b>III</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>IV</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>VI</b>
<b>Resumen</b>	<b>XIX</b>
<b>Abstract</b>	<b>XXI</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Problema</b>	<b>2</b>
2.1. Antecedentes . . . . .	2
2.2. Descripción del problema . . . . .	3
2.3. Importancia y alcances . . . . .	4
2.4. Delimitación . . . . .	4
2.4.1. Espacial o geográfica . . . . .	4
2.4.2. Temporal . . . . .	5
2.4.3. Sectorial o institucional . . . . .	5
2.5. Problema general . . . . .	6
2.6. Problemas específicos . . . . .	6
<b>3. Objetivos</b>	<b>6</b>
3.1. Objetivo general . . . . .	6
3.2. Objetivos específicos . . . . .	6
<b>4. Hipótesis</b>	<b>6</b>
4.1. Hipótesis general . . . . .	7
4.2. Hipótesis específicas . . . . .	7

<b>5. Marco Teórico</b>	<b>7</b>
5.1. Proceso de elaboración de la cerveza . . . . .	7
5.2. División de áreas industriales en la cervecera artesanal La Paz . . . . .	10
5.3. Latas de aluminio . . . . .	11
5.3.1. Presentaciones comerciales de la lata de aluminio . . . . .	13
5.4. Tipos de fajillados en envases . . . . .	13
5.5. Fajillas para latas . . . . .	17
5.5.1. Tipos de presentaciones de fajillas para latas de aluminio . . . . .	17
5.6. Tipos de fajilladoras automáticas . . . . .	20
5.6.1. Fajilladoras de rodillos envolventes . . . . .	20
5.6.2. Fajilladoras posicionadoras . . . . .	21
5.6.3. Fajilladoras posicionadoras comerciales . . . . .	22
5.7. Mecanismos que componen la máquina posicionadora de fajillas . . . . .	26
5.7.1. Mecanismo de poleas dentadas de sincronización para activación de cuchillas . . . . .	27
5.7.2. Poleas dentadas de sincronización . . . . .	27
5.7.3. Materiales de construcción de las poleas dentadas y su clasificación según sus dientes . . . . .	30
5.7.4. Correa dentadas o síncronas . . . . .	31
5.7.5. Normalización de las correas dentadas . . . . .	33
5.7.6. Selección de una correa dentada según diagramas . . . . .	34
5.7.7. Tensado en el sistema polea y correa sincronizada . . . . .	36
5.7.8. Rodillo acumulador de etiquetas . . . . .	37
5.7.9. Mandril . . . . .	38
5.7.10. Sistema de rodillos de apoyo . . . . .	41
5.7.11. Rodillos de disparo de fajilla . . . . .	41
5.8. Sensores, actuadores e interfaces del sistema de fajillado . . . . .	42
5.8.1. Sensor fotoeléctrico . . . . .	42
5.8.2. Sensor inductivo . . . . .	43
5.8.3. Interfaz Hombre - Máquina . . . . .	44
5.8.4. Servomotores . . . . .	45
5.8.5. Servo controlador . . . . .	46
5.8.6. Motor de inducción . . . . .	47
5.9. Programas de simulación para la validación del diseño . . . . .	48
5.9.1. Simulación por el método de elementos finitos . . . . .	48

5.9.2.	Diseño CAD empleando SolidWorks . . . . .	49
5.9.3.	SolidWorks motion . . . . .	50
5.9.4.	SolidWorks movimiento basado en eventos . . . . .	52
5.9.5.	TIA PORTAL . . . . .	52
5.9.6.	Factory I/O . . . . .	53
<b>6.</b>	<b>Marco metodológico</b>	<b>54</b>
6.1.	Propuesta metodológica . . . . .	54
6.1.1.	Parámetros iniciales . . . . .	54
6.1.2.	Requisitos y requerimientos para el diseño . . . . .	55
6.1.3.	Modelos de los subsistemas . . . . .	57
6.2.	Materiales de construcción . . . . .	60
6.2.1.	Estructura de la fajilladora . . . . .	60
6.2.2.	Cuerpo de los rodillos . . . . .	61
6.2.3.	Placas de sujeción . . . . .	63
6.2.4.	Ejes roscados. . . . .	63
6.2.5.	Mandril . . . . .	64
6.2.6.	Rodillos de arrastre . . . . .	67
6.3.	Diseño mecánico de los rodillos de ajuste . . . . .	67
6.3.1.	Desplazamiento de los rodillos . . . . .	70
6.4.	Diseño mecánico de las cuchillas de corte . . . . .	71
6.4.1.	Dimensionamiento del motor . . . . .	71
6.4.2.	Elección de la correa dentada . . . . .	78
6.4.3.	Tensión y longitud de la correa . . . . .	82
6.5.	Diseño mecánico de la estructura . . . . .	87
6.5.1.	Deformación máxima de la estructura . . . . .	89
6.5.2.	Factor de seguridad de la estructura . . . . .	92
6.5.3.	Diagramas de momentos cortantes de la estructura . . . . .	92
6.5.4.	Tensión de la estructura bajo el criterio de Von Mises . . . . .	94
6.6.	Diseño mecánico de los rodillos de disparo . . . . .	95
6.6.1.	Dimensionamiento de los servomotores . . . . .	95
6.7.	Diseño mecánico de los rodillos principales . . . . .	100
6.7.1.	Sistema de transmisión de movimiento . . . . .	102
6.7.2.	Dimensionamiento del motor . . . . .	103
6.7.3.	Elección de la correa dentada . . . . .	106

6.8.	Diseño mecánico del mandril . . . . .	109
6.8.1.	Acción del sensor sobre la fajilla . . . . .	111
6.9.	Diseño mecánico de las placas de unión . . . . .	112
6.9.1.	Cálculo de esfuerzo cortante . . . . .	113
6.9.2.	Comprobación del cortante de un tornillo . . . . .	115
6.9.3.	Dimensionamiento del número de tornillos . . . . .	117
6.9.4.	Análisis por elementos finitos de la placa de sujeción . . . . .	118
6.10.	Integración de los subconjuntos . . . . .	121
6.11.	Selección de actuadores y sensores para las operaciones de arrastre, corte, y posicionamiento de fajilla. . . . .	125
6.11.1.	Servomotor . . . . .	125
6.11.2.	Motor de arrastre . . . . .	127
6.11.3.	Motor de corte . . . . .	128
6.11.4.	Motor de posicionamiento de fajilla . . . . .	129
6.11.5.	Sensor de detección de lata . . . . .	130
6.11.6.	Sensor de impresión de fajilla . . . . .	132
6.12.	Especificaciones técnicas de los elementos electrónicos, eléctricos y de control. . . . .	133
6.12.1.	Características técnicas de componentes eléctricos . . . . .	133
6.12.2.	Conexión de dispositivos con la subred profinet . . . . .	139
6.12.3.	Características técnicas de componentes electrónicos . . . . .	141
6.12.4.	Características técnicas de componentes de control . . . . .	145
6.13.	Propuesta de diseño para la simulación de una máquina fajilladora . . . . .	146
6.13.1.	Diagrama de flujo del proceso de fajillado . . . . .	146
6.13.2.	Diseño de la interfaz gráfica HMI . . . . .	147
6.13.3.	Implementación de dispositivo PLCS7-1500 en Tia Portal V16 . . . . .	149
6.13.4.	Programación y simulación de la maquina fajilladora . . . . .	151
6.13.5.	Simulación en Factory IO . . . . .	151
6.13.6.	Programación en TIA Portal en el PLCS7-1500 . . . . .	154
6.13.7.	Control de velocidad para los servomotores . . . . .	160
<b>7.</b>	<b>Resultados</b>	<b>168</b>
7.1.	Parámetros iniciales establecidos para el diseño . . . . .	168
7.2.	Diseño mecatrónico para una máquina fajilladora . . . . .	169
7.3.	Resultados de la simulación de la propuesta de diseño para una máquina fajilladora . . . . .	178

7.3.1. Resultado y evaluación de la simulación de la estructura de la fajilladora.	179
7.3.2. Resultado y evaluación de la simulación de las placas de sujeción. . . . .	179
7.3.3. Resultado y evaluación de la maquina fajilladora. . . . .	180
7.3.4. Resultados de la simulación del diseño de control PLC . . . . .	182
<b>8. Conclusiones</b>	<b>183</b>
<b>9. Recomendaciones</b>	<b>185</b>
<b>Referencias</b>	<b>188</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>189</b>
<b>Anexo A: Matriz de Consistencia Lógica</b>	<b>189</b>
<b>Anexo B: Proceso de producción de la cerveza artesanal.</b>	<b>191</b>
<b>Anexo C: Planos</b>	<b>193</b>
<b>Anexo D: Hoja de datos del motor de cuchillas</b>	<b>252</b>
<b>Anexo E: Hoja de datos del motor de rodillos de arrastre</b>	<b>254</b>
<b>Anexo F: Hoja de datos del motor de rodillos de posicionamiento</b>	<b>256</b>
<b>Anexo G: Hoja de datos del servo drive s210</b>	<b>258</b>
<b>Anexo H: Variables del PLC s7-1500 en TIA Portal</b>	<b>261</b>
<b>Anexo I: Tabla de selección de paso para transmisiones sincrónicas del fabricante Intermecc.</b>	<b>263</b>
<b>Anexo J: Tabla para selección del factor K del fabricante Intermecc.</b>	<b>265</b>
<b>Anexo K: Tabla para selección para transmisiones síncronas estándar del fabricante Intermecc.</b>	<b>267</b>
<b>Anexo L: Tabla para selección para el ancho de la correa del fabricante Intermecc.</b>	<b>272</b>
<b>Anexo M: Correas dentadas síncronas del fabricante Intermecc.</b>	<b>274</b>

## Lista de Tablas

1.	Propiedades mecánicas de la lata de aluminio. . . . .	12
2.	Propiedades termicas de la lata de aluminio. . . . .	12
3.	Propiedades paramétricas de cada material de fajillas termo encogible . . . .	20
4.	Características de la LX-150. . . . .	24
5.	Características de la JL-T150 . . . . .	26
6.	Poleas dentadas según su material . . . . .	30
7.	Poleas dentadas según su paso y correa dentada utilizada . . . . .	31
8.	Requisitos para instalar FACTORY IO . . . . .	54
9.	Parámetros Iniciales . . . . .	55
10.	Parámetros Iniciales . . . . .	61
11.	Materiales usadas por marcas comerciales. . . . .	62
12.	Comparativa entre el aluminio 6061 y 6063. . . . .	62
13.	Propiedades mecánicas del ASTM A36. . . . .	63
14.	Propiedad Mecánicas y su puntuación del acero AISI 4041. . . . .	64
15.	Principales características de la poliamida 6. . . . .	66
16.	Propiedades mecánicas de la poliamida 6. . . . .	66
17.	Propiedades mecánicas del poliéster SBR. . . . .	67
18.	Capacidad de desplazamiento en el eje Y de los rodillos secundarios. . . . .	71
19.	Componentes del sistema de cuchillas y sus propiedades. . . . .	73
20.	Parámetros de la simulación por elementos finitos. . . . .	89
21.	Capacidad de desplazamiento de los rodillos de disparo de fajilla. . . . .	100
22.	Capacidad de desplazamiento horizontal de los rodillos principales. . . . .	102
23.	Componentes de los rodillos de arrastre con sus propiedades. . . . .	104
24.	Tabla de valores nominales del limite elástico y de la resistencia a tracción ultima. . . . .	115
25.	Parámetros de la simulación por elementos finitos de la placa de sujeción. . . . .	118
26.	Tabla comparativa sobre especificaciones de los actuadores . . . . .	126
27.	Matriz de decisión . . . . .	127
28.	Matriz de decisión . . . . .	128
29.	Matriz de decisión . . . . .	129
30.	Matriz de decisión . . . . .	130
31.	Tabla comparativa sobre especificaciones de los sensores . . . . .	131
32.	Matriz de decisión . . . . .	132
33.	Matriz de decisión sensores claro-oscuro . . . . .	133

34.	Motor SESAME 5IK40A(GN)-A . . . . .	134
35.	Servomotor SIMOTICS S-1FK2 . . . . .	136
36.	Servomotor SIMOTICS 1FK2104-5AK11-0SA0 . . . . .	138
37.	Sensor SICK UFN3-70B413 . . . . .	143
38.	Sensor de proximidad inductivo 871TS . . . . .	144
39.	PLCs7-1500, controlador CPU 1516-3 PN/DP . . . . .	146
40.	Parámetros Iniciales . . . . .	169
41.	Materiales de diseño de la máquina fajilladora. . . . .	170
42.	Resultado de la elección de las diferentes correas dentadas. . . . .	170
43.	Resultado de la elección de las diferentes correas dentadas. . . . .	179
44.	Resultado de la elección de las diferentes correas dentadas. . . . .	180
45.	Latas fajilladas a lo largo del tiempo. . . . .	181
46.	Comparativa entre fajillado manual y automático. . . . .	182
47.	Matriz de consistencia . . . . .	190

## Lista de Figuras

1.	Ubicación geográfica de la Cervecería La Paz . . . . .	5
2.	Esquema de elaboración de cerveza artesanal . . . . .	8
3.	Áreas industriales de la cerveceria artesanal "La Paz". . . . .	11
4.	Diferentes presentaciones comerciales de la lata de aluminio. . . . .	13
5.	Fajillado de tapa tipo anillado. . . . .	14
6.	Fajillado general. . . . .	14
7.	Fajillado de cuerpo medio. . . . .	15
8.	Fajillado de cuerpo medio. . . . .	16
9.	Fajillado cóncavo. . . . .	16
10.	Mangas termoencogibles . . . . .	19
11.	Fajilladora de rodillos envolventes. . . . .	21
12.	Fajilladora posicionadora de fajillas . . . . .	22
13.	Fajilladora LX-150 de American Film and Machinery. . . . .	23
14.	Fajilladora JL-T150 de Ecuapack. . . . .	25
15.	Mecanismo de cuchillas . . . . .	27
16.	Polea dentada o de sincronización . . . . .	28
17.	Correa dentada . . . . .	32
18.	Partes de una correa dentada . . . . .	32
19.	Dimensiones para correas síncronas de perfil trapezoidal. . . . .	34
20.	Ábaco para selección de correas dentadas de paso métrico. . . . .	35
21.	Perdida de tensión de poleas a travez del tiempo. . . . .	36
22.	Tensado de un sistema de polea - correa. . . . .	37
23.	Rodillo acumulador de etiquetas . . . . .	38
24.	Mandrill posicionador de fajilla . . . . .	39
25.	Mandrill con paleta. . . . .	40
26.	Tensor de fajilla . . . . .	40
27.	Partes del sistema de rodillos . . . . .	41
28.	Rodillos de disparo de fajilla. . . . .	42
29.	Sensor fotoeléctrico de tipo barrera. . . . .	43
30.	Partes de un sensor inductivo. . . . .	44
31.	Sistema HMI. . . . .	45
32.	Servomotor. . . . .	46
33.	Motor de inducción. . . . .	47

34.	Análisis mediante elementos finitos. . . . .	49
35.	Conjunto mecánico realizado en SolidWorks. . . . .	50
36.	Conjunto mecánico animado en SolidWorks Motion. . . . .	51
37.	Requisitos de la cerveceria. . . . .	56
38.	Requerimientos de la cerveceria. . . . .	57
39.	Leyenda empleada en las cajas negras del proceso. . . . .	57
40.	Caja negra del proceso simplificada. . . . .	58
41.	Caja negra del proceso . . . . .	59
42.	Ejes coordenados de la máquina fajilladora. . . . .	69
43.	Conjunto de rodillos de ajuste. . . . .	70
44.	Desplazamiento máximo del mecanismo. . . . .	71
45.	Distancia entre ejes. . . . .	80
46.	Calculo de la deflexión necesaria. . . . .	82
47.	Longitud total de la correa dentada. . . . .	84
48.	Ancho de la correa dentada según lo calculado. . . . .	84
49.	Diseño final de la correa dentada. . . . .	85
50.	Deflexión aproximada a la calculada. . . . .	86
51.	Mecanismo final de corte. . . . .	87
52.	Propuesta de diseño de la estructura de la máquina fajilladora. . . . .	88
53.	Puntos fijos de la estructura y vector fuerza aplicado. . . . .	90
54.	Deformación máxima de la estructura. . . . .	91
55.	Factor de seguridad de la estructura de la fajilladora. . . . .	92
56.	Diagramas de momento cortante. . . . .	93
57.	Análisis estático bajo el criterio de Von Mises. . . . .	94
58.	Distancia desde los rodillos disparadores de fajilla hasta la banda transportadora. . . . .	96
59.	Diámetro de los rodillos disparadores de fajilla. . . . .	97
60.	Rodillos de disparo de fajilla. . . . .	99
61.	Rodillos principales de la máquina fajilladora. . . . .	101
62.	Mecanismo de transmisión de giro para rodillos de arrastre. . . . .	102
63.	Geometría de la correa dentada. . . . .	103
64.	Longitud de la correa dentada. . . . .	108
65.	Ancho de la correa dentada. . . . .	109
66.	Mandril de la fajilladora. . . . .	110
67.	Partes del mandril. . . . .	111
68.	Sensor fajillas. . . . .	112

69.	Placa de unión entre subconjuntos mecánicos. . . . .	113
70.	Placas de unión entre subconjuntos mecánicos. . . . .	114
71.	Placas de unión entre subconjuntos mecánicos. . . . .	114
72.	Placas de unión entre subconjuntos mecánicos. . . . .	115
73.	Mallado de la placa de sujeción. . . . .	119
74.	Desplazamiento máximo de la placa de sujeción. . . . .	120
75.	Factor de seguridad. . . . .	121
76.	Diseño final de la máquina fajilladora de latas de cerveza. . . . .	122
77.	Diseño final de la máquina fajilladora de latas de cerveza. . . . .	123
78.	Diseño final de la máquina fajilladora de latas de cerveza. . . . .	124
79.	Diseño final de la máquina fajilladora de latas de cerveza. . . . .	125
80.	Motor de rodillos de disparo de fajilla. . . . .	134
81.	Motor de arrastre de fajilla . . . . .	135
82.	Motor de corte de fajilla . . . . .	137
83.	Servo Drive S210. . . . .	139
84.	Conexión profinet . . . . .	140
85.	Componentes y accesorios del sistema . . . . .	141
86.	Sensor SICK UFN3-70B413 . . . . .	142
87.	Sensor de proximidad inductivo 871TS . . . . .	144
88.	PLCs7-1500, controlador CPU 1516-3 PN/DP. . . . .	145
89.	Proceso de fajillado . . . . .	147
90.	Diseño del HMI para el proceso de fajillado . . . . .	148
91.	Diseño del HMI ,ventana de configuración de velocidad y posición . . . . .	149
92.	PLCs7-1500, controlador CPU 1516-3 PN/DP . . . . .	150
93.	HMI KTP 700 Basic PN . . . . .	151
94.	Etapa de arrastre de fajilla . . . . .	152
95.	Etapa de corte de fajilla . . . . .	153
96.	Etapa de posicionamiento de fajilla. . . . .	154
97.	Mecanismo de cuchillas . . . . .	155
98.	Segundo segmento de programación en Tía Portal. . . . .	156
99.	Tercer segmento de programación en Tía Portal . . . . .	157
100.	Cuarto segmento de programación en Tía Portal. . . . .	158
101.	Quinto segmento de programación en Tía Portal. . . . .	159
102.	Configuración manual del sistema . . . . .	160
103.	Asignación de Servo Drive S210 y telegrama estándar 5 . . . . .	161

104. Mecanismo de cuchillas . . . . .	162
105. Asignación de bloques de control . . . . .	163
106. Asignación de bloques de control de velocidad para los rodillos de arrastre .	163
107. Asignación de bloques para el posterior control de posición y velocidad para el sistema de cuchillas . . . . .	164
108. Asignación de bloque para setear la posición del servomotor para el sistema de cuchillas . . . . .	165
109. Configuración de la variable de velocidad en el HMI KTP 700 Basic . . . . .	166
110. Configuración de la variable de posición en el HMI KTP 700 Basic . . . . .	167
111. Configuración de la variable de velocidad y posición de origen en el HMI KTP 700 Basic . . . . .	168
112. Diseño de los rodillos de disparo de fajilla. . . . .	171
113. Diseño de los rodillos de ajuste de mandril. . . . .	172
114. Diseño de los rodillos principales. . . . .	173
115. Diseño del mandril. . . . .	174
116. Diseño del mecanismo de corte. . . . .	175
117. Diseño de la asociación entre los rodillos principales y de ajuste. . . . .	176
118. Diseño de la máquina fajilladora de latas de cerveza. . . . .	177
119. Programación en TIA PORTAL . . . . .	178
120. Simulación de la máquina fajilladora. . . . .	181
121. Simulación de los subsistemas electrónicos,eléctricos y de control utilizando Factory IO como plataforma. . . . .	183

## Resumen

**E**l proyecto de titulación se centró en la propuesta de diseño mecatrónico de una máquina fajilladora posicionadora de latas de cerveza para la cervecería artesanal La Paz en Cuenca, Ecuador. Con el objetivo de identificar las deficiencias específicas en el área de enlatado, se llevó a cabo un proceso de recopilación de datos que incluyó una evaluación de los procedimientos de trabajo actuales en la empresa y un análisis de las diversas maquinarias ya incorporadas en la línea de producción, se identificó la deficiencia en el proceso de fajillado de latas, que consistió en la colocación de la fajilla o etiqueta termoencogible alrededor de las latas que ya llegan selladas. Es relevante mencionar que la fábrica se divide en tres plantas distintas con funciones específicas presentadas a continuación:

- Planta 1: Esta planta alberga todo el proceso relacionado con la elaboración de la cerveza artesanal, esta planta presenta procesos totalmente automatizados.
- Planta 2: Su propósito principal es el embotellado y etiquetado de los productos, este apartado los procesos de embotellado son automáticos y los de etiquetado son manuales para el caso de las latas.
- Planta 3: En esta planta se encuentran todos los equipos de cuarto de máquinas, como el chiller, compresor, calderos, transformadores de 220V y 440v, entre otros.

El enfoque principal del proyecto consistió en la mejora del proceso de fajillado en la sección de etiquetado de latas (Planta 2), contribuyendo así en la mejora de la eficiencia, calidad y tiempo de la producción de cerveza artesanal en la empresa La Paz. El diseño de la máquina implica principalmente un proceso de ingeniería inversa, el cual se basa en el estudio y análisis de diversas máquinas disponibles en el mercado que han demostrado su eficacia y eficiencia tales como los modelos LX-150 de American Film and Machinery y el modelo JL-T150 de Ecuapack. La diferencia clave radica en que la propuesta de la máquina fajilladora del presente trabajo de titulación se desarrolló específicamente para satisfacer los requisitos y las necesidades de la cervecería artesanal La Paz que se refieren al espacio máximo de 2.13m de largo por 1.85m de alto y satisfacer la producción de latas de 10 mil unidades por lote. Para lograr este objetivo, el diseño de la máquina se descompone en subsistemas que facilitan el proceso de diseño en áreas como electrónica, electricidad, mecánica y control.

Para asegurar la calidad del diseño, se llevaron a cabo una serie de cálculos que ayudaron a determinar las características esenciales necesarias para que la máquina sea adecuada en un entorno industrial así mismo simulaciones estáticas y dinámicas para validar la propuesta de

diseño. Este enfoque se implementa con el fin de garantizar el funcionamiento óptimo de la máquina fajilladora en el contexto de producción de la cerveza artesanal.

**Palabras clave:** fajilladora, planta 2, diseño mecatrónico, ingeniería inversa, subsistemas.

## Abstract

This thesis project focused on the mechatronic design of an automatic bottle sealing machine for the La Paz craft brewery in Cuenca, Ecuador. In order to identify specific deficiencies in the canning area, a data collection process was carried out, including an assessment of the current work procedures in the company and an analysis of the various machinery already integrated into the production line. It is worth mentioning that the factory is divided into three distinct plants with specific functions:

- Plant 1: This plant houses the entire process related to the production of craft beer.
- Plant 2: Its main purpose is the bottling and labeling of products.
- Plant 3: In this plant, all the drive equipment, such as the cooler, compressor, boilers, among others, is located.

The primary focus of the project was to improve the bottle sealing process in Plant 2, thereby contributing to the efficiency and quality of craft beer production at La Paz brewery. The machine's design involves a reverse engineering process, which is based on the study and analysis of various machines available in the market. The key difference lies in the fact that this machine will be developed specifically to meet the requirements and needs of La Paz craft brewery. To achieve this goal, the machine's design is broken down into subsystems that facilitate the design process in areas such as electronics, electrical engineering, mechanics, and control.

In order to ensure the quality of the design, a series of calculations were conducted to ascertain the essential characteristics required for the machine to be suitable for an industrial environment. This approach was implemented with the aim of ensuring the optimal performance of the machine within the production context of the brewery.

**Keywords:** plant 2, mechatronic design, reverse engineering, subsystems.

# 1. Introducción

La Cervecería Artesanal La Paz ha realizado una considerable inversión tecnológica, con áreas dedicadas a la cocción, enlatado y embotellado. Tanto el área de embotellado como el área de cocción están completamente automatizadas. Sin embargo, se identifica un cuello de botella en el área de etiquetado debido a que este procedimiento se lo realiza de manera manual y por la falta de una máquina de fajillado, lo que termina por generar grandes desperdicios de material y representa una carga física muy grande para las personas encargadas de este proceso. Esta máquina se encargada de aplicar la etiqueta termoencogible o fajilla alrededor de la lata de cerveza, para que posteriormente pase por un proceso de contracción térmica . En general, la producción de la empresa se sitúa en torno a 4 pallets por día, equivalente a 10,000 latas, y suele requerir aproximadamente 8 horas, lo que equivale a una jornada laboral. A menudo, los trabajadores deben realizar hasta 2 horas extras para cumplir con la producción, dada la capacidad máxima de la planta.

Por lo tanto, el proyecto que se describe en este documento, titulado "DISEÑO MECATRÓNICO DE UNA MÁQUINA FAJILLADORA DE LATAS DE CERVEZA PARA LA CERVECERÍA ARTESANAL LA PAZ", se enfoca en la propuesta de diseño de una máquina fajilladora que pueda abordar de manera efectiva los desafíos que se enfrentan en el proceso de etiquetado en la cervecera, el cual busca reducir significativamente los tiempos de etiquetado y disminuir la fatiga de los operadores.

Un componente fundamental de este proyecto implicó la recopilación de datos relacionados con los equipos actualmente utilizados en el área de enlatado de la empresa, así como la observación y comprensión de los procedimientos llevados a cabo por los operarios en la actualidad y el espacio de trabajo disponible. También se evaluó la capacidad de producción de la planta y se determinó la cantidad de personal requerido para llevar a cabo estas tareas de manera eficiente.

Una vez obtenida toda la información necesaria, se procedió a realizar un proceso de diseño y a llevar a cabo una investigación exhaustiva de las opciones disponibles con el objetivo de desarrollar una máquina personalizada específicamente diseñada para satisfacer las necesidades y requisitos de la Cervecería La Paz. Estos requisitos incluyeron:

- Reducción de los tiempos de producción.
- Disminución de los costos de fabricación.
- Minimización del desperdicio de materia prima.

- Mitigación de la fatiga laboral.
- Preparación de la planta para manejar pedidos de alta producción.

Para lograr estos objetivos, se realizó una amplia revisión bibliográfica de los diversos tipos de máquinas disponibles en el mercado y se procedió a desarrollar un modelo que pudiera adaptarse de manera óptima a las necesidades específicas de la Cervecería La Paz.

## **2. Problema**

### **2.1. Antecedentes**

En la actualidad en el Ecuador, existen alrededor de 42 cervecerías artesanales que ocupan mano de obra de cerca de 1667 personas, las mismas se encuentran distribuidas en las principales ciudades del país. Las fajilladoras de latas de cerveza son una herramienta muy relevante dentro del área de producción ya que facilita fajillar grandes cantidades de productos en un tiempo relativamente pequeño, estas máquinas se componen principalmente de un mandril el cual es el encargado de dar la forma a la fajilla para posteriormente pasar hacia el mecanismo de corte de fajilla que se enfoca en generar un corte limpio ,suave y a medida, así mismo cuenta con rodillos de arrastre que son los encargados de tirar de la etiqueta y mantener el sincronismo de la máquina, de igual forma cuentan con rodillos de ajuste con un mecanismo de tornillo sin fin los cuales dan el sosten estático de manera horizontal y lateral, en la actualidad existen varias empresas dedicadas a brindar productos similares que han demostrado ser eficientes en lo que hacen, tales son los modelos LX-150 de AFM y JL-T150 de Ecuapack que cuentan con mecanismos similares de funcionamiento los cuales pueden ser consultados en sus correspondientes guías de usuario y representan un gran punto de partida para la propuesta de diseño de la máquina fajilladora de latas que deberá adaptarse a variables registradas de la empresa, así mismo las maquinas fajilladoras se las puede dividir en:

- **Etiquetadora manual**

Consiste en dos rodillos que mediante el accionamiento con mecanismo de manivela ,el operador gira la lata de cerveza a la par de la etiqueta generando que se enrolle en si misma, sirven para producciones de bajo volumen y en general las etiquetas contienen un adhesivo que las adhiere directamente a la lata.

- **Etiquetadora de rodillos giratorios**

Esta consta de rodillos accionados por motores eléctricos que al girar envuelven la lata para su etiquetado, es una maquina automatizada que solo requiere de la regulación de las alturas y los espesores según corresponda la lata, es principalmente usada con etiquetas que tengan algún adhesivo y son aptas para grandes flujos de trabajo.

- **Etiquetadora posicionadora de fajilla**

Es una máquina robusta y automatizada que a diferencia de la de rodillos esta va colocando la fajilla alrededor de las latas, cuenta con un cabezal giratorio que extiende la fajilla para que posteriormente sea cortada por una cuchilla y esta será posicionada encima de cada lata, este sistema es de especial ayuda cuando la fajilla es de un material termoencogible que necesitará de un proceso térmico para que la misma se adhiera a la lata.

## **2.2. Descripción del problema**

En la Cervecería Artesanal La Paz, se ha identificado una deficiencia en la segunda línea de producción, que se dedica a la cerveza enlatada. El problema se encuentra en el proceso de etiquetado, justo antes de que las latas pasen por el horno secador de fajillas. En este punto, los operarios están realizando la colocación de las fajillas de forma manual, esta operación manual conlleva varios problemas, como el desperdicio de fajillas, una disminución en la velocidad de producción y una colocación deficiente de las fajillas, lo que puede resultar en que queden arrugadas o mal posicionadas.

El proceso de etiquetado manual ocupa la jornada laboral completa, que va desde 8 hasta en algunos casos 10 horas de trabajo en un día, se debe tomar en cuenta el desperdicio de fajillas, que a menudo supera las 250 unidades por lote de producción, también se observa un desperdicio de cerveza, ya que la manipulación manual por parte del operario conduce a que muchas latas se golpeen y, por lo tanto, no sean aptas para la venta y consumo. Esto desemboca en la pérdida de alrededor de 100 latas por lote, también existe la incapacidad de poder satisfacer altas demandas de producción debido a que la capacidad máxima de producción que tienen es solamente de 4 pallets por día, estos problemas se presentan debido a que no se dispone de una máquina fajilladora que minimice los tiempos de producción y desperdicios además que contribuya con la reducción de la fatiga de los operadores.

### **2.3. Importancia y alcances**

La importancia del trabajo de titulación es contribuir y agilizar la producción de la cerveza artesanal enlatada dentro de la Cervecería Artesanal La Paz con una máquina fajilladora automatizada que reducirá los tiempos de producción y minimizará los desperdicios de fajilla, dando como resultado la optimización general dentro de esta línea de producción, el enfoque está dirigido hacia latas de 355ml y con un volumen de producción diario de latas de 10 mil latas por lote, así mismo esta dirigido a la integración de la comunicación industrial ya actuales en la fábrica, el tiempo optimizado de etiquetado va desde un 60% a un 80% dependiendo de la velocidad de fajillado, así mismo se puede adaptar a volúmenes de producción variables.

El alcance del trabajo de titulación acorde al tiempo establecido para su desarrollo, en primera instancia es de carácter teórico y demostrativo, lo que involucra la propuesta de diseño y su respectiva simulación para determinar su correcto dimensionamiento y cumplimiento con los estándares necesarios para incluirla dentro de la línea de etiquetado.

### **2.4. Delimitación**

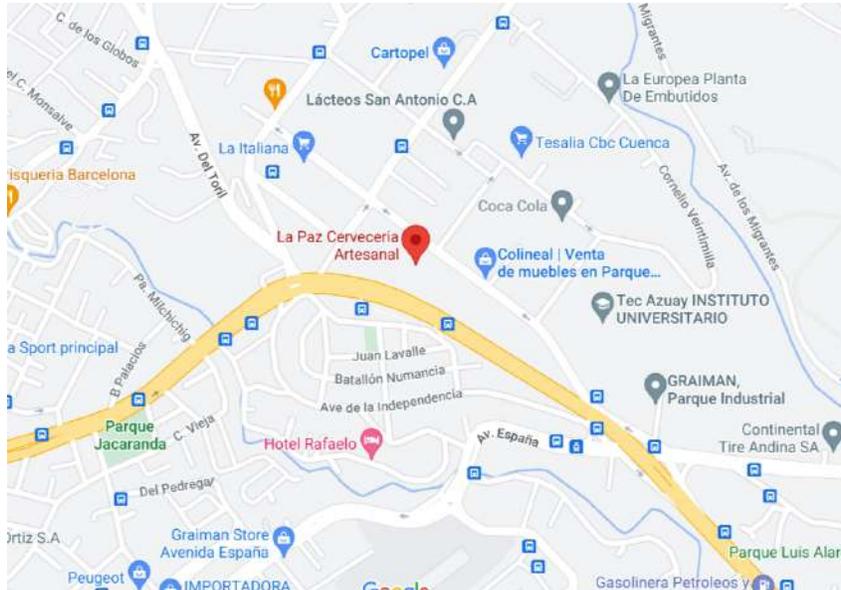
El problema de estudio se delimitará en las siguientes dimensiones descritas a continuación.

#### **2.4.1. Espacial o geográfica**

El trabajo de titulación se realizara en el sector parque industrial de la ciudad de Cuenca en la CERVECERÍA LA PAZ.

## Figura 1

*Ubicación geográfica de la Cervecería La Paz*



**Nota:** En la Figura se observa la ubicación geográfica de la CERVECERÍA LA PAZ de acuerdo a Google Maps.

### 2.4.2. Temporal

El trabajo de titulación cuenta con un total de 240 horas que corresponden a la asignatura de Integración curricular el cual se lo desarrollará desde marzo del año 2023 hasta septiembre del año 2023, de acuerdo al cronograma que estableció la jefatura de titulación y aprobada por el Consejo de Carrera de Mecatrónica.

### 2.4.3. Sectorial o institucional

El trabajo de titulación se desarrollará en el sector industrial de la ciudad de Cuenca en la Cervecería artesanal La Paz.

## **2.5. Problema general**

- ¿Es posible diseñar un sistema mecatrónico de una fajilladora de latas de cerveza para la cervecería artesanal La Paz?

## **2.6. Problemas específicos**

- ¿Se podrá establecer las variables iniciales para el diseño mecatrónico de una máquina fajilladora de latas de cerveza para la cervecería artesanal La Paz?
- ¿Es posible diseñar un sistema mecatrónico de acuerdo a las variables iniciales para una máquina fajilladora de latas de cerveza para la cervecería artesanal La Paz?
- ¿Se logrará simular el correcto funcionamiento del sistema mecatrónico de una máquina fajilladora de latas de cerveza para la cervecería artesanal La Paz?

# **3. Objetivos**

## **3.1. Objetivo general**

- Diseñar un sistema mecatrónico para una máquina fajilladora de latas de cerveza para la cervecería artesanal La Paz.

## **3.2. Objetivos específicos**

- Identificar los parámetros iniciales para el diseño mecatrónico de una máquina fajilladora de latas de cerveza artesanal para la cervecería artesanal La Paz.
- Diseñar el sistema mecatrónico de una máquina fajilladora de latas de cerveza artesanal para la cervecería artesanal La Paz.
- Simular el funcionamiento del sistema mecatrónico de una máquina fajilladora de latas de cerveza artesanal para verificar su correcto funcionamiento.

# **4. Hipótesis**

- Se realizara el diseño de un sistema mecatrónico para una fajilladora de latas de cerveza artesanal.

#### **4.1. Hipótesis general**

- Se identificará las variables iniciales para el diseño mecatrónico de una máquina fajilladora de latas de cerveza artesanal.
- Se propondrá el diseño mecatrónico de una máquina fajilladora de latas de cerveza artesanal.
- Se simulará el correcto funcionamiento mecatrónico de una máquina fajilladora de latas de cerveza artesanal.

#### **4.2. Hipótesis específicas**

- Se identificará las variables iniciales para el diseño mecatrónico de una máquina fajilladora de latas de cerveza artesanal.
- Se propondrá el diseño mecatrónico de una máquina fajilladora de latas de cerveza artesanal.
- Se simulará el correcto funcionamiento mecatrónico de una máquina fajilladora de latas de cerveza artesanal.

### **5. Marco Teórico**

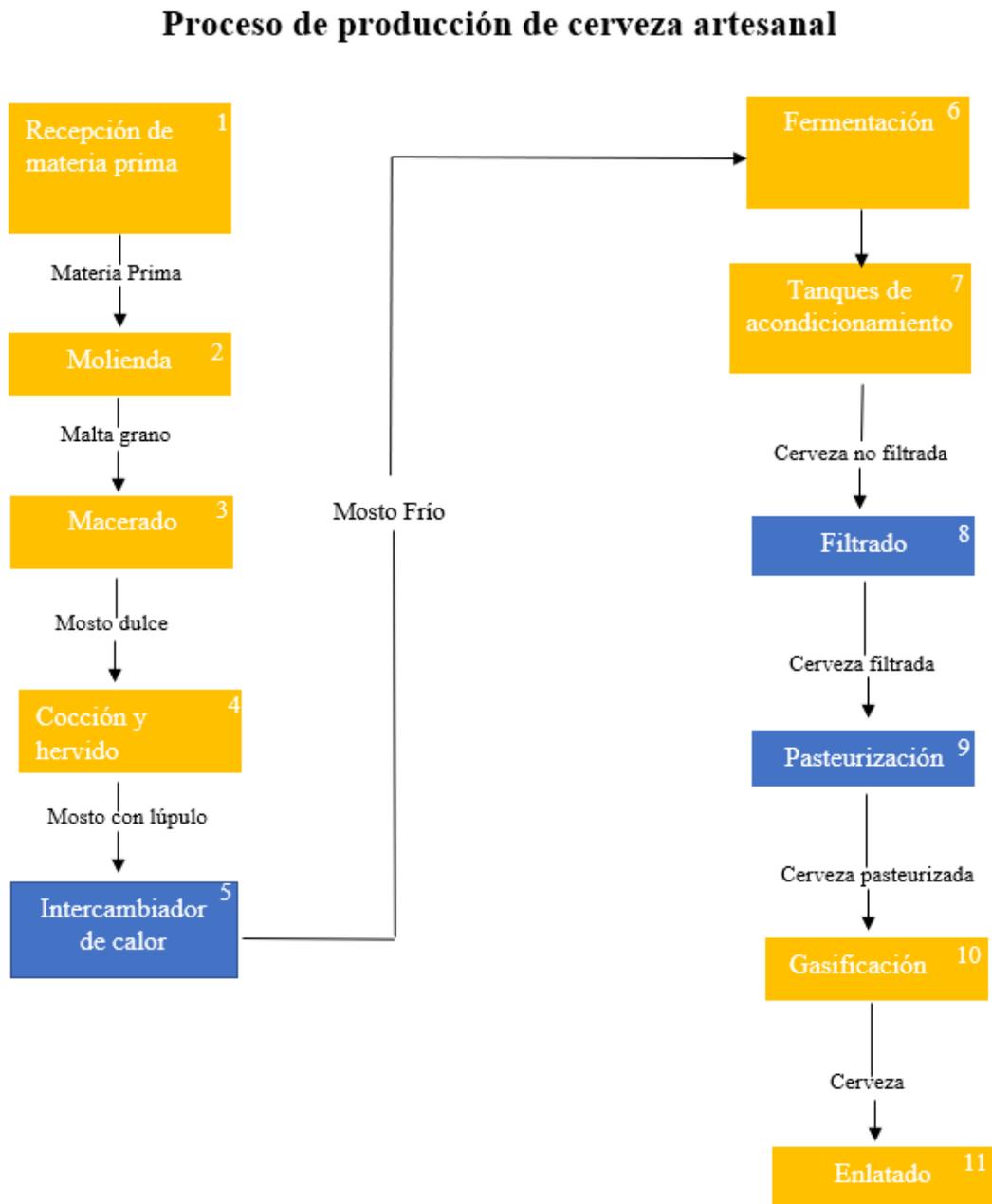
#### **5.1. Proceso de elaboración de la cerveza**

La elaboración de cerveza artesanal es considerada como una de las practicas más antiguas de la humanidad, aunque se desconoce el lugar y fecha de elaboración de esta bebida. La producción de cerveza se continúo desarrollando en Europa, con el boom de la revolución industrial surgen las primeras fabricas cervezas aumentando de forma considerable la producción de esta bebida.

A continuación se muestra en la Figura 2 cada uno de los pasos para el proceso de elaboración de cerveza artesanal.

**Figura 2**

*Esquema de elaboración de cerveza artesanal.*



**Nota:** Se aprecia el proceso de producción de cerveza artesanal enlatada (Ayala, 2015).

A continuación se presenta la descripción cada una de las etapas de la producción de cerveza presentadas en la figura 2, según el fabricante(Beer, 2014) el cual menciona:

- **Malteado**

El malteado hace referencia al proceso por el cual se provoca la germinación de la cebada con el objetivo de conseguir diferentes colores y tostados, de esta forma se incentiva la aparición de enzimas que convierten el almidón en azúcares que se transformaran en alcohol. Existen diferentes tipos de maltas, esta depende del tostado de la malta, una muy tostada otorga un sabor a café y una tonalidad oscura.

- **Molienda y Macerado**

El proceso de molinado cuenta con maquinaria industrial que muele el grano hasta cierto tamaño con el fin de evitar que la malta se convierta en pasta y así mejorar su rendimiento. Para el macerado la malta triturada se mezcla con agua en diferentes temperaturas y tiempos y así obtener almidón en azúcares fermentables (Brito, Galarza, 2020).

- **Filtración**

Este proceso tiene que separar el mosto líquido del resto de la malta, para ello se usa una cuba filtro, de esta forma se separan los sólidos del líquido y los restos que quedan llamados bagazos sirven como alimento para animales de granja.

- **Cocción**

El mosto entra en proceso de ebullición con el objetivo de eliminar compuestos indeseables y esterilizar el líquido, este proceso dura alrededor de una hora, dependerá del tipo de cerveza. La cocción es uno de los procesos más importantes para obtener una alta calidad de líquido ya que de esta se obtiene las siguientes características:

1. Coagulación de proteínas
2. Control de pH
3. Detiene la acción de las enzimas
4. Provoca el amargor característico de la cerveza
5. Empieza la fermentación
6. Se puede agregar diferentes sabores o aromas.
7. Se debe dejar reposar por un tiempo determinado.

- **Fermentación**

En esta etapa los azúcares fermentables se transforman en alcohol y CO<sub>2</sub> con una gran cantidad de compuestos químicos que le dan ese olor y sabor característico de la cerveza, el líquido se lo coloca en tanques industriales llamados fermentadores.

- **Maduración**

La cerveza se suele poner en reposo dentro de tanques a bajas temperaturas con el objetivo de que los compuestos y sabores logren estabilizarse antes de su consumo.

- **Envasado**

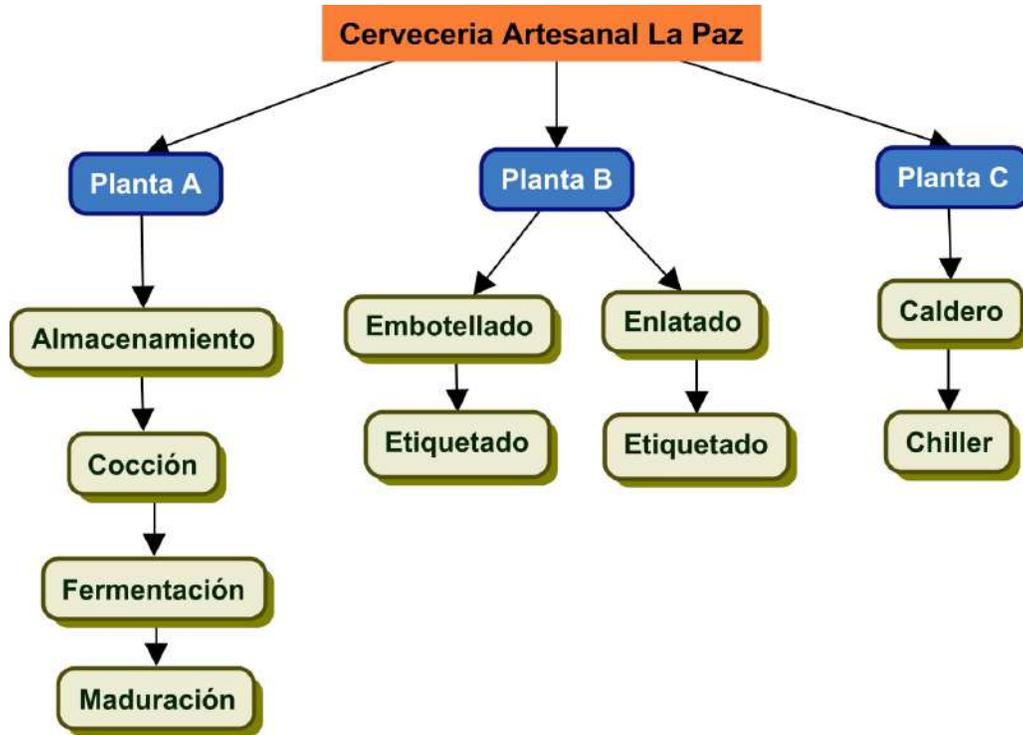
La cerveza entra en un proceso de filtración la cual garantiza que el líquido esté libre de pequeñas partículas de levadura, obteniendo como resultado un líquido cristalino, posteriormente se somete a un proceso de pasteurización y se lo empaca en sus diversas presentaciones.

## **5.2. División de áreas industriales en la cerveceria artesanal La Paz**

Dentro de la cerveceria artesanal La Paz cuenta con 3 principales áreas industriales , la primera es el área de cocina en donde se lleva a cabo el principal proceso de la preparación de la cerveza esta planta es totalmente automatizada, la segunda área es la parte de producción en donde se lleva a cabo el embotellado, enlatado y empaquetado la cual es manual para la parte de etiquetado de latas, y por último esta el área de máquinas que se encarga de suministrar la energía eléctrica, calórica y de presión para el correcto funcionamiento de la planta, (Lopez y Solano, 2022) a continuación en la Figura 3 se expone un diagrama de las mencionadas áreas industriales.

**Figura 3**

*Áreas industriales de la cerveceria artesanal "La Paz".*



**Nota:** Áreas en la que se divide la cerveceria artesanal La Paz.

### 5.3. Latas de aluminio

Las latas de aluminio son fundamentales en la industria de envasado, se destacan por sus propiedades únicas que combinan ligereza, resistencia a la corrosión y maleabilidad. Comúnmente compuestas por una aleación de aluminio que suele incluir trazas de manganeso, magnesio y otros elementos, estas latas presentan una estructura cristalina cúbica centrada en las caras (FCC por sus siglas en inglés), confiriéndoles una alta densidad de empaquetado atómico y, por ende, una impresionante resistencia mecánica. Con una densidad de aproximadamente 2.7 gramos por centímetro cúbico, estas latas se traducen en envases livianos que, a pesar de su peso reducido, mantienen una durabilidad excepcional. Esta combinación de propiedades técnicas ha permitido que las latas de aluminio se utilicen ampliamente en la industria de bebidas, siendo las preferidas para contener refrescos, cervezas y otras bebidas

carbonatadas debido a su capacidad para mantener la integridad de los productos y protegerlos de la luz y el aire. Además de su aplicación en la industria de bebidas, las latas de aluminio también encuentran uso en la conservación de alimentos y productos químicos, donde su resistencia a la corrosión resulta esencial para la preservación a largo plazo (YIEHCORP, 2021), a continuación en la Tabla 1 se presentan las propiedades mecánicas de las latas de aluminio con aleación 3004 y en la Tabla 2 sus propiedades térmicas.

**Tabla 1**

*Propiedades mecánicas de la lata de aluminio.*

<b>Propiedad Mecánica</b>	<b>Valor Típico (Aleación 3004)</b>
Resistencia a la Tracción	210-260 MPa
Limite de Fluencia	150-180 MPa
Dureza (Brinell)	60-70 HB
Módulo de Elasticidad	69 GPa
Elongación	5-12%

**Nota:** La tabla presenta las propiedades mecánicas del aluminio 3004 (YIEHCORP, 2021).

**Tabla 2**

*Propiedades térmicas de la lata de aluminio.*

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
Calor Latente de Fusión	400 J/g
Temperatura Máxima: Mecánica	180 °C
Terminación de Fusión (Líquido)	650 °C
Inicio de Fusión (Sólido)	640 °C
Capacidad Específica de Calor	900 J/kg-K
Conductividad Térmica	180 W/m-K
Expansión Térmica	23 $\mu\text{m}/\text{m-K}$

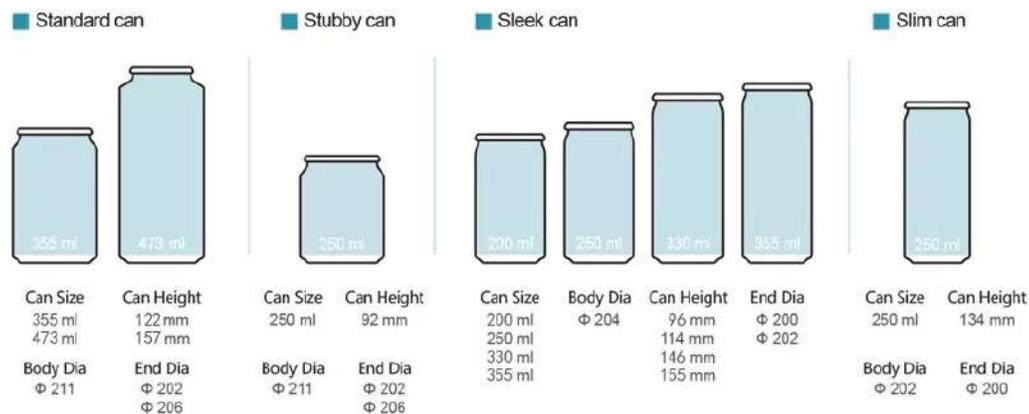
**Nota:** La tabla presenta las propiedades térmicas del aluminio 3004 (YIEHCORP, 2021).

### 5.3.1. Presentaciones comerciales de la lata de aluminio

Dentro de la industria del envasado, las latas de aluminio se presentan en una amplia variedad de opciones, diseñadas cuidadosamente para acomodar distintos volúmenes de contenido en mililitros (ml) conforme a su altura para cumplir con requisitos específicos de uso. Esta diversidad de presentaciones permite a las empresas adaptar sus productos a diferentes segmentos del mercado y situaciones de consumo, a continuación se enlista los tipos de latas tomando en cuenta su volumen y su altura, en la siguiente Figura 4 se muestra a detalle las dimensiones de cada presentación de lata y sus presentaciones.

**Figura 4**

*Diferentes presentaciones comerciales de la lata de aluminio.*



**Nota:** Diferentes presentaciones comerciales de la lata de aluminio (FILLEX, 2020).

### 5.4. Tipos de fajillados en envases

Dentro de la industria alimentaria se utilizan varios tipos de fajillados en los envases ya sean estos de algún polímero o de aluminio en el caso de las latas. Su posición y rango de fajillado dependen del producto y de la información que contenga la fajilla o etiqueta. Sus diferentes presentaciones según (ZT-PACK, 2019) son:

- **Fajilla de tapa tipo anillado.**

Este tipo de fajilla se coloca únicamente en la tapa del envase del producto, ya sea en tapas plásticas o tapas de aluminio como en los recipientes de conserva, se usan como

medida de seguridad para que recipiente no sea abierto hasta su destino, en la Figura 5 se muestra una ilustración de este tipo de etiquetado.

### **Figura 5**

*Fajillado de tapa tipo anillado.*



**Nota:** Se observa el fajillado de tapa tipo anillado aplicado a un envase plástico (ZT-PACK, 2019).

#### ■ **Fajillado general**

Este tipo de fajilla como su nombre lo indica recubre todo el recipiente incluyendo el cuerpo y su tapa, son usadas para garantizar una correcta higiene y un fácil empaclado, además que posee un gran espacio para indicar todos los datos propios de una etiqueta, en la Figura 6 se muestra una ilustración del mencionado tipo de fajillado.

### **Figura 6**

*Fajillado general.*



**Nota:** Se observa el fajillado general aplicado a un envase plástico (ZT-PACK, 2019).

- **Fajillado de cuerpo medio**

Este fajillado cubre la parte media del cuerpo del envase, es el etiquetado mas común en los productos actuales ya que no se requiere de una gran cantidad de etiqueta, se usan principalmente para presentar información y su desventaja radica en que no proporciona ninguna seguridad para transporte o de alteración del producto en caso de que sea manipulado, en la Figura 7 se presenta un ejemplo de este tipo de fajillado.

**Figura 7**

*Fajillado de cuerpo medio.*



**Nota:** Se observa el fajillado de cuerpo medio aplicado a un envase plástico (ZT-PACK, 2019).

- **Fajillado de cuerpo completo**

El fajillado se extiende a todo el cuerpo del envase, lo que permite mostrar gran cantidad de información y una presentación homogénea, sus aplicaciones son latas de conserva de atún, bebidas, productos de limpieza , entre otros, en la Figura 8 se encuentra una ilustración de la colocación de esta fajilla.

## Figura 8

*Fajillado de cuerpo medio.*



**Nota:** Se observa el fajillado de cuerpo completo aplicado a un envase plástico (ZT-PACK, 2019).

### ■ Fajillado cóncavo

Este tipo de fajillado es un sistema extra de fajillado aplicado para formas no uniformes, se lo usa para recipientes con forma cóncava, por ejemplo en taza o tazones, pero puede variar según sea la necesidad, la etiqueta cubre todo el cuerpo del envase, seguidamente en la Figura 9 se muestra este tipo de etiquetado.

## Figura 9

*Fajillado cóncavo.*



**Nota:** Se observa el fajillado cóncavo aplicado a un envase plástico ZT-PACK (2019).

## 5.5. Fajillas para latas

### 5.5.1. Tipos de presentaciones de fajillas para latas de aluminio

Dentro de la industria alimenticia se usan diversos tipos de fajillas que sirven para etiquetar los diferentes productos, estas dependen de la información que se busca transmitir del producto y del tamaño del producto, pueden ser que dispongan de algún adhesivo directo o sean termo encogibles, es necesario conocer sus diferencias y cuál es la que se maneja dentro de la producción de la Cervecería La Paz, en general las fajillas deben contener la siguiente información.

1. Identificación del producto
2. Datos de la empresa
3. Mensaje de venta
4. Imágenes (Opcional)
5. Información nutricional
6. Ingredientes de la elaboración
7. Notas de advertencia
8. Código de barras

Los diferentes tipos de etiquetas y fajillas se los puede dividir dependiendo de su modo de adherencia al envase, material o localización de las mismas, a continuación se presenta los diferentes tipos de etiquetas según el fabricante (Digiflex, 2020).

#### ■ **Frontal**

Son las más simples y solo cubren una parte del envase, se las puede ubicar en cualquier lugar, ya sea la parte frontal, trasera o superior, su tamaño es reducido ya que su objetivo es informar de algo puntual sobre el producto y no de cubrir grandes descripciones informativas, se las encuentra en su mayoría en el etiquetado de frutas y verduras.

#### ■ **Retráctiles**

Son de un material flexible que se fija a las latas mediante pegamento, son muy versátiles ya que no necesitan de ningún proceso térmico ni adicional para quedarse completamente adherida a la lata.

#### ■ **Mono filamento**

Es un tejido de raso con algunos hilos transparentes, se realizan en poliéster y solo pueden hacerse en color blanco, lo cual es una limitación a la hora de presentar imágenes complejas o logotipos.

- **Cilíndricas elásticas**

Son realizadas en material autoadhesivo y usualmente se emplean sobre latas y botellas, pero esto no es una limitante, ya que también podemos encontrarlas en cajas y otros tipos de envases muchos mas grandes.

- **Fajillas Termoencogibles**

Las fajillas termo encogibles es similar en gran medida al de las fajillas cilíndricas elásticas, pero con la diferencia de que el calor es necesario para crear el grado de encogimiento que asegure que la fajilla envuelva totalmente al envase evitando deformaciones en la etiqueta o distorsiones visuales en el producto final. Las fajillas tienen un espesor típico que varía entre 55 y 70 micrones las cuales dependiendo del tipo de la máquina permiten alcanzar una tasa de producción de hasta 800 envases por minuto. Se pueden emplear en diversos productos como envases de plásticos, vidrio o latas de aluminio. Es un material brillante y que se adapta a las curvas debido a sus propiedades termocontraíbles, es necesario pasar por un proceso térmico para que se adhieran correctamente, un ejemplo del uso de las fajillas termoencogibles aplicadas a latas de cerveza se puede observar a continuación en la Figura 10.

## Figura 10

*Mangas termoencogibles*



**Nota:** Mangas termoencogibles para latas de aluminio. (LATITUDCERO, 2022).

### ■ Propiedades de las fajillas termoencogibles

Existen tres materiales que son comúnmente utilizados para la fabricación de las fajillas termo encogibles, estos son los polímeros PE, PP y PVC cuyas propiedades se presentan a continuación en la Tabla 3 en donde se menciona el espesor según el material, temperatura necesaria, tiempo necesario de calentamiento y la velocidad del aire para que la fajilla se contraiga.

**Tabla 3***Propiedades paramétricas*

<b>Material</b>	<b>Significado</b>	<b>Espesor [mm]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Tempo de calentamiento [s]</b>	<b>Velocidad del aire [m/s]</b>
PE	Polietileno	0,02 - 0,04	160 - 200	6 - 10	15 - 20
PVC	Policloruro de Vinilo	0,02 - 0,06	140 - 160	5 - 10	8 - 10
PP	Polipropileno	0,03 - 0,10	160 - 200	8 - 10	6 - 10
		0,12 - 0,20	180 - 200	30 - 60	12 - 16

**Nota:** Se presenta las propiedades paramétricas de los materiales de fajillas termoencogible (GORI, 2020).

## **5.6. Tipos de fajilladoras automáticas**

### **5.6.1. Fajilladoras de rodillos envolventes**

Estas fajilladoras como su nombre lo indica usan rodillos giratorios para que de esta forma la lata gire 360° y la fajilla se envuelva en todo su alrededor, se las maneja de manera casi totalmente automatizada ya que únicamente se debe regular la altura y espesor de los rodillos dependiendo de los envases a etiquetar, cuenta con un controlador y un interfaz mayoritariamente gráfico que lo podrá manejar de manera fácil el operador, este tipo de fajilladoras sirven para fajillas con algún tipo de adhesivo y son muy versátiles con los diferentes tamaños de latas o recipientes, a continuación en la Figura 11 se aprecia un ejemplo de este tipo de fajilladora.

## Figura 11

*Fajilladora de rodillos envolventes.*



**Nota:** En la figura se observa parte del mecanismo de una fajilladora de rodillos (VKPACK, 2021).

### 5.6.2. Fajilladoras posicionadoras

Utiliza etiqueta de material termo encogible tipo manga , su alimentación es controlada automáticamente por el microordenador o PLC que se encarga de comandar los motores y los sensores, utiliza el mandril formador de fajilla para que esta sea posicionada en la lata, la detección y posicionamiento automático para el corte de la fajilla depende de la altura del envase, comúnmente se usa un sensor que detecta el paso de cada lata y posiciona la fajilla automáticamente, es útil en casos de fajillas termoencogibles que luego pasan a un proceso térmico para su adherencia, en la Figura 12 se ejemplifica el modelo mencionado.

## Figura 12

*Fajilladora posicionadora de fajillas.*



**Nota:** Máquina posicionadora de fajilla termoencogible (Ecuapack, 2019).

### 5.6.3. Fajilladoras posicionadoras comerciales

Existen algunas empresas y marcas que brindan sus modelos de fajilladoras de etiquetas termoencogibles a la industria, todas ellas tienen mecanismos similares, es decir, cuentan con mandril, sistema de corte, sistema de rodillos de ajuste, sistema de tensado y el control es similar, la variación radica principalmente en el tamaño y capacidad de producción por minuto de cada máquina, a continuación se muestra algunas máquinas comerciales existentes:

- **LX-150 Shrink Sleeve Label**

El aplicador de etiquetas con funda retráctil y banda a prueba de manipulación LX-150 de American Film and Machinery es una máquina etiquetadora de gama media diseñada para aplicaciones de cuerpo medio, completo y de cuerpo completo y tapas. La LX-150 está diseñada para tasas de producción bajas a moderadas (AFM, 2020) a continuación en la Figura 13 se observa claramente el modelo mencionado.

**Figura 13**

*Fajilladora LX-150 de American Film and Machinery.*



**Nota:** Fajilladora modelo LX-150 de American Film and Machinery (AFM, 2020).

A continuación en la Tabla 4 se muestra las principales características del modelo LX-150.

**Tabla 4**

*Características de la LX-150.*

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Potencia	3 Fase 220 o 480VAC; 50/60 Hz
Grosor de la Película	0,35 mm – 0,07 mm
Extensión de la Película	40 mm – 240 mm
Longitud de Corte	40 mm – 200 mm, o modificación a 70 mm – 250 mm
Dimensiones de la Máquina	853 mm (An) · 1090mm(L) · 1850 – 2150mm(Al)

**Nota:** La tabla presenta las características de la máquina fajilladora LX-150 (AFM, 2020).

- **Fajilladora automática JL-T150**

La fajilladora utiliza etiqueta de material termoencogible tipo manga. La alimentación de la manga es controlada automáticamente por el microordenador, detección y posicionamiento automático para el corte de la manga en base a la altura del envase. Controlada con PLC y pantalla que permite una fácil operación del equipo, incluye módulo de posicionamiento, servo motor y convertidor de frecuencia (Ecuapack, 2019), en la Figura 14 se muestra el modelo JL-T150 citado.

**Figura 14**

*Fajilladora JL-T150 de Ecuapack.*



**Nota:** Fajilladora modelo JL-T150 (Ecuapack, 2019).

En la Tabla 5 se muestra las principales características de la mencionada fajilladora.

**Tabla 5***Características de la JL-T150.*

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Pantalla Táctil	Sí
Capacidad	9000 botellas por hora (bph)
Potencia de la Etiquetadora	3,5 kW
Voltaje	220V, 60Hz, monofásico
Dimensiones del envase	28 mm - 125 mm
Altura de la botella	30 mm - 280 mm
Espesor de la Etiqueta	0,027 mm - 0,13 mm
Films aplicables	PVC, PET, OPS
Dimensiones de la Máquina	2300 mm (L) · 550mm(A) · 1500mm(H)
Peso de la Máquina	1200 kg

**Nota:** La tabla presenta las características técnicas de la máquina fajilladora JL-T150 (Ecuapack, 2019).

### **5.7. Mecanismos que componen la máquina posicionadora de fajillas**

Dentro de la máquina posicionadora de fajillas existen subconjuntos mecánicos, y eléctricos que desempeñan funciones vitales para el correcto funcionamiento de la fajilladora, además cuenta con un diseño electrónico que incluyen PLC o microcontroladores que se encargan de la parte lógica y secuencial de la fajilladora que guían al proceso durante todo su ciclo de fajillado, dentro de este tipo de maquinaria contamos con elementos mecánicos que son robustos y construidos en su mayoría de acero inoxidable, aluminio y acero cromado para cumplir con las normas de sanidad en la industria de alimentos y garantizar su desempeño mecatrónico, es por esto que este tipo de fajilladora la ideal para ser implementada en la planta de la Cervecería La Paz ya que parte importante de su producción es lata de cerveza que no necesita de la adherencia en esta etapa del proceso entre lata y fajilla debido a que posteriormente vendrá su proceso térmico, este tipo de maquinaria se adapta a la demanda de la producción de la cervecería y especialmente al espacio disponible, sus principales componentes y subconjuntos a ser analizados, diseñados y simulados lo vamos a analizar en los ítem que se va a presentar a continuación.

### 5.7.1. Mecanismo de poleas dentadas de sincronización para activación de cuchillas

Es un mecanismo que consta de una serie de poleas dentadas de sincronización y comúnmente cuenta con 4 cuchillas que se accionan mediante el giro de un servomotor, el accionamiento se da cuando el sensor inductivo detecta el paso de un envase, si este no se da el mecanismo no accionará la cuchilla, el mecanismo se encarga de cortar a medida la fajilla dependiendo el tipo de envase y de mandril que se encuentre colocado, las cuchillas giran rápidamente  $360^\circ$  para un corte uniforme, las mismas se encuentran conectadas mediante una correa dentada que se ajusta a los dientes de la polea de sincronización, además se dispone de 5 rodamientos tensores que permiten tener una tensión uniforme durante todo el proceso de corte, en la Figura 15 se muestra el mecanismo utilizado en la máquina fajilladora de (AFM, 2020).

#### Figura 15

*Mecanismo de cuchillas.*



**Nota:** Mecanismo que genera el movimiento de las cuchillas de corte (AFM, 2020).

### 5.7.2. Poleas dentadas de sincronización

Cuando son necesarios movimientos muy precisos y sincronizados es apropiado emplear esta variante de polea, especialmente en el sector de la robótica y los automatismos, las poleas dentadas son un derivado de polea, en otras palabras, es un dispositivo mecánico de tracción que cumple con la función de enviar una fuerza a un sistema de transmisión que a su vez está compuesto por otros elementos como suelen ser las cadenas, correas y los piñones o engranajes (SADI, 2018).

La polea dentada facilita la relación de transmisión constante entre sus elementos a la vez que eliminan en gran medida el riesgo a los deslizamientos a una polea convencional, económicamente es mas conveniente cuando un elemento se encuentra alejado de otro, ya que al usar engranajes se debería contar con engranes muy grandes y la lubricación de igual manera sera excesiva, así mismo cuando se necesita altas velocidades de giro se las utiliza por encima de los engranajes ya que las dentadas minimizan el rozamiento entre elementos mecánicos, existen diferentes tipos de poleas dentadas según sea el mecanismo y la correa que se utilizará para el proceso, a continuación en la Figura 16 se muestra una polea dentada con rastro de chaveta.

### **Figura 16**

*Polea dentada o de sincronización*



**Nota:** Polea dentada de sincronización (Industriales, 2018).

#### ■ **Ventajas de las poleas dentadas**

Es una solución eficiente para procesos que necesiten de precisión y por lo común altas velocidades, su uso es especialmente industrial ya que reduce los costos de implementar sistemas de engranajes, sus ventajas son:

1. **Vida útil:** Este tipo de poleas por sus propiedades de transmisión y diseño son resistentes a la deformación y al desgaste lo que las convierte en una excelente opción para aplicaciones de funcionamiento continuo y casi sin interrupciones.
2. **Económicas:** Económicamente hablando son una alternativa de bajo costo para transmitir energía a comparación de otras opciones como los engranajes.

3. **Eficiencia:** Son elementos que llevan a sistemas muy eficientes ya que el contacto suave y con poca fricción entre dientes y correa le otorgan una gran eficiencia y poco desgaste mecánico.
4. **Precisión:** Las poleas dentadas pueden ser fabricadas con gran precisión según lo requiera el proceso, así mismo se fabrican con una tolerancia muy precisa lo que asegura movimientos confiables.

#### ■ Partes de una polea dentada

Principalmente están compuestas por una serie de dientes que se ajustarán a la correa dentada las cuales son los encargados de transmitir el movimiento, torque y potencia necesaria según sea la aplicación, sus principales componentes se enumeran a continuación.

1. **Cojinetes:** Estos determinan el giro de la polea sobre su eje, estos pueden ser de rodillos o de bolas, los mismos que se pueden encontrar al interior o exterior de la polea dentada.
2. **Soporte:** Este componente es opcional, su uso es para fijar la polea dentada en su lugar y mantener una alineación correcta durante el proceso.
3. **Eje:** El eje es un elemento que va desde el inicio de la polea y se extiende hasta el final, se encarga de conectar la polea con los demás elementos mecánicos y que todos sean concéntricos.
4. **Dientes:** Los dientes varían según la aplicación y la correa que se utilizara, su forma es similar a un diente de un engranaje ya que cuenta con paso de diente, cresta, ancho, ancho de cara y cierta cantidad de dientes.
5. **Cuerpo:** El cuerpo es la parte principal de la polea dentada, tiene una forma circular y su tamaño también varia según su aplicación, los materiales usados para su fabricación comúnmente son aluminio, acero o polímeros.

#### ■ Tipos de poleas dentadas mas utilizadas

Poleas para correas de diente redondo

Poleas dentadas de paso métrico

Poleas dentadas de paso pulgada

Poleas dentadas de paso pulgada con taper lock de fijación

Poleas dentadas AT con el paso métrico

### 5.7.3. Materiales de construcción de las poleas dentadas y su clasificación según sus dientes

En la industria se pueden encontrar abreviaturas para identificar los diferentes tipos de materiales de una polea dentada, algunos de estos diferentes materiales se observan en la Tabla 6 mostrada a continuación.

**Tabla 6**

*Poleas dentadas según su material*

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
GI	Hierro gris
AL	Aluminio
DI	Acero Ductil
SIS	Acero Sintetizado
IT	Inoxidable
ST	Acero
PB	Polea de centro plano
QD	Rápido Desensamble

**Nota:** La tabla divide las poleas dentadas según su material de construcción (*Industriales, 2018*).

El tamaño y paso del diente de una polea dentada es una forma de dividir las poleas dentadas ya que están en su mayoría deberán ir conectadas a una correa dentada que debe tener la mismas especificaciones técnica y dimensiones, para esto se ha dispuesto la Tabla 7 expuesta a continuación.

**Tabla 7**

*Poleas dentadas según su paso y correa dentada utilizada*

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
T2,5	Perfil de diente trapecoidal, paso de 2,5 mm
T5	Perfil de diente trapecoidal, paso de 5 mm
T10	Perfil de diente trapecoidal, paso de 10 mm
AT3	Perfil de diente curvado (Arc Tooth), paso de 3 mm
AT5	Perfil de diente curvado (Arc Tooth), paso de 5 mm
AT10	Perfil de diente curvado (Arc Tooth), paso de 10 mm
XL	Perfil de diente trapecoidal, paso pequeño y extra largo
HTD	Transmisión de Alto Torque (High Torque Drive)
L	Perfil de diente trapecoidal, paso largo
H	Perfil de diente trapecoidal, paso grande
5M	Perfil de diente métrico, paso de 5 mm
8M	Perfil de diente métrico, paso de 8 mm
14M	Perfil de diente métrico, paso de 14 mm

**Nota:** La tabla divide las poleas dentadas según la correa dentada que se usará y toma en cuenta el paso de diente (*Industriales, 2018*).

#### **5.7.4. Correa dentadas o síncronas**

Las correas dentadas o sincronizas son correas que disponen de una serie de dientes que garantizan una relación de transmisión constante y fluida ya que disminuye el riesgo de deslizamientos entre polea y correa, por otro lado la incorporación del dentado le confiere una mayor flexibilidad longitudinal lo que permite adaptarse a diferentes tamaños en especial a los mas pequeños (OMEGA, 2021), a continuación en la Figura 17 se expone un ejemplo de una correa dentada.

## Figura 17

*Correa dentada o de sincronización.*



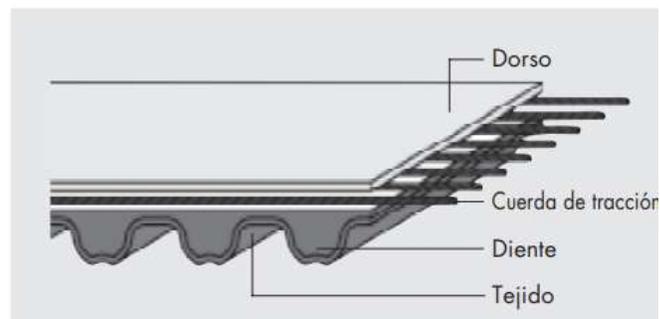
**Nota:** Correa dentada (OMEGA, 2021).

### Constitución de una correa dentada

- A continuación se puede observar en la Figura 18 cada una de las partes de conforman una correa dentada y su respectiva descripción.

## Figura 18

*Partes de una correa dentada.*



**Nota:** Partes de una correa dentada (OMEGA, 2021).

Donde:

### 1. **Tejido**

El núcleo está compuesto de un caucho de altas prestaciones el mismo que esta reforzado con fibras sintéticas orientadas de tal modo que le proporciona una gran rigidez en sentido transversal.

### 2. **Cuerda de tracción**

Fibras sintéticas, generalmente fibra de vidrio, de alta tenacidad y elevada estabilidad dimensional que evita la deformación longitudinal de la correa.

### 3. **Dorso**

Envoltorio textil que recubre a la correa y proporciona protección de los agentes nocivos exteriores, cuenta con propiedades de conductividad que eliminan la electricidad estática que se acumula, trabaja en un rango amplio de temperatura generalmente de (-10°C - 90°C).

### 4. **Diente**

Son las protuberancias de la correa dentadas, encargadas de acoplarse a las poleas dentadas y su forma puede variar según su aplicación.

#### **5.7.5. Normalización de las correas dentadas**

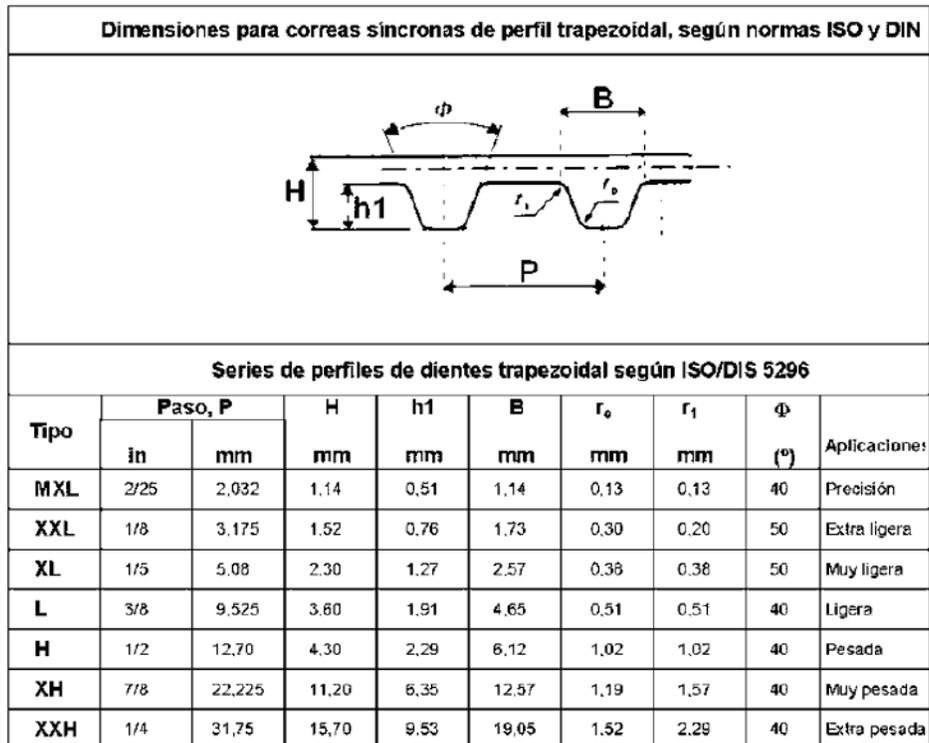
Las normalización ISO/DIS 5296 establecen divisiones según la forma de los dientes de la correa dentada y el paso entre estos, la normalización dicta:

- Trapecial (Cerradas y abiertas) (ISO 5296) : MXL (0,08-2/25") , XL (1/8"), L (1/5"), L (3/8") en donde el número entre paréntesis representa el paso en pulgadas.
- HTD (High Torque Drive; transmisión de alto par): 3M, 5M, 8M, AT, 5M, 10M, 20M en donde el número anterior a la letra representa el paso en mm.
- Poliuretano (cerradas y abiertas): T2,5 , T5, T10, AT5.
- Doble dentado (STB y HTD).

A continuación se presenta en la Figura 19 la normalización mencionada de la correas dentadas, en el caso de la norma ISO 5296 con paso en pulgadas.

**Figura 19**

*Dimensiones para correas síncronas de perfil trapezoidal.*



**Nota:** Dimensiones para correas síncronas de perfil trapezoidal ISO/DIS 5296 (OMEGA, 2021).

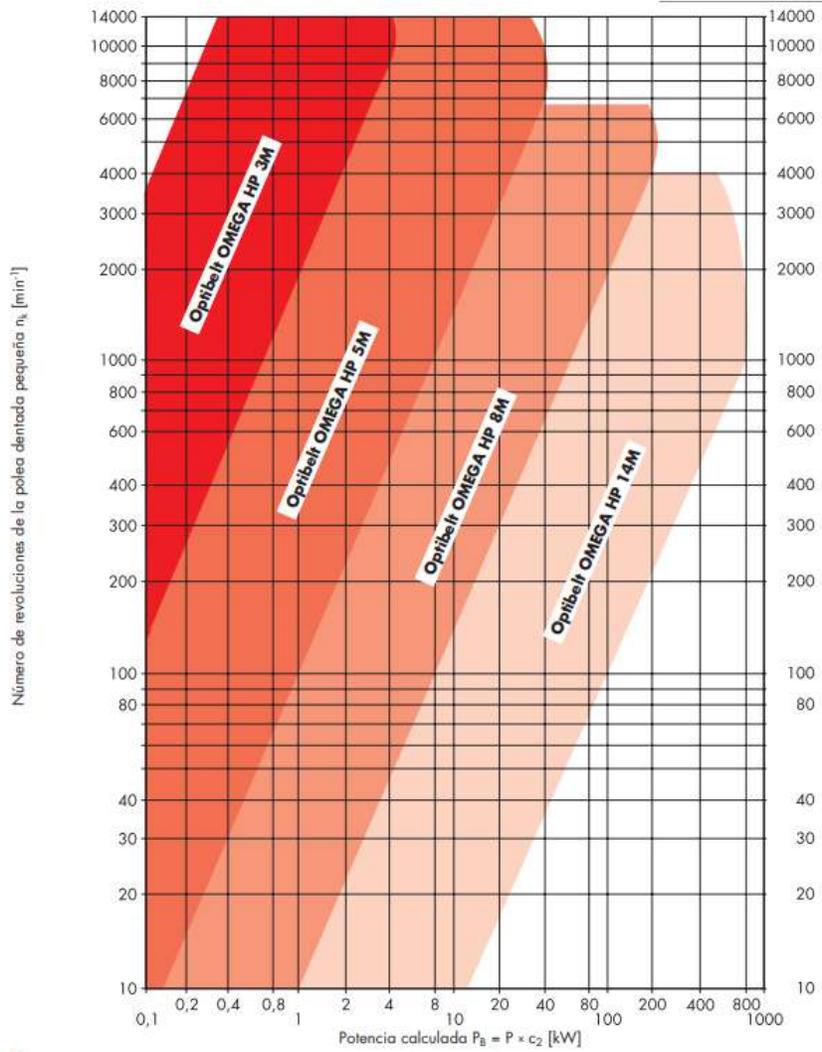
### 5.7.6. Selección de una correa dentada según diagramas

De igual manera se puede determinar o seleccionar la correa dentada según la magnitud de la potencia a transmitir ( $P_c$ ) y a la velocidad de giro de la transmisión ( $N$ ).

Se debe elegir la correa dentada acorde a los siguientes diagramas presentados en la Figura 20 para perfil de paso métrico y Figura 21 para perdida de tensión a través del tiempo.

**Figura 20**

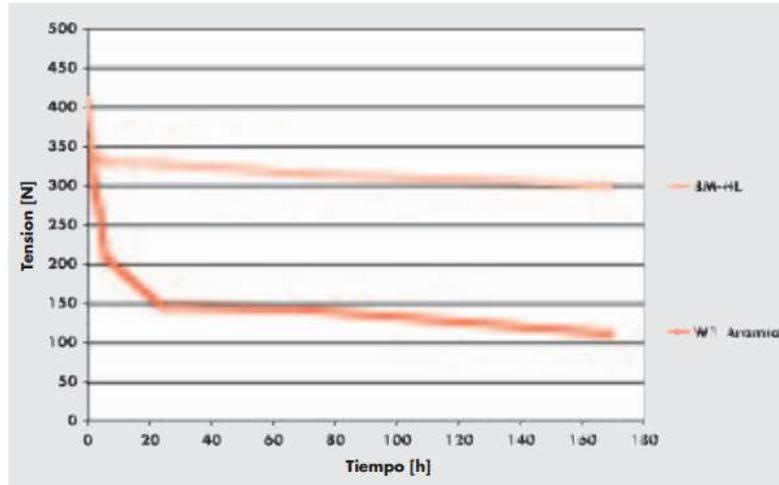
*Ábaco para selección de correas dentadas de paso métrico.*



**Nota:** Ábaco para selección de correas dentadas de perfil trapezoidal tomando en cuenta la magnitud de la potencia a transmitir ( $P_c$ ) y la velocidad de giro de la transmisión ( $N$ ) (OMEGA, 2021).

## Figura 21

*Ábaco para selección de correas dentadas de perfil curvilíneo.*



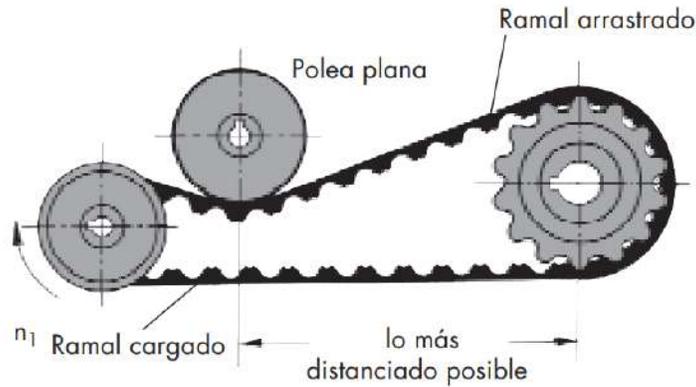
**Nota:** Gráfica de pérdida de tensión [N] de poleas a través del tiempo [h] (OMEGA, 2021).

### 5.7.7. Tensado en el sistema polea y correa sincronizada

La operación de tensado necesaria y suficiente para el correcto funcionamiento del sistema de polea dentada y correa sincronizada se la lleva a cabo luego de la alineación entre poleas, el tensado se lo realiza colocando rodamientos o cuerpos cilíndricos entre los centros de las poleas y la correa, se puede determinar el correcto tensado se debe observar la Figura 22 presentada a continuación.

## Figura 22

*Tensado de un sistema de polea - correa.*



**Nota:** Sistema de tensado en el sistema de polea dentada y correa sincronizada (OMEGA, 2021).

Como muestra la figura anterior, la medida del tensado radica en someter a la correa dentada a una determinada deflexión gracias a la aplicación de una fuerza  $F$  perpendicular al tramo medio ( $Lt$ ) de la correa, mediante el uso de un tensor, dispositivo que permite medir la magnitud de la fuerza aplicada. La longitud del tramo ( $Lt$ ) puede ser calculada también por la siguiente expresión (OMEGA, 2021).

$$Lt = E \left( 1 - 0,125 \frac{(D - d)^2}{E} \right) \quad (1)$$

Donde:

$E$ = Largo entre los ejes de poleas.

$d$ = Diámetro de la polea menor.

$D$ = Diámetro de la polea mayor.

La deflexión a conseguir es de 0,02 mm si la longitud del tramo ( $Lt$ ) es menor a 500 mm, o de 0,01 mm si excede de 500 mm.

### 5.7.8. Rodillo acumulador de etiquetas

Es el rodillo giratorio que se encuentra en la parte superior o inferior de la fajilladora que cede por el movimiento de los rodamientos del mandril y los rodillos de arrastre, se encarga

de transportar las fajillas hacia el mandril y luego hacia las cuchillas de corte, seguidamente en la Figura 23 se presenta el mencionado sistema.

### **Figura 23**

*Rodillo acumulador de etiquetas*



**Nota:** Rodillo acumulador de etiquetas o fajillas (AFM, 2020).

#### **5.7.9. Mandril**

Es un eje cilíndrico que sirve para dar forma a la fajilla y la direcciona para su correcto posicionamiento y corte, la fajilla pasa primero por la paleta del mandril , el mismo que se sostiene mediante rodamientos de carga mixta con dos puntos de contacto que giran a la par con la fajilla permitiendo el movimiento de la fajilla, en la Figura 24 y 25 se presenta un modelo de mandril.

## Figura 24

*Mandril posicionador de etiqueta*

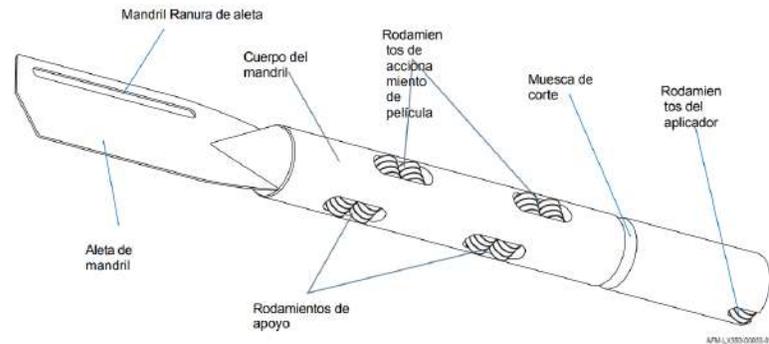


**Nota:** Mandril posicionador de etiqueta o fajilla (AFM, 2020).

- La ranura en la paleta del mandril sirve para la correcta detección del sensor que verifica el paso de etiqueta.
- Las ruedas de apoyo entran en contacto con los rodamientos del mandril para asegurar una correcta sujeción.
- La información de lectura del sensor del mandril notifica al sistema de corte cada vez que pasa una etiqueta, el sistema de corte da salida a una fajilla individual.
- Las ruedas de caucho que tocan los rodamientos inferiores del mandril disparan la etiqueta sobre el envase.
- Las dimensiones del mandril dependerán exclusivamente del envase que utilice en producción ya que cada envase tiene unas dimensiones particulares.

## Figura 25

*Mandril con paleta.*



**Nota:** Partes del mandril con su paleta para detección de ranuras (AFM, 2020).

## Mecanismo tensor de fajilla

Son una serie de barras equidistantes y escalonadas por la que la fajilla debe pasar para evitar arrugas, además sirve para que los rodamientos tengan un correcto contacto con la superficie de la fajilla y ayudan a evitar la electricidad estática, en la Figura 26 se presenta un sistema indexado de tensión de fajilla.

## Figura 26

*Tensor de fajilla*



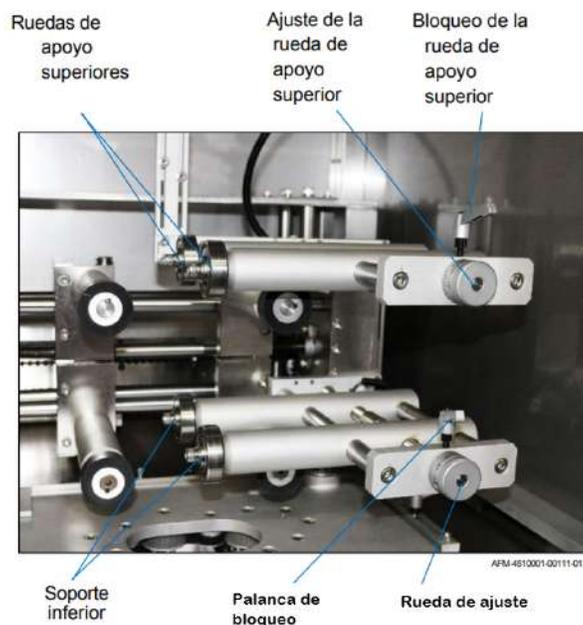
**Nota:** Mecanismo indexado tensor de fajilla (AFM, 2020).

### 5.7.10. Sistema de rodillos de apoyo

Las ruedas o rodillos de apoyo son un sistema básicamente comprendido por un tornillo sin fin y dos cabezales móviles (uno con roscado con filete derecho y otro roscado con filete izquierdo) esto permite que el operador ajuste manualmente el contacto entre los rodillo y el mandril, cuenta además con una palanca de bloqueo que permite fijar a los ejes roscados, estos sistemas de rodillos permiten el movimiento horizontal en eje X y Y, pueden ser ajustados a varios tipos de mandriles dependiendo del tipo de producto destinado a fajillar, además las cabezas soportan unas pequeñas fuerzas axiales y radiales que generan el paso de la fajilla y el contacto entre rodamientos, en la Figura 27 se aprecia las partes de este sistema de rodillos.

**Figura 27**

*Partes del sistema de rodillos*



**Nota:** Mecanismo de ruedas de fijación para mandril (AFM, 2020).

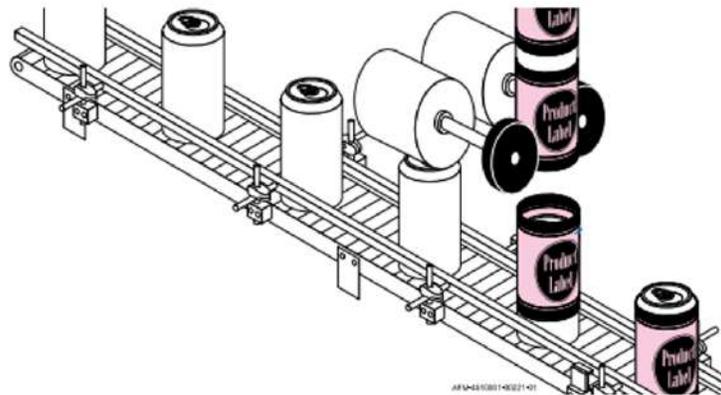
### 5.7.11. Rodillos de disparo de fajilla

Los rodillos de disparo en una máquina fajilladora desempeñan un papel crítico en el proceso de empaquetado, ya que su función principal es garantizar la salida fluida y precisa de las fajillas hacia las latas u otro tipo de envases. Estos rodillos son responsables de recibir las

fajillas que han sido cortadas y separadas por la cuchilla de corte y, a continuación, impulsarlas de manera controlada y coordinada hacia el punto de empaque final. La importancia de la sincronización precisa de los rodillos de disparo con respecto a los rodillos de arrastre ubicados previamente en el sistema, como los situados en el mandril, radica en la necesidad de mantener un flujo continuo y uniforme del producto, en la Figura 28 que continua este texto se aprecia una ilustración de este sistema y su funcionamiento.

## Figura 28

*Rodillos de disparo de fajilla.*



**Nota:** En la figura se observa los rodillos de disparo de fajilla (AFM, 2020).

En la ilustración se observa que la sincronización adecuada entre los rodillos de disparo y los rodillos de arrastre es esencial para evitar problemas como el atasco de fajillas o el desgaste excesivo de los componentes. Cuando los rodillos de disparo están perfectamente sincronizados con los rodillos de arrastre, se minimiza el riesgo de deformaciones o daños en las fajillas, lo que garantiza la calidad del producto final. Además, esta sincronización precisa contribuye a la eficiencia del proceso, al eliminar interrupciones y reducir el tiempo de inactividad de la máquina, lo que es fundamental en entornos de producción de alta velocidad.

## 5.8. Sensores, actuadores e interfaces del sistema de fajillado

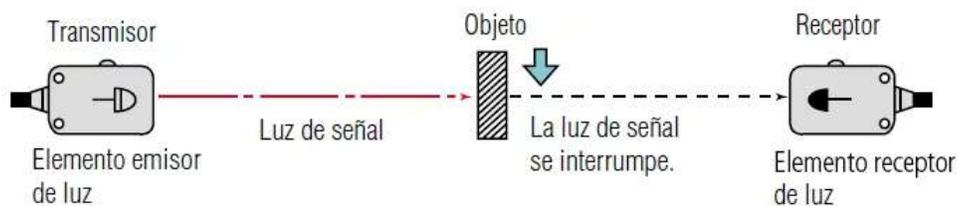
### 5.8.1. Sensor fotoeléctrico

Un sensor fotoeléctrico emite luz ya sea visible o infrarroja desde su elemento emisor, la luz viaja hasta llegar a su receptor que es un sensor fotoeléctrico de tipo reflectivo que sensa

si la luz ha llegado o no, estos sensores se utilizan para mediar el cambio de la cantidad de luz que causa un objeto al cruzar por este sensor, el sensor en su modelo de barrera el emisor y receptor están separados por una cierta distancia y cuando un objeto pasa entre estos la señal se interrumpe y se da el aviso, a continuación en la Figura 29 se muestra el funcionamiento de este tipo de sensor.

### Figura 29

*Sensor fotoeléctrico de tipo barrera.*



**Nota:** Funcionamiento de un sensor fotoeléctrico de tipo barrera con su emisor y receptor (KEYENCE, 2020).

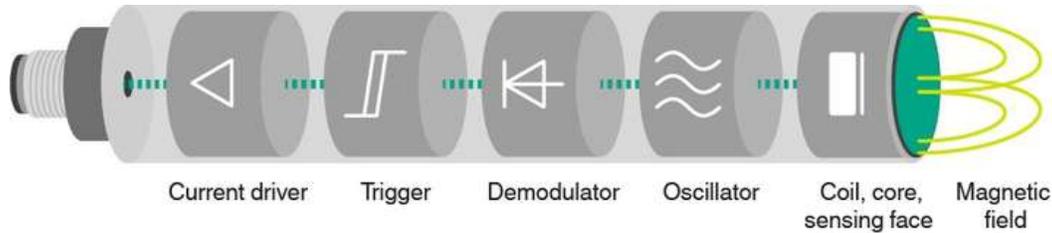
#### 5.8.2. Sensor inductivo

Los sensores inductivos son una clase de sensores especialmente útiles para la detección de materiales ferrosos, ya que estos sensores cuentan con un devanado interno que al circular una corriente eléctrica por el mismo, un campo magnético es generado específicamente se genera las llamadas corrientes de Foucault en el material por detectar, es decir, cuando un metal pasa por el sensor inductivo genera un campo magnético.

Todos estos sensores trabajan de manera similar, su sistema de detección es sin contacto, su núcleo principalmente es de ferrita, cuentan con un oscilador que utiliza un circuito resonante LC para causar estos campos magnéticos, se los usa mucho para el monitoreo de posición de todo tipo, censado de válvulas entre otras cientos de aplicaciones, en la Figura 30 se muestra la constitución de este tipo de sensores.

**Figura 30**

*Partes de un sensor inductivo.*



**Nota:** En la figura se observa las partes típicas de un sensor inductivo (PEPPERL, 2020).

### 5.8.3. Interfaz Hombre - Máquina

Una Interfaz Hombre-Máquina (HMI) se compone de una combinación de hardware y software diseñados para permitir que un operador humano interactúe con un controlador. Utilizando una HMI, una persona puede mantener el control sobre un proceso, realizar modificaciones en los ajustes y tomar el control manual en situaciones de emergencia si es necesario. Además de permitir la configuración de parámetros y el control de algoritmos, la HMI también proporciona información sobre el estado del proceso, su historial y la generación de informes. Aunque el término HMI puede aplicarse en un sentido amplio a cualquier pantalla u objeto que facilite la interacción entre una persona y un dispositivo, se utiliza principalmente en entornos industriales.

En estos contextos, las HMI pueden tomar diversas formas, como pantallas, paneles de control o tablets. Por ejemplo, un operador en una fábrica podría emplear una HMI para supervisar y controlar una cinta transportadora o ajustar la temperatura de un depósito de agua ;en entornos de producción, las HMI suelen utilizarse en conjunción con sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) (Ortiz, 2020).A continuación en la Figura 31 se presenta un ejemplo de aplicación usando un sistema HMI.

## Figura 31

*Sistema HMI.*



**Nota:** Sistema HMI en la industria (Ortiz, 2020).

### 5.8.4. Servomotores

El servomotor es muy preciso y eficaz el cual se destaca por su habilidad para controlar con precisión tanto la velocidad como la posición. Su funcionamiento se basa en un sistema de retroalimentación que utiliza un encoder, el cual monitoriza y ajusta la velocidad y la posición del motor de manera precisa. Esta retroalimentación del encoder permite detectar errores y realizar las correcciones necesarias para mantener un control preciso sobre la velocidad y la posición deseada del servomotor.

#### ■ Servomotor DC (corriente continua)

Este tipo de motor convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio, gracias a la acción de un campo magnético, el cual recibe energía de un variador para poder funcionar. El variador modula la electricidad que recibe el motor, ya que las fuentes de alimentación tienen un flujo continuo de corriente, no se autorregulan. Por lo tanto, el motor rota o no rota lo que provoca que sin el variador no podríamos hacer que el motor acelere poco a poco, gane velocidad o que frene lentamente hasta detenerse.

- **Servomotor AC (corriente alterna)**

Este tipo de servomotores también suelen tener un variador que se encarga de regular su velocidad. Este servomotor aporta una corriente más alta y por lo tanto se usan en aplicaciones industriales donde se requieren altas repeticiones de alta precisión. Por ejemplo, se pueden utilizar en robots ,fabricación en línea o líneas de producción exigentes.

- **Servomotor de imanes permanentes**

Es un motor eléctrico sin escobillas. La escobilla es el elemento que ejerce conexión eléctrica entre la parte fija y la giratoria dentro del motor eléctrico (GKS, 2020), a continuación en la Figura 32 se muestra un ejemplo de servomotor industrial.

**Figura 32**

*Servomotor.*



**Nota:** Servomotor de corriente alterna (GKS, 2020).

### 5.8.5. Servo controlador

También conocidos como servodrivers, son dispositivos de control encargados de la gestión precisa de los servomotores. Estos componentes son ampliamente empleados en aplicaciones que requieren un posicionamiento de alta precisión. Su capacidad para regular con precisión la velocidad, el torque y la posición del motor les confiere un estatus de dispositivos de alta gama en el panorama de la automatización industrial. En esencia, los servodrives se erigen como sistemas de control de alto rendimiento, destacando por su capacidad para ejecutar tareas de gran precisión y su amplia utilidad en aplicaciones que demandan un control minucioso de los movimientos y operaciones (STEP, 2022).

Este dispositivo hace uso de un procesador de señal digital y está equipado con una unidad de potencia que se encarga de transformar la electricidad trifásica de entrada en una potencia continua adecuada. Posteriormente, esta potencia continua pasa a través de un inversor de voltaje PWM (modulación por ancho de pulso) sinusoidal para controlar el motor de corriente alterna (AC).

### 5.8.6. Motor de inducción

El motor de inducción opera fundamentándose en el principio de la inducción electromagnética de Faraday que al ser alimentado con corriente eléctrica trifásica, da origen a un campo magnético rotativo, lo que resulta en su funcionamiento característico, así mismo este tipo de motores se subdivide en dos tipos principales: motores de inducción monofásicos y motores de inducción trifásicos, su construcción se caracteriza por su simplicidad, lo que facilita su mantenimiento. Además, operan de manera eficaz sin verse afectados por las condiciones ambientales y finalmente tienen una capacidad de arranque con un alto par de torsión y ofrecen un control de velocidad excepcional, una característica esencial para nuestra aplicación de diseño (industrias, 2022), para ejemplificar lo descrito se presenta la Figura 33.

#### Figura 33

*Motor inducción.*



**Nota:** Motor de inducción SESAME (GKS, 2020).

## 5.9. Programas de simulación para la validación del diseño

### 5.9.1. Simulación por el método de elementos finitos

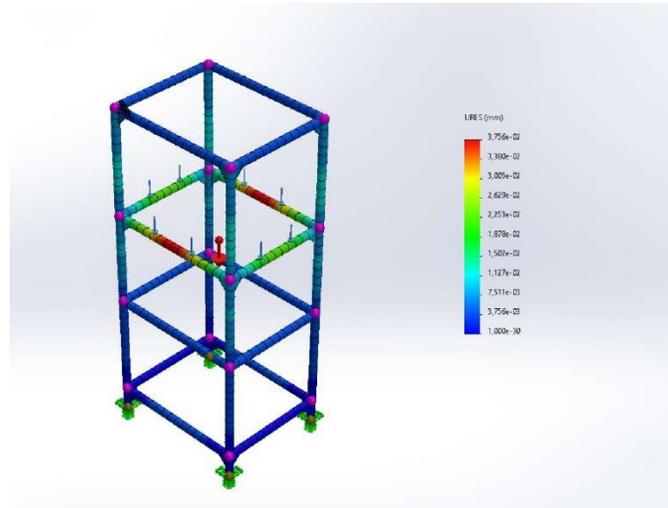
La simulación por elementos finitos (FEA, por sus siglas en inglés, Finite Element Analysis) es una técnica avanzada en ingeniería y ciencias aplicadas que se utiliza para analizar y resolver problemas complejos de comportamiento estructural y físico de manera numérica. En esencia, FEA descompone un sistema físico en elementos discretos, conocidos como elementos finitos, para representar y modelar su comportamiento mediante ecuaciones matemáticas. Estos elementos finitos son segmentos geométricos pequeños que, en conjunto, conforman una representación matemática de la geometría y propiedades físicas de un objeto o sistema.

Según el autor (Reddy, 1993); cada elemento finito se caracteriza por su geometría, propiedades de material y restricciones de carga, y se somete a análisis matemáticos, utilizando técnicas de cálculo numérico, esto permite obtener una descripción detallada de cómo el sistema responde a diferentes condiciones de carga, temperatura y otros factores. A través de un proceso iterativo, la simulación por elementos finitos calcula las respuestas del sistema en múltiples puntos dentro de su dominio, proporcionando información valiosa sobre el comportamiento estructural, tensiones, deformaciones y distribución de temperaturas, entre otros aspectos relevantes.

El FEA se utiliza ampliamente en diversas disciplinas, como la ingeniería civil, aeroespacial, mecánica, eléctrica, biomédica y mecatrónica, para optimizar diseños, predecir el rendimiento de sistemas y evaluar la seguridad y confiabilidad de estructuras y componentes. Su capacidad para modelar sistemas físicos complejos y resolver problemas de ingeniería en un entorno computacional ha revolucionado la forma en que se desarrollan productos y se toman decisiones en el ámbito de la ingeniería y la ciencia. La Figura 34 presentada a continuación ejemplifica un análisis realizado por elementos finitos.

## Figura 34

*Análisis mediante elementos finitos.*



**Nota:** En la imagen se observa un ejemplo un análisis mediante elementos finitos.

### 5.9.2. Diseño CAD empleando SolidWorks

SolidWorks es una solución líder en el ámbito del diseño asistido por computadora (CAD, por sus siglas en inglés) ampliamente utilizada en la industria de la ingeniería y el diseño. Desarrollado por Dassault Systems, SolidWorks se destaca por su entorno de modelado paramétrico que permite a los ingenieros y diseñadores crear modelos 3D altamente precisos y flexibles. Esta herramienta presenta varias ventajas notables, como la facilidad de uso y una interfaz intuitiva que facilita la creación y edición de diseños complejos.

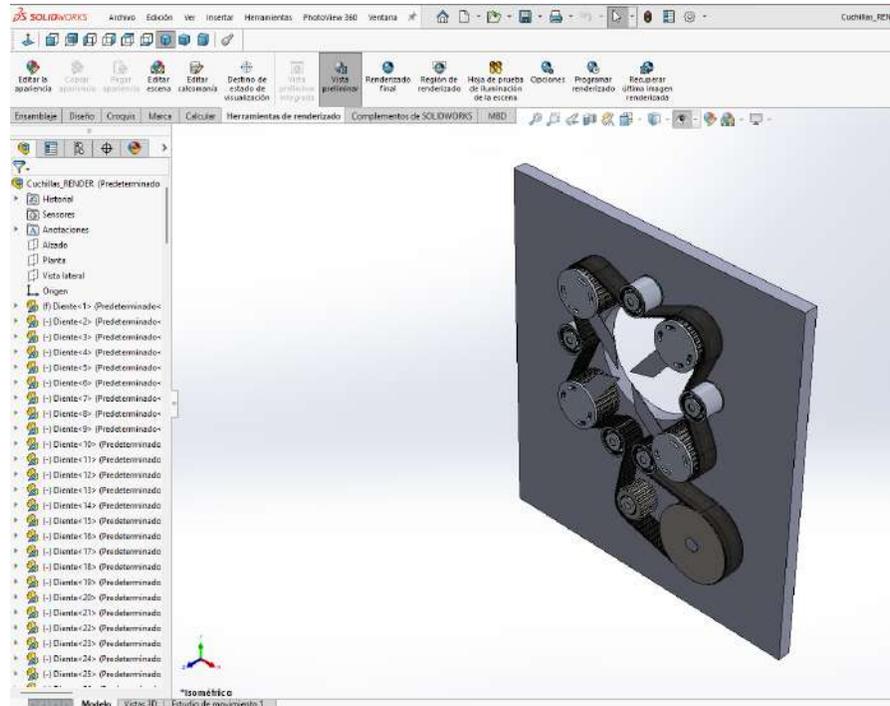
Como señala (Shenton, 2017) en su libro «Engineering Design and Graphics with SolidWorks», la plataforma SolidWorks ha logrado una adopción generalizada en la industria debido a su capacidad para agilizar el proceso de diseño y mejorar la comunicación entre los equipos de desarrollo.

Además del modelado paramétrico, SolidWorks ofrece una serie de módulos y complementos que amplían sus capacidades. Uno de estos complementos es SolidWorks Motion, que permite a los usuarios realizar análisis de movimiento y simulaciones dinámicas de sus diseños. Esta funcionalidad es especialmente útil para evaluar el comportamiento de los sistemas mecatrónicos en movimiento (Chan y Zheng, 2019), en su artículo «Dynamic Analysis of Mechanical

Systems Using SolidWorks Motion», destacan cómo SolidWorks Motion facilita la predicción de las interacciones entre componentes en movimiento, lo que contribuye significativamente a la validación de diseños mecánicos, se puede observar un ejemplo de diseño en la Figura 35.

**Figura 35**

*Conjunto mecánico realizado en SolidWorks.*



**Nota:** En la imagen se observa un ejemplo de ensamble en el software SolidWorks.

### 5.9.3. SolidWorks motion

SolidWorks Motion es una potente extensión de SolidWorks que permite realizar análisis de movimiento y simulaciones dinámicas de sistemas mecánicos y mecatrónicos. Con esta herramienta, los ingenieros pueden modelar y analizar el comportamiento de componentes en movimiento, considerando factores como las fuerzas aplicadas, restricciones de movimiento y condiciones de funcionamiento. Según (Lee y Kim, 2020), SolidWorks Motion facilita la predicción precisa de las trayectorias y las interacciones de los componentes, lo que resulta esencial en el diseño y validación de sistemas mecatrónicos complejos. Además, permite la optimización de diseños al identificar problemas de interferencia y permitir la evaluación de

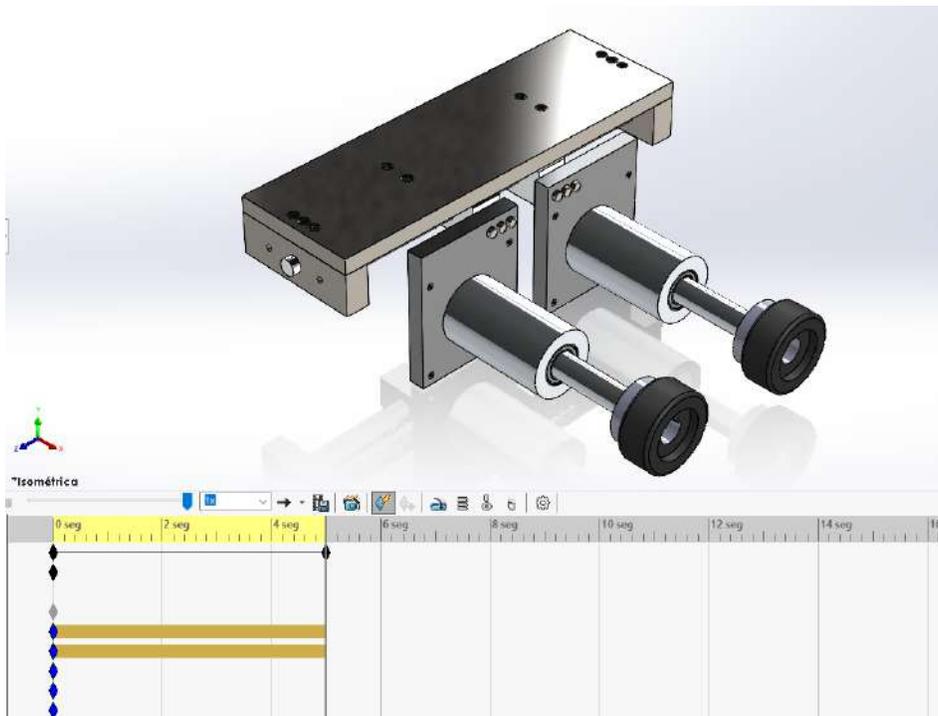
soluciones antes de la construcción física de los sistemas.

La simulación dinámica con SolidWorks Motion es ampliamente utilizada en industrias como la automotriz, la aeroespacial y la manufactura, donde el rendimiento y la seguridad de los mecanismos en movimiento son críticos. Al utilizar este módulo, los ingenieros pueden evaluar con precisión el comportamiento de sistemas como suspensiones de vehículos, mecanismos de transmisión y sistemas de automatización, lo que resulta en diseños más eficientes y confiables. La integración de SolidWorks Motion en el flujo de trabajo de diseño de SolidWorks proporciona una ventaja significativa al permitir a los ingenieros abordar problemas de dinámica y cinemática de manera efectiva desde las etapas iniciales de diseño.

En la siguiente Figura 36 se presenta una aplicación usando SolidWorks motion.

### Figura 36

*Conjunto mecánico animado en SolidWorks Motion.*



**Nota:** En la figura se aprecia una animación de un ensamble realizado en la extensión SolidWorks Motion.

#### **5.9.4. SolidWorks movimiento basado en eventos**

El complemento de SolidWorks Motion basado en eventos es una característica avanzada que permite a los ingenieros modelar y simular sistemas mecatrónicos con una mayor precisión y eficiencia. Con este enfoque, los eventos específicos, como colisiones, cambios de estado y activación de sensores, se definen como disparadores para acciones en el sistema. Esto significa que se pueden simular situaciones de la vida real de manera más realista, como el comportamiento de un robot cuando detecta un obstáculo o la respuesta de un sistema de frenado ante una situación de emergencia.

Según (Li y Zhang, 2018), el enfoque basado en eventos en SolidWorks Motion es particularmente ventajoso para la validación de sistemas mecatrónicos, ya que permite un control detallado sobre el comportamiento de los componentes y la capacidad de realizar un seguimiento de eventos críticos. Esta metodología facilita la identificación y solución de posibles problemas de diseño antes de la implementación física, lo que reduce los costos y los tiempos de desarrollo. Además, al permitir una simulación más precisa de situaciones reales, los ingenieros pueden validar y optimizar sus sistemas mecatrónicos con mayor confianza, lo que resulta en productos finales más seguros y eficientes.

Además, el enfoque basado en eventos en SolidWorks Motion también es altamente beneficioso para la validación de sistemas mecatrónicos debido a su capacidad para evaluar y mejorar el rendimiento en situaciones críticas. Los ingenieros pueden simular eventos extremos o condiciones límite, como sobrecargas, fallos de sensores o condiciones de operación fuera de lo común, para comprender cómo el sistema responderá en circunstancias adversas. Esto permite un diseño más robusto y la implementación de estrategias de seguridad y control avanzadas, lo que es esencial en aplicaciones mecatrónicas donde la precisión y la fiabilidad son fundamentales.

#### **5.9.5. TIA PORTAL**

TIA Portal es una plataforma de software diseñada para la programación y control de HMI (Interfaz Hombre-Máquina) y PLCs (Controladores Lógicos Programables) de la marca SIEMENS de manera integral. Este software proporciona una integración completa de varias herramientas esenciales, incluyendo SIMATIC STEP 7, SIMATIC WinCC y SINAMICS Startdrive. En el contexto de nuestro proyecto, planeamos aprovechar todas estas herramientas de manera conjunta y coordinada para lograr nuestros objetivos de automatización y control.

- SIMATIC STEP 7: Se usa para programar PLC
- SIMATIC WinCC: Se usa para programar HMI
- SINAMICS Startdrive: Se usa para programar dispositivos de accionamiento (servomotores)

Dentro de este software, se encuentran disponibles varios lenguajes de programación, como KOP, SCL, FUP, AWL, CEM y GRAFCET. De todos estos lenguajes, el más ampliamente adoptado y utilizado es el KOP. Esto se debe a su facilidad de uso y a las numerosas herramientas gráficas que ofrece el software, lo que hace que sea la elección preferida para la mayoría de los programadores y diseñadores de sistemas de automatización. (SIEMENS, 2022).

#### **5.9.6. Factory I/O**

Factory IO es un software de simulación tridimensional desarrollado por la empresa de videojuegos Real Games. Este software tiene la capacidad de simular procesos industriales en tiempo real y proporciona una interfaz interactiva para los usuarios. Lo destacable de Factory IO es su capacidad para crear y configurar sistemas de fabricación industrial desde cero, además de su capacidad para conectarse directamente con la programación de controladores lógicos programables (PLC). Esta integración con el PLC permite a los usuarios simular y probar procesos industriales sin la necesidad de adquirir o ensamblar físicamente los componentes, lo que ofrece ventajas significativas en términos de ahorro de costos y eficiencia en el desarrollo y prueba de sistemas industriales.

Factory IO es compatible con PLCs de las marcas Allen Bradley y Siemens. En el caso de querer utilizar un PLC de otra marca, este software emplea servidores OPC (OLE for Process Control) y protocolos de comunicación Modbus. Esto permite que Factory IO pueda establecer comunicación con PLCs de otras marcas, posibilitando así la interconexión y el control de sistemas industriales sin importar la marca específica del PLC utilizado (Games, 2022), en la Tabla 8 presentado a continuación se muestra los requisitos necesarios para usar FACTORT I/O.

**Tabla 8**

*Requisitos para instalar FACTORY IO*

<b>REQUISTOS MINIMOS</b>
1. Windows 7 o superior
2. Intel Core 2 Duo at 2Ghz o superior
3. 2Gb RAM
4. 500Mb de disco duro
5. Nvidia desde 2066 (GeForce 8 Series)
6. DirectX 9c

**Nota:** En la tabla se observa los requisitos básicos para la instalación del software FACTORY IO (Games, 2022).

## **6. Marco metodológico**

### **6.1. Propuesta metodológica**

#### **6.1.1. Parámetros iniciales**

Con el fin de salvaguardar la coherencia y robustez del proceso de diseño, es imperativo tomar en consideración los parámetros iniciales. Con esta finalidad, se ejecutó una inspección directa en las instalaciones de producción de la Cervecería Artesanal La Paz, específicamente en el área de producción y enlatado, con el propósito de recabar información precisa que respalde el diseño.

Estos datos se los observa en la Tabla 9.

**Tabla 9***Parámetros iniciales*

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>
1. Presión de trabajo	6,89 Bar
2. Velocidad máxima de la banda transportadora	1750 rpm
3. Espacio entre lata	10 cm
4. Ancho de la banda transportadora	25 cm
5. Dimensiones de la lata (355 ml)	156,6 mm x 57,4(Diámetro) mm
6. Dimensiones de la fajilla	156,6 mm x 59,4(Diámetro) mm
7. Espacio máximo de trabajo	2,13 m x 1,85 m
9. Material de construcción	Acero inoxidable AISI 304
10. Producción media por lote	4 pallets
15. Voltaje de operación de los sistemas de fuerza	220V trifásico

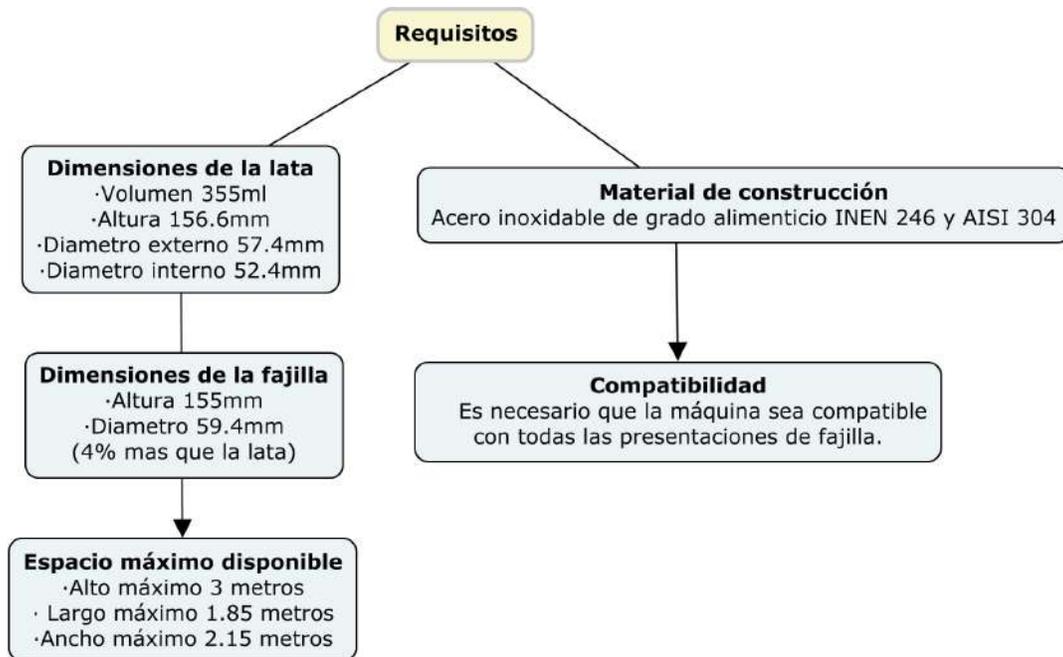
**Nota:** Parámetros iniciales recolectados en el área de producción de la cervecería artesanal "La Paz"(Reina, 2022).

### **6.1.2. Requisitos y requerimientos para el diseño**

Antes de iniciar el diseño es importante reconocer las variables de la empresa, para esto se ha realizado los siguientes diagramas que denotan los requisitos y requerimientos para el diseño, los requisitos se refieren a los parámetros técnicos que no se deberán modificar durante todo el proceso, por otro lado, los requerimientos son las solicitudes o especificaciones particulares de la empresa, las mismas que se presentan en la Figura 37.

**Figura 37**

*Requisitos de la cerveceria.*

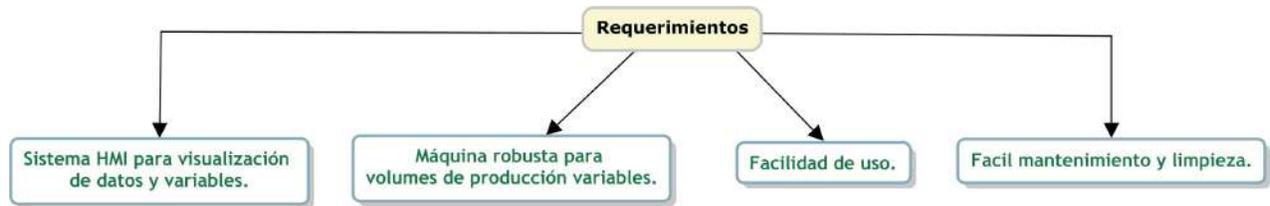


**Nota:** Requisitos de la cerveceria para la propuesta de diseño de la fajilladora.

Según la información proporcionada en una entrevista realizada en 2022 con el Ing. Luis Reina, supervisor de producción de la empresa Cervecería La Paz, los requerimientos necesarios para desarrollar la propuesta de diseño mecatrónico se presentan a continuación en la Figura 38.

**Figura 38**

*Requerimientos de la cerveceria.*



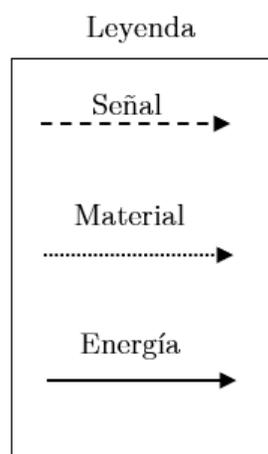
**Nota:** Requerimientos de la cerveceria para la propuesta de diseño de la fajilladora (Reina, 2022).

### 6.1.3. Modelos de los subsistemas

El modelado o caja negra del proceso es primordial para comprender el manejo y diseño del sistema "Máquina fajilladora de latas de cerveza", en donde se puede verificar las variables de entrada y las salidas que son las métricas de la misma, se ha propuesto 2 cajas negras, la primera una caja negra resumida además de una caja negra general, para esto es necesario la leyenda presentada en la Figura 39 y la caja negra simplificada expuesta en la Figura 40.

**Figura 39**

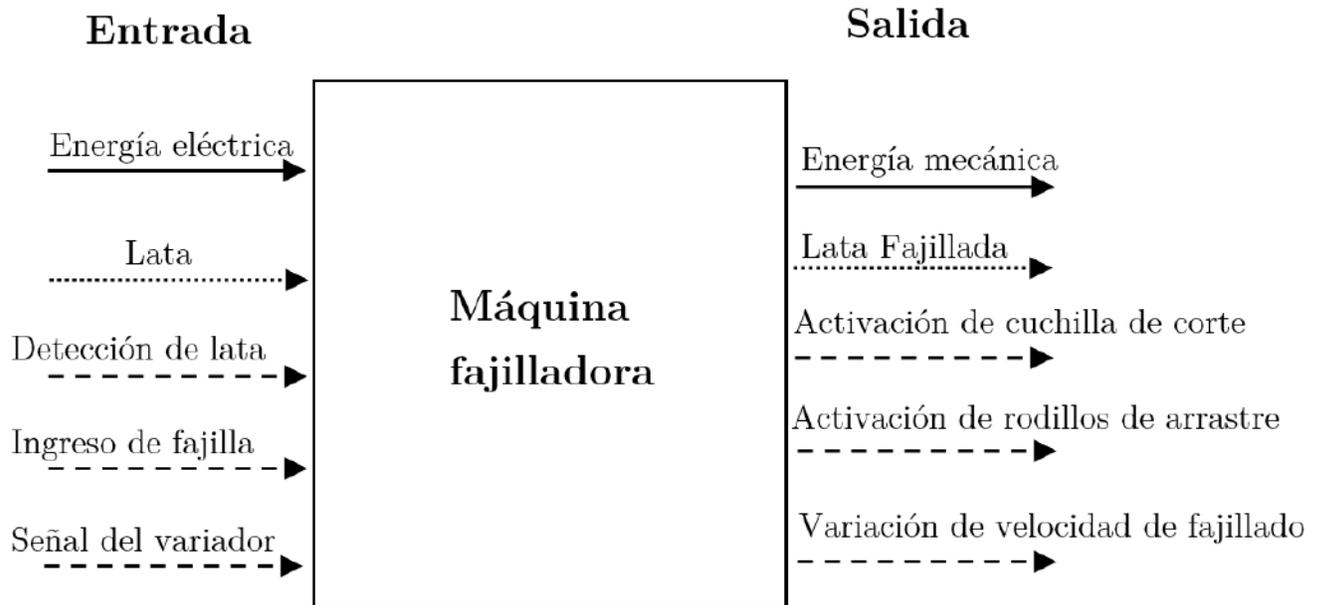
*Leyenda empleada en las cajas negras del proceso.*



**Nota:** En la figura se observa la leyenda utilizada en las cajas negras del proceso.

**Figura 40**

*Caja negra del proceso simplificada.*

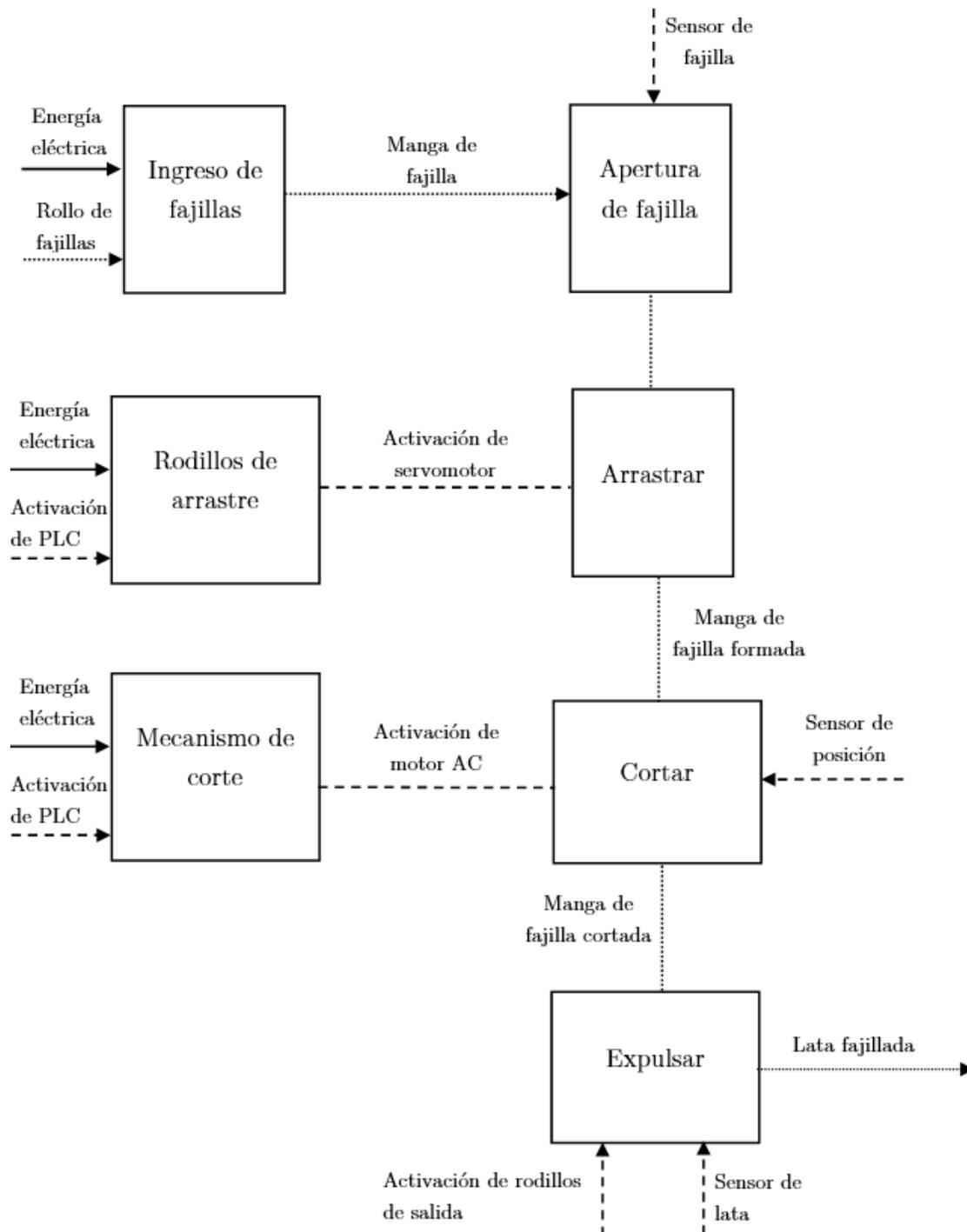


**Nota:** En la figura se observa la caja negra del proceso con sus entradas y salidas simplificadas.

Por último en la Figura 41 se presenta la caja negra del proceso con cada subsistema de manera completa.

**Figura 41**

*Caja negra del proceso.*



**Nota:** En la figura se observa la caja negra del proceso con sus respectivas etapas además de sus entradas y salidas.

## **6.2. Materiales de construcción**

### **6.2.1. Estructura de la fajilladora**

La familia del acero inoxidable serie 300 es la familia austenítica que son aceros de cromo - níquel muy usados tanto a nivel doméstico como industrial por sus propiedades mecánicas y térmicas, la austenítica es una estructura cristalina que toma cuando se tiene átomos de hierro y carbono, en Ecuador la normalización se rige por el INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización), en el caso de la industria alimentaria recomienda el uso de acero inoxidable AISI 304 o AISI 316 (Norma INEN RTE-246 y RTE-228) para asegurar especialmente la higiene, además que cuenta con excelentes prestaciones mecánicas y térmicas tales como: excelente formabilidad, alta resistencia a la corrosión, alta resistencia a la oxidación, facilidad de limpieza, bajo peso, resistencia a temperaturas criogénicas y una buena apariencia estética, se ha determinado que este material es el ideal para la propuesta de diseño de la base estructural para la fajilladora de latas de cerveza, a continuación en la Tabla 10 se enlista las propiedades más importantes del acero inoxidable AISI 304.

**Tabla 10***Propiedades del acero inoxidable AISI 304.*

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
Composición	Hierro, manganeso, carbono, fósforo, silicio, sulfuro, níquel, cromo (18%)
Estructura	Austenítica
Resistencia a la corrosión	Alta
Resistencia a la tracción	460 - 1100 MPa
Módulo de elasticidad	190 - 210 GPa
Densidad	7,3 g/cm <sup>3</sup>
Punto de fusión	1400 - 1455 °C
Conductividad térmica	15 - 16 W/m K
Resistividad eléctrica	70 - 72 μOhmxcm
Magnetismo	Ligeramente amagnético
Aplicaciones	Industria petrolera, automotriz, aeroespacial, química, alimenticia, médica, electrónica, doméstica, entre otras.

**Nota:** Se enlista las propiedades mecánicas y térmicas del Acero AISI 304 (*GRUMBER, 2020*).

### 6.2.2. Cuerpo de los rodillos

Los rodillos son un subconjunto de la fajilladora que cumplen el papel de sostener al mandril y a la vez permitir un paso suave y constante de la etiqueta, debemos tomar en cuenta primeramente el espacio máximo para la construcción de la máquina, además se debe considerar un material relativamente liviano para minimizar las cargas a soportar de la estructura y resistente para el uso prolongado, además de que sea de fácil mecanizado, tomando en cuenta esto es posible ver que material se utiliza en las fajilladoras comerciales actuales, de los cuales se destaca en la Tabla 11 y 12.

**Tabla 11**

*Materiales usadas por marcas comerciales.*

<b>Modelo</b>	<b>Material utilizado</b>
LX-150 (AFM)	Aluminio 6063
JLT-150 (EcuapPack)	Aluminio 6061

**Nota:** Materiales usadas por marcas comerciales para los rodillos de agarre (AFM, 2020) (Ecuapack, 2019).

Para la correcta elección del material se presenta una comparativa entre el aluminio 6061 y 6063, para esto se ha realizado la Tabla 12 expuesta a continuación.

**Tabla 12**

*Comparativa entre el aluminio 6061 y 6063.*

<b>Propiedad</b>	<b>Aluminio 6061</b>	<b>Aluminio 6063</b>
Resistencia a la tracción	Mayor resistencia	Menor resistencia
Resistencia a la flexión	Mayor resistencia	Menor resistencia
Resistencia a la corrosión	Buena	Buena
Maquinabilidad	Buena	Buena
Conformabilidad	Menos conformable	Más conformable
Soldabilidad	Buena	Buena
Aplicaciones comunes	Estructuras, piezas mecanizadas	Perfiles extruidos, molduras
Propiedades térmicas	Buena conductividad térmica	Buena conductividad térmica
Densidad	Aproximadamente 2,70 g/cm <sup>3</sup>	Aproximadamente 2,68 g/cm <sup>3</sup>

**Nota:** En la tabla se observa una comparativa entre el aluminio 6061 y 6063 (Ashby, 1999).

Tomando en cuenta todos estos factores, se ha llegado a la conclusión de usar el aluminio 6061 por su mayor resistencia mecánica, aunque se sacrifica un poco en la densidad, es decir en el peso de los rodillos, pero se enfatiza en dar mayor resistencia a este conjunto mecánico.

### 6.2.3. Placas de sujeción

Las placas de sujeción son el elemento de unión entre los subsistemas de la máquina fajilladora, la elección del material debe ser acorde a la facilidad de mecanizado y tener en cuenta sus propiedades mecánicas y por supuesto guiarse en la experiencia de los productos que ya se encuentran en el mercado, todos los productos de las fajilladoras están de acuerdo en usar alguna aleación de acero con un recubrimiento galvanizado, la mas utilizada por sus propiedades es el acero ASTM A36, que es menos costoso que el acero inoxidable pero al no estar en contacto con el ambiente externo húmedo se puede considerar para el diseño de la fajilladora, a continuación en la Tabla 13 se presenta las propiedades del Acero ASTM A36.

**Tabla 13**

*Propiedades mecánicas del ASTM A36.*

<b>Propiedad</b>	<b>ASTM A36</b>
Resistencia a la tracción	400 - 550 MPa
Límite elástico	250 MPa
Alargamiento	20% mínimo
Dureza	119 - 159 HB
Conductividad térmica	51,9 W/(m · K)
Densidad	7,85 g/cm <sup>3</sup>
Propiedades térmicas	Buena conductividad térmica
Densidad	Aproximadamente 2,70 g/cm <sup>3</sup>

**Nota:** En la tabla se observa las propiedades mecánicas del ASTM A36 (BOHMAN, 2022).

### 6.2.4. Ejes roscados.

Los ejes roscados que transmiten el movimiento a lo largo de todo el sistema de tornillo sin fin de los rodillos necesitan contar con propiedades mecánicas mas exigentes que las anteriores, la industria en general utiliza la familia AISI 4140 y AISI 1045 para la fabricación y mecanizado de los ejes roscados, las máquinas fajilladoras no son la excepción ya que al contar con estos subconjuntos de tornillos sin fin necesita soportar cargas constantes de tipo torsión y tracción, por su precio y experiencia de las máquinas que ya existen en el mercado se ha seleccionado el AISI 1045 para los ejes de transmisión, ya que soporta cargas medianas

lo que encarga con el tipo de carga a soportar en la fajilladora, a continuación se muestra en la Tabla 14 de las propiedades del acero AISI 4041.

**Tabla 14**

*Propiedad Mecánicas y su puntuación del acero AISI 4041.*

<b>Propiedad Mecánica</b>	<b>Valor Típico</b>	<b>Categoría de Resistencia</b>
Resistencia a la Tracción	655 - 850 MPa	Alta
Límite Elástico	415 MPa	Mediana
Alargamiento a la Fractura	25% mínimo	Mediana
Dureza Brinell	197 HB	Mediana
Tenacidad al Impacto (Charpy)	27 J mínimo	Baja
Módulo de Elasticidad	205 GPa	Mediana
Resistencia a la Flexión	Varía	Alta

**Nota:** En la tabla se observa las propiedades mecánicas del ASTM A36 (BOHMAN, 2022).

### 6.2.5. Mandril

El mandril es el corazón de la máquina ya que por esta pasan las mangas termoencogibles o fajillas, debemos tener en cuenta que el peso es un factor determinante, ya que se sostiene mediante los rodamientos de carga mixta (axial y radiales) y debe permitir el flujo de la fajilla, además se toma en cuenta que para cada producto se necesita un mandril diferente, es decir debe ser un material muy fácil de mecanizar, ligero y de bajo costo, en este caso los materiales más adecuados son los polímeros, los factores tomados en cuenta para esta elección es:

- **Reducción de daños al producto**

Las fajillas termoencogibles se aplican a productos delicados. El polímero es más suave y menos abrasivo que muchos metales, lo que reduce el riesgo de daños o rayones en la etiqueta durante el proceso de fajillado.

- **Evitar la transferencia de calor**

El polímero tiende a conducir menos calor que los metales, lo que podría ayudar a evitar la transferencia excesiva de calor al producto y prevenir daños, ya que al ser una fajilla termoencogible es sensible ante los cambios de temperatura y puede encogerse antes de llegar a su destino.

- **Reducción de vibraciones**

Los polímeros pueden absorber vibraciones y golpes mejor que los metales, lo que podría ser beneficioso para mantener la integridad del producto y mejorar la calidad del enfajillado.

- **Personalización de forma**

Los polímeros son ser más fáciles de personalizar y fabricar en formas específicas que se ajusten a los productos que se están fajillando.

- **Peso:**

Los polímeros son mucho mas livianos que los metales y en este caso en particular es un factor determinante ya que los puntos de apoyo no son rígidos si no mas bien móviles.

- **Evita la electricidad estática**

Los polímeros suelen almacenar menos electricidad estática que los metales, esto es un factor determinante ya que se requiere que la fajilla siga su camino y que no le detenga o se adhiera a otras superficies.

Tomando en cuenta todos estos factores y la industria cuencana, se determino usar la poliamida 6 (PA 6) o también conocida comercialmente como grilon, ya que es un polímero que se comercializa de forma local y sus propiedades mecánicas se ajustan a los requisitos planteados, a continuación se muestra en la Tabla 15 y 16 sus propiedades generales y mecánicas respectivamente.

**Tabla 15***Principales características de la poliamida 6.*

<b>Características Principales</b>
Alta Tenacidad
Aislante Eléctrico
Buenas Propiedades al Desgaste
Buena Adhesividad y Soldabilidad
Alta Resistencia Mecánica
Buena Mecanizabilidad
Es el polímero mas resistente a la fricción

**Nota:** En la tabla se observa las Principales características de la poliamida 6 (*Ensinger, 2020*).

**Tabla 16***Propiedades mecánicas de la poliamida 6.*

<b>Propiedad Mecánica / Física</b>	<b>Valor Típico</b>
Resistencia a la Tracción	40 - 80 MPa
Módulo de Elasticidad	1000 - 4000 MPa
Alargamiento a la Rotura	50 % - 200 %
Dureza (Shore D)	70 - 80
Resistencia al Impacto	Buena
Resistencia al Desgaste	Buena
Resistencia a la Fatiga	Moderada
Módulo de Flexión	1500 - 4000 MPa
Coefficiente de Fricción	Moderado
Densidad	1,13 - 1,15 g/cm <sup>3</sup>
Temperatura de Fusión	215 - 220°C
Temperatura de Deflexión Térmica (HDT)	60 - 90°C (dependiendo de la carga y forma)

**Nota:** En la tabla se observa las propiedades mecánicas de la poliamida 6 (*Ensinger, 2020*).

### 6.2.6. Rodillos de arrastre

Los rodillos de arrastre son los encargados de halar la fajilla en dirección al sistema de cuchillas, es necesario contar con un material que asegure una correcta adherencia y que ofrezca una superficie de contacto suave y flexible que permita el paso de la fajilla. El caucho de estireno-butadieno (SBR) es un elastómero versátil ampliamente utilizado en la industria debido a sus propiedades destacadas. Entre sus propiedades se incluyen una buena resistencia al desgaste y la abrasión, durabilidad, resistencia a la tracción adecuada, capacidad de resistir la humedad y flexibilidad en un rango de temperaturas moderado. También es conocido por su capacidad de mezcla con otros materiales y su costo asequible así mismo a continuación en la Tabla 17 se resume algunas de las propiedades mecánicas y físicas clave del poliéster SBR.

**Tabla 17**

*Propiedades mecánicas del poliéster SBR.*

<b>Propiedad</b>	<b>Valor típico</b>
Resistencia al desgaste	Buena
Durabilidad	Alta
Resistencia a la tracción	Moderada
Resistencia a la humedad	Buena
Temperatura de uso	-40°C a 100°C
Densidad	0,93 - 0,98 g/cm <sup>3</sup>
Punto de fusión	No se aplica (material elastomérico)
Conductividad eléctrica	Baja
Resistencia a productos químicos	Moderada

**Nota:** En la tabla se observa las propiedades mecánicas del poliéster SBR (Juárez, Balart, Ferrández, y García, 2018).

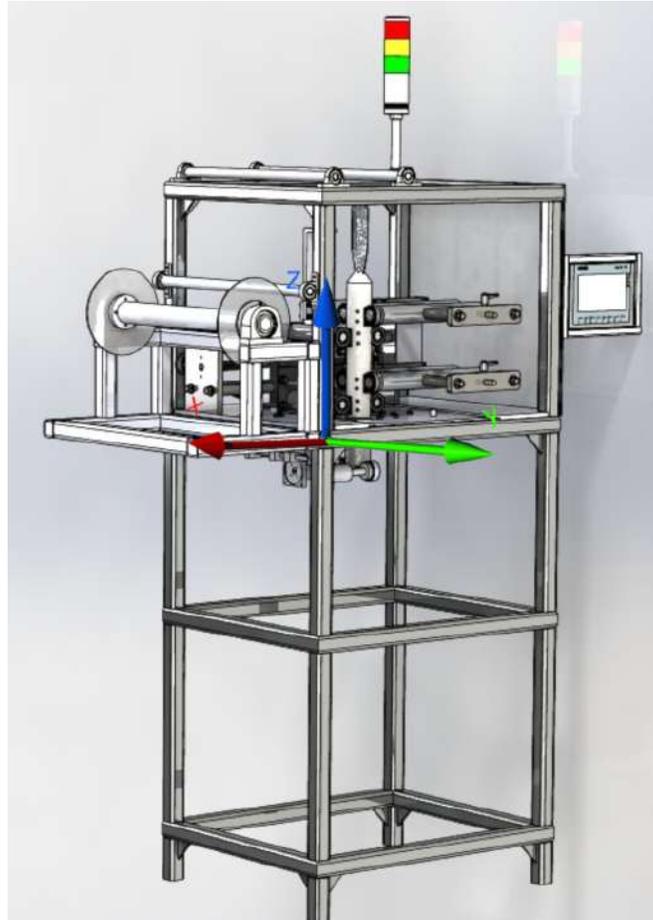
### 6.3. Diseño mecánico de los rodillos de ajuste

Las empresas líderes en la industria cervecera han invertido tiempo y esfuerzo considerables en la optimización de sus máquinas fajilladoras. Estas máquinas se han sometido a rigurosas pruebas y han demostrado su capacidad para manejar grandes volúmenes de producción con eficiencia y precisión, esto garantiza que son sistemas robustos y confiables, hemos optado

por generar ingeniería inversa en algunos sistemas del presente trabajo ya que es una buena opción para adaptar a la necesidad de la empresa los sistemas ya probados de la misma manera se conoce a ciencia cierta que la ingeniería inversa de sistemas existentes ofrece una ventaja clave: la reducción de riesgos y costos asociados con el desarrollo de una máquina fajilladora desde cero. Al basarse en sistemas probados, se minimizan los posibles problemas de diseño y las incertidumbres técnicas, lo que a su vez reduce los costos de desarrollo y el tiempo necesario para llevar el producto al mercado, por consiguiente se puede personalizar la máquina fajilladora para que se ajuste de manera óptima a los requerimientos de producción de cerveza, con el fin de llevar un orden en la geometría y ejes coordenados se ha propuesto el siguiente disposición de ejes, como se observa en la Figura 42.

## Figura 42

*Ejes coordenados de la máquina fajilladora.*



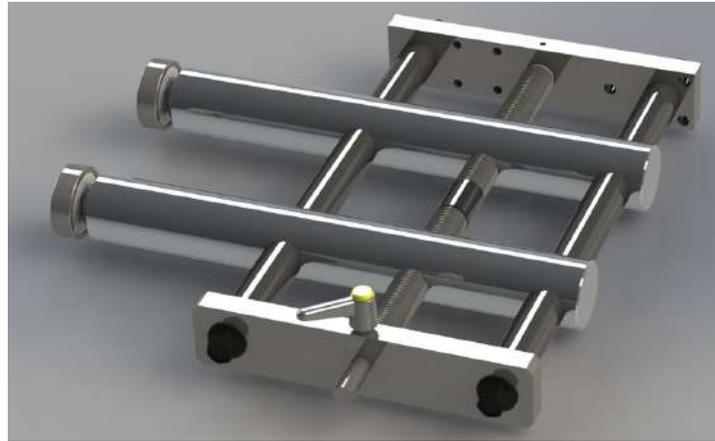
**Nota:** En la figura se observa los ejes coordenados dispuestos para su posterior análisis.

El mecanismo de rodillos de ajuste en una máquina fajilladora desempeña un papel esencial al garantizar la precisión y la eficiencia en el proceso de fajillado de latas. Estos rodillos permiten la adaptación del mandril a diferentes tamaños y tipos de latas, lo que resulta fundamental en la versatilidad de producción de la industria cervecera. Al ajustar la separación y la presión de los rodillos, se logra una manipulación adecuada del mandril, asegurando un fajillado uniforme y seguro tomando en cuenta las variaciones en el diámetro o la altura de las latas. Esto no solo contribuye a la calidad del producto final, evitando fugas o deformidades de la fajilla, sino que también reduce el desperdicio de material y mejora la eficiencia general de la línea de envasado.

Su objetivo principal es sostener y mantener en su lugar al mandril de la fajilladora, a continuación se presenta una imagen del diseño realizado en el software SolidWorks del mecanismo,seguidamente el diseño se lo puede observar en la Figura 43.

### **Figura 43**

*Conjunto de rodillos de ajuste.*



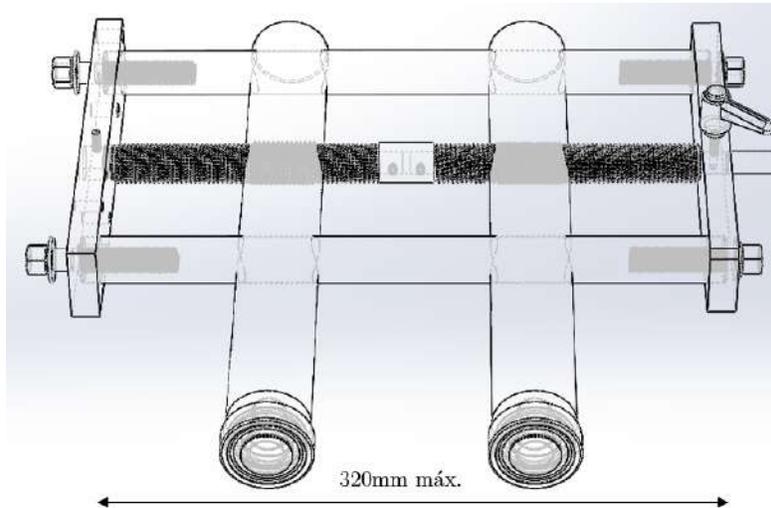
**Nota:** En la figura se observa el conjunto mecánico de los rodillos de ajuste.

#### **6.3.1. Desplazamiento de los rodillos**

El mecanismo de rodillos de ajuste en una máquina fajilladora se basa en un mecanismo de tornillo sin fin, compuesto por un eje con un filete derecho y otro eje con un filete izquierdo. Cuando uno de los ejes gira, los filetes derecho e izquierdo actúan en direcciones opuestas. Este movimiento relativo entre los dos ejes permite un ajuste preciso de la separación entre los rodillos. En otras palabras, al girar uno de los ejes, se puede aumentar o disminuir la distancia entre los rodillos de la máquina. Esto es esencial para adaptar la máquina a diferentes tamaños de mandril y asegurar su correcta sujeción, estos rodillos se mueven en el eje Y , a continuación en la Figura 44 y Tabla 18 se muestra su mínimo y máximo desplazamiento.

**Figura 44**

*Desplazamiento máximo del mecanismo.*



**Nota:** En la figura se observa el desplazamiento máximo del mecanismo del conjunto mecánico de los rodillos de ajuste.

**Tabla 18**

*Capacidad de desplazamiento en el eje Y de los rodillos secundarios.*

<b>Eje de movimiento</b>	<b>Valor</b>
Translación horizontal (Eje Y)	Máximo de 320mm Mínimo de 58mm

**Nota:** En la tabla se aprecia la capacidad máxima y mínima del desplazamiento en el eje Y de los rodillos secundarios.

## **6.4. Diseño mecánico de las cuchillas de corte**

### **6.4.1. Dimensionamiento del motor**

Para el dimensionamiento del motor encargado de girar las cuchillas se debe conocer los RPM requeridos, la densidad del material utilizado y el volumen de cada elemento del conjunto

mecánico, entonces:

RPM recomendados por el fabricante para un corte limpio de fajas.

$$1500RPM \approx 157,07rad/s$$

Para el cálculo de la inercia de los componentes se necesitan de la siguiente información mostrada en la Tabla 19, antes de iniciar se ha tomado estas siguientes consideraciones:

- Los solidos debido a que tienen formas complejas se las ha simplificado a su solido base, es decir a cilindros regulares o barras delgadas que rotan alrededor de un eje.
- Se ha propuesto las formulas para encontrar los momentos de inercias de barras delgadas que representarán los ejes centras y las cuchillas.
- Se ha propuesto las formulas que nacen de la integración  $I = \int r^2 dm$  que resulta en la formula para cilindros, tanto si estos rotan en su eje de rotación o no.
- Dado que las poleas dentadas están conectadas al eje de rotación principal mediante la correa dentada, es importante considerar su contribución a la inercia total del sistema alrededor de ese eje.
- Para ajustar los resultados generados en el cálculo se toma en cuenta el factor de seguridad que compensará estas consideraciones.

**Tabla 19***Componentes del sistema de cuchillas y sus propiedades.*

<b>Pieza</b>	<b>Material</b>	<b>Volumen de la pieza [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Densidad del material [kg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Número de piezas</b>	<b>Distancia al eje [m]</b>
E6 - Tapa de cuchilla	Aluminio 1060	0,0049395	2705	4	0,097 0,092 0,265 0,218
E1 - Polea dentada	Acero Inox.304	0,004097	8000	4	Igual que las distancias de E6
E9- Cuerpo de tensor	Aluminio 1060	0,00006419	2705	5	0,12 0,225 0,250 0,155 0,173
E2-Polea de trans.	Acero Inox.304	0,001186	8000	1	0 (Eje de rotación)
E3-Polea de apoyo	Acero Inox.304	0,0001489	8000	1	0,082
E8-Eje de polea	Aluminio 1060	0,0003719	2705	4	Igual que las distancias de E6
E10-Eje de tensor	Alumnio 1060	0,0003213	2705	5	Igual que las distancias de E9
Cuchillas	Acero Inox.304	0,000081954	8000	4	Igual que las distancias de E6

**Nota:** En la tabla se aprecia todas las piezas que componen el sistema de cuchillas.

Posteriormente con los datos de la tabla anterior, se procede a calcular la inercia del conjunto, para esto se utiliza la siguiente formula.

$$I_{Total} = I_1 + I_2 + I_3... \quad (2)$$

Donde:

$I_t$  = Inercia total.

$I_1, I_2, I_3, \dots$  = Inercia individual de cada elemento.

Para calcular el momento de inercia individual de una barra delgada se emplea la siguiente fórmula:

$$I = \frac{1}{12} \cdot m \cdot d^2 \quad (3)$$

Donde:

$I$  = Inercia individual

$d$  = Distancia al eje de rotación

$m$  = masa

Para calcular el momento de inercia individual de un cilindro sólido que gira alrededor de su eje central se emplea la siguiente fórmula:

$$I = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 \quad (4)$$

Donde:

$I$  = Inercia individual

$m$  = masa del cilindro

$r$  = radio del cilindro

Para un sólido que gira alrededor de un eje situado en un punto cualquiera según el Teorema de Steiner:

$$I = I_c + m \cdot d^2 \quad (5)$$

Donde:

$I$  = Inercia individual

$I_c$  = Inercia del cilindro alrededor de su eje central

$m$  = masa del sólido

$d$  = distancia al eje de rotación

Se procede a realizar el calculo individual de inercia de cada componente:

- Inercia individual de cada E6 (Tapa de cuchillas, r=0.025m)

$$\text{Masa} = 0,00049395 \text{ m}^3 \cdot 2705 \text{ kg/m}^3 = 0,133 \text{ kg}$$

$$\text{Inercia} = \frac{1}{2} \cdot 0,133 \text{ kg} \cdot (0,025 \text{ m})^2 = 0,0000415 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,097)} = 0,0000415 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0,133 \text{ kg} \cdot (0,097 \text{ m})^2 = 0,00129 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,092)} = 0,0000415 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0,133 \text{ kg} \cdot (0,092 \text{ m})^2 = 0,00116 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,265)} = 0,0000415 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0,133 \text{ kg} \cdot (0,265 \text{ m})^2 = 0,00938 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,218)} = 0,0000415 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0,133 \text{ kg} \cdot (0,218 \text{ m})^2 = 0,00636 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia Total} = 0,018 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

- Inercia individual de cada E1 (Polea dentada, r=0.025m)

$$\text{Masa} = 0,000004097 \text{ m}^3 \cdot 8000 \text{ kg/m}^3 = 0,032776 \text{ kg}$$

$$\text{Inercia} = \frac{1}{2} \cdot 0,032776 \text{ kg} \cdot (0,025 \text{ m})^2 = 0,00409 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,097)} = 0,00409 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0,032776 \text{ kg} \cdot (0,097 \text{ m})^2 = 0,00717 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,092)} = 0,00409 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0,032776 \text{ kg} \cdot (0,092 \text{ m})^2 = 0,00686 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,265)} = 0,00409 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0,032776 \text{ kg} \cdot (0,265 \text{ m})^2 = 0,027 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,218)} = 0,00409 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0,032776 \text{ kg} \cdot (0,218 \text{ m})^2 = 0,019 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia Total} = 0,0057 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

- Inercia individual de cada E9 (Cuerpo del tensor r=0.016m)

$$\text{Masa} = 0,00006419 \text{ m}^3 \cdot 2705 \text{ kg/m}^3 = 0,173 \text{ kg}$$

$$\text{Inercia} = \frac{1}{2} \cdot 0,173 \text{ kg} \times (0,016 \text{ m})^2 = 0,0000221 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,12)} = 0,0000221 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0,173 \text{ kg} \cdot (0,12 \text{ m})^2 = 0,00251 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,225)} = 0,0000221 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0,173 \text{ kg} \cdot (0,225 \text{ m})^2 = 0,011 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,250)} = 0,0000221 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0,173 \text{ kg} \cdot (0,250 \text{ m})^2 = 0,010 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,155)} = 0,0000221 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0,173 \text{ kg} \cdot (0,155 \text{ m})^2 = 0,00417 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,173)} = 0,0000221 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0,173 \text{ kg} \cdot (0,173 \text{ m})^2 = 0,00519 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia Total} = 0,0328 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

- Inercia individual de cada E2 (Polea de transmisión)

$$\text{Masa} = 0,001186 \text{ m}^3 \cdot 8000 \text{ kg/m}^3 = 9,48 \text{ kg}$$

$$\text{Inercia Total} = 0 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

- Inercia individual de cada E3 (Polea de apoyo r=0.0175)

$$\text{Masa} = 0,00001489 \text{ m}^3 \cdot 8000 \text{ kg/m}^3 = 0,11912 \text{ kg}$$

$$\text{Inercia} = \frac{1}{2} \times 0,11912 \text{ kg} \cdot (0,0175 \text{ m})^2 = 0,0000182 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,082)} = 0,0000182 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0,11912 \text{ kg} \cdot (0,082 \text{ m})^2 = 0,000819 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

- Inercia individual de cada E8 (Eje de polea)

$$\text{Masa} = 0,00003719 \text{ m}^3 \cdot 2705 \text{ kg/m}^3 = 0,010 \text{ kg}$$

$$\text{Inercia (d=0,097)} = \frac{1}{12} \cdot 0,010 \text{ kg} \cdot (0,097 \text{ m})^2 = 0,00008083 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,092)} = \frac{1}{12} \cdot 0,010 \text{ kg} \cdot (0,092 \text{ m})^2 = 0,000076 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,265)} = \frac{1}{12} \cdot 0,010 \text{ kg} \cdot (0,265 \text{ m})^2 = 0,00022 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,218)} = \frac{1}{12} \cdot 0,010 \text{ kg} \cdot (0,218 \text{ m})^2 = 0,00219 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia Total} = 0,003786 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

- Inercia individual de cada E10 (Eje de tensor)

$$\text{Masa} = 0,0003213 \text{ m}^3 \cdot 2705 \text{ kg/m}^3 = 0,8691 \text{ kg}$$

$$\text{Inercia (d=0,12)} = \frac{1}{12} \cdot 0,8691 \text{ kg} \cdot (0,12 \text{ m})^2 = 0,00104 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,225)} = \frac{1}{12} \cdot 0,8691 \text{ kg} \cdot (0,225 \text{ m})^2 = 0,00366 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,250)} = \frac{1}{12} \cdot 0,8691 \text{ kg} \cdot (0,250 \text{ m})^2 = 0,00452 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,155)} = \frac{1}{12} \cdot 0,8691 \text{ kg} \cdot (0,155 \text{ m})^2 = 0,00174 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,173)} = \frac{1}{12} \cdot 0,8691 \text{ kg} \cdot (0,173 \text{ m})^2 = 0,0000216 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia Total} = 0,00982 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

- Inercia individual de cada cuchilla

$$\text{Masa} = 0,008195 \text{ m}^3 \cdot 8000 \text{ kg/m}^3 = 6,55 \text{ kg}$$

$$\text{Inercia (d=0,097)} = \frac{1}{12} \cdot 0,655 \text{ kg} \cdot (0,097 \text{ m})^2 = 0,000513 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,092)} = \frac{1}{12} \cdot 0,655 \text{ kg} \cdot (0,092 \text{ m})^2 = 0,0461 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,265)} = \frac{1}{12} \cdot 0,655 \text{ kg} \cdot (0,265 \text{ m})^2 = 0,383 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,218)} = \frac{1}{12} \cdot 0,655 \text{ kg} \cdot (0,218 \text{ m})^2 = 0,260 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia Total} = 0,00740 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Suma de inercias individuales para conocer su inercia total:

$$0,00740 + 0,00982 + 0,003786 + 0,000819 + 0,0328 + 0,0057 + 0,018 = 0,078 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Para conocer su potencia se determina mediante la formula:

$$W = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 \quad (6)$$

Donde:

I= Inercia total [kg/m<sup>2</sup>]

w= velocidad angular [rad/s]

Reemplazamos y se obtiene:

$$W = \frac{1}{2} \cdot 0,078 \cdot 157,07^2 = 962,2W$$

Para conocer su equivalente en caballos de fuerza (HP):

$$W = \frac{962,2}{747,7} \approx 1,28HP$$

Se determino usar un motor de **1,5 HP** para satisfacer el factor de seguridad ante posibles variaciones en la producción o sobrecargas mecánicas del diseño.

#### **6.4.2. Elección de la correa dentada**

Para la correcta elección de la correa dentada que llevará el mecanismo de corte de fajilla, se debe realizar cálculos relacionando la potencia del motor conductor usado (**Anexo D**), pero a este factor de potencia se le deberá agregar un coeficiente corrector ya que para su diseño se toma valores ideales pero se debe prever factores como: corrientes parásitas, cargas indeseadas, sobrecalentamiento del motor, entre otros factores, de esta manera la potencia corregida ( $P_c$ ) se determina mediante la formula que se presenta a continuación.

$$P_c = P \cdot k \tag{7}$$

Donde:

$P_c$  = Potencia corregida [kW].

$P$  = Potencia transmitida por el motor conductor [kW].

$K$  = Factor de corrección de la potencia [Adimensional].

El factor  $K$  se debe tomar según su aplicación, y guiándose del manual del fabricante INTERMEC (2019) (**Anexo I**), se toma el valor de **K=1,8**

La sección mas acertada para el mecanismo de correas tensoras es la sección de **Transportadores** ya que es una carga ligera que no demanda demasiada fuerza, entonces el factor  $K = 1,8$  seguidamente se reemplaza en la formula 7 y se obtiene:

$$P_c = 1,07 \cdot 1,8 = 1,92[KW]$$

Luego de obtener la potencia corregida ( $P_c$ ), debemos seguir el procedimiento de calculo y selección determinada por el fabricante y según la geometría utilizada en el diseño de la fajilladora, los pasos para su diseño son los siguientes.

- **Determinar HP y tipo de unidad motriz**

El HP del motor se lo puede calcular con la siguiente formula:

$$HP = \frac{Par[N] \cdot Velocidad[RPM]}{5252} \quad (8)$$

Reemplazando estos valores se obtiene:

$$HP = \frac{2,6[N \cdot m] \cdot 3000[RPM]}{5252} \approx 1,5HP$$

Tipo de unidad motriz = Servomotor

- **RPM de la unidad motriz**

RPM de la unidad motriz según el **(ANEXO D)** =3000 RPM.

- **RPM requerido de la unidad a impulsar**

El fabricante de las fajillas termoencogibles recomienda que la velocidad de corte de la fajilla de al menos 1500 RPM para que sea lo mas uniforme posible.

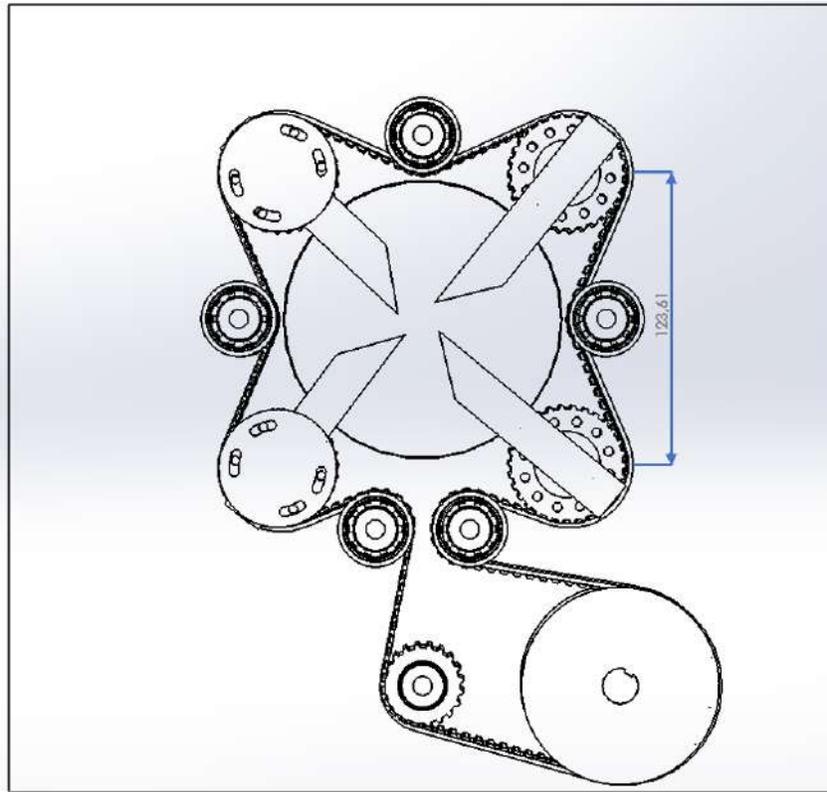
- **Diámetros del eje**

El sistema de cuchillas cuenta con 4 poleas dentadas y 5 poleas tensoras, para simplificar este sistema se debe tomar la relación de dos polea dentadas con su polea tensora respectiva, esta simplificación se la puede realizar porque todas se encuentran equidistantes entre si ya que están ubicadas alrededor de una circunferencia, entonces se toma el diámetro del eje de la polea dentada. Esta distancia se presenta a continuación en la Figura 45 del diseño del sistema de cuchillas.

- **Distancia entre los ejes**

**Figura 45**

*Distancia entre ejes.*



**Nota:** En la figura se observa la distancia entre ejes del sistema de cuchillas.

Se observa que la distancia es de aproximadamente de 124cm.

- **Tipo de equipo a impulsar**

El tipo de equipo a impulsar es un sistema de cuchillas de corte de fajilla.

- **Elección del paso de diente.**

El siguiente paso en la selección de la pulea es determinar el paso de la correa recomendada, los dos factores para localizar dicha correa en la tabla son: RPM del motor con su respectivo HP , es decir debemos localizar 1500 RPM con 1,5HP entonces localizamos en el **anexo J** el cruce de estos valores.

Luego de localizar el paso de la correa , que corresponde a un paso de 4 mm (se recomienda tomar el superior por cuestiones de factor de seguridad), entonces se toma el paso de 5mm. Posteriormente se procede a realizar el calculo de la relación de velocidad, esto corresponde al cociente entre los RPM del motor principal y los RPM requeridos, es decir:

$$R = \frac{RPM_1}{RPM_2} \quad (9)$$

Reemplazando se obtiene la siguiente relación:

$$R = \frac{3000}{1500} = 2$$

Es decir que por cada vuelta del motor principal la polea dentada girará dos vueltas, es una relación 1:2.

- **Elección del largo de la correa.**

Como penúltimo paso se debe localizar el valor del paso de correa (5mm) y la relación obtenida (2), en la tabla de elección para transmisiones síncronas estándar del fabricante INTERMEC (2019) (**Anexo K**) de esta manera se obtiene la correa recomendada. Se observa que para una relación de 2 y una distancia de 128,5mm (la mas aproximada al diseño que es 124mm), la correa debe ser de denominación 565.

- **Elección del ancho de correa.**

Finalmente se debe escoger el ancho de la correa según los RPM requeridos y los HP del motor principal, para este fin se usa la tabla de selección del ancho de la correa del fabricante (**Anexo L**), de esta forma se observa que para una velocidad aproximada de 1500 RPM y un número de dientes de 38 la potencia máxima que soportará la correa es de 3.2HP, esto entra en los requerimientos ya que el motor provee como máximo 1,5HP , en base a esto el ancho de correa es de 25mm.

Con todos estos datos podremos ir al catalogo del fabricante y localizar los datos obtenidos que son:

- CÓDIGO DE CORREA: 565
- CÓDIGO DE PASO: 5M (5mm)

- ANCHO DE CORREA: 25mm

Usando la tabla de correas dentadas sincrónicas del (**Anexo M**) y los datos obtenidos anteriormente resulta en:

- Nro. de dientes: 113
- Longitud (mm):565
- Pulg: 22,24

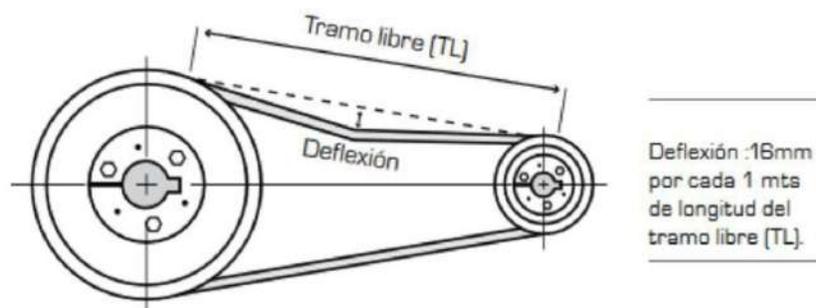
Debido a que el análisis se lo hizo de un solo subconjunto de poleas, la longitud corresponde solo para la transmisión entre dos poleas, esta longitud será mayor ya que debemos acoplar mas poleas dentadas, evidentemente se verá aumentada los RPM de salida, el mínimo para un corte de fajilla limpio es de 1500 RPM , si este aumenta el corte se vera beneficiado.

### 6.4.3. Tensión y longitud de la correa

El calculo de la deflexión es importante en el sistema de transmisión ya que si no lo tomamos en o la deflexión es poca puede ocasionar una transmisión de potencia ineficiente o daños en las correas, para el calculo de esta se puede realizar con la siguiente relación mostrada en la Figura 46.

**Figura 46**

*Calculo de la deflexión necesaria.*



**Nota:** En la figura se observa la relación que tiene la deflexión dependiente del largo del tramo(INGENIUS, 2020).

- Calculo de longitud de correa dentada

La longitud de la correa dentada se la puede calcular según la siguiente ecuación:

$$L = 2C + 1,57(D + d) + \frac{(D + d)^2}{4C} \quad (10)$$

Donde:

L=Longitud de la correa [mm].

D= diámetro mayor de la polea dentada [mm].

d=diámetro menor de la polea dentada [mm].

C=Distancia entre centros [mm].

Reemplazamos valores:

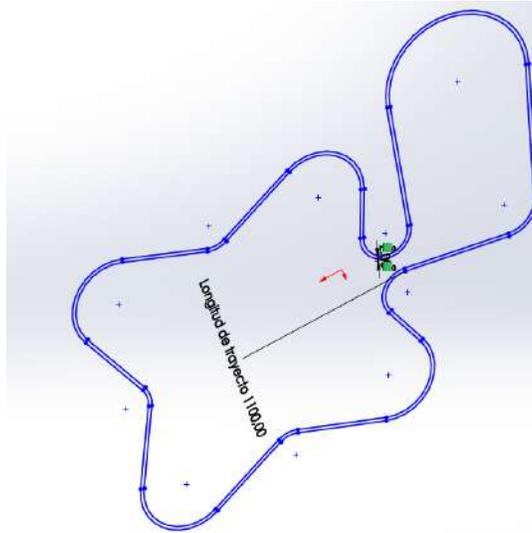
$$L = 2(456) + 1,57(80mm + 35mm) + \frac{(80mm + 35mm)^2}{4(456)}$$

$$L = 1100mm$$

Tomando en cuenta la longitud final del sistema de cuchillas presentado a continuación en la Figura 47 y 48.

### Figura 47

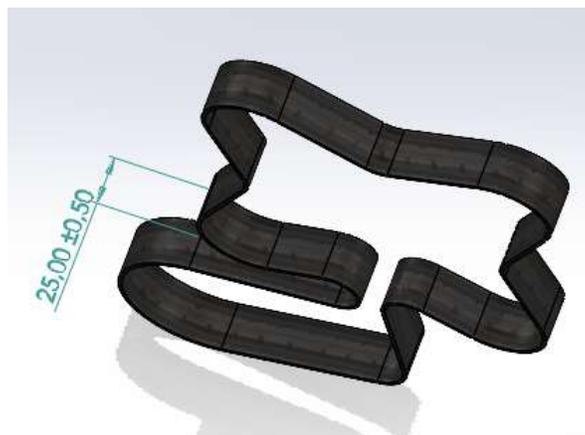
*Longitud total de la correa dentada.*



**Nota:** En la figura se observa el diseño de la longitud final de la correa dentada, considerando las longitudes de las 4 relaciones entre poleas restantes.

### Figura 48

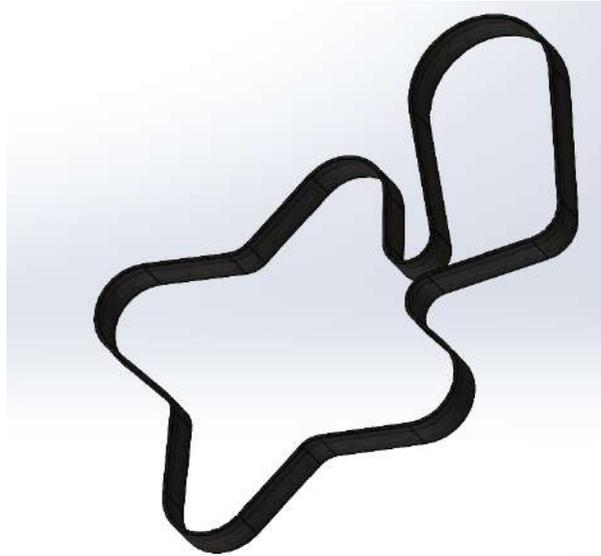
*Ancho de la correa dentada según lo calculado.*



**Nota:** En la figura se observa el diseño del ancho según lo calculado anteriormente.

## Figura 49

*Diseño final de la correa dentada.*



**Nota:** En la figura se observa el diseño de la correa dentada, considerando las longitudes de las 4 relaciones entre poleas restantes .

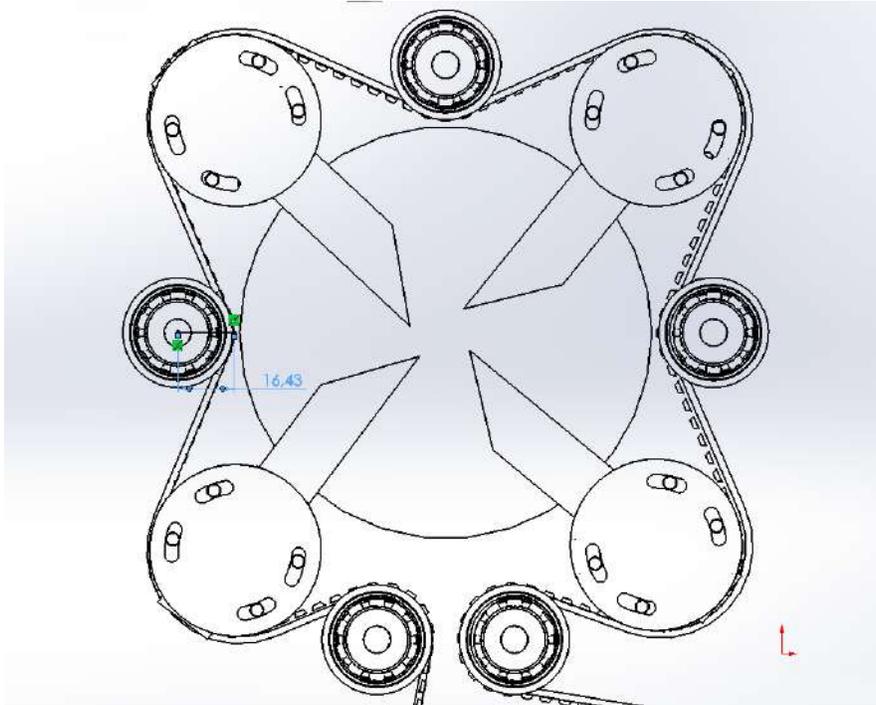
Finalmente se hace la relación para calcular la deflexión total con la siguiente relación: 16mm por cada metro de longitud, entonces:

$$D = 16mm \cdot 1,10m = 17,5mm$$

A continuación en el diseño se busco un rodamiento que tenga el radio mas cercano al calculado para cumplir con la deflexión calculada,el rodamiento mas cercano fue el 6902 Z que cumple para dar la tensión necesaria al sistema,esta acción se al puede apreciar en la Figura 50.

**Figura 50**

*Deflexión aproximada a la calculada.*

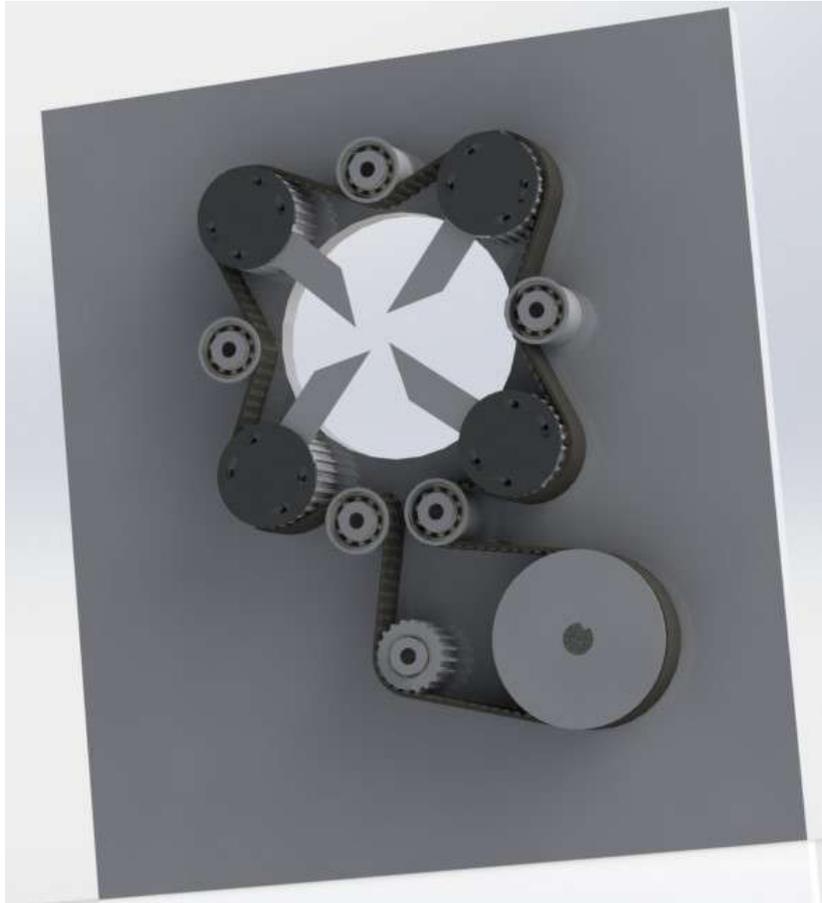


**Nota:** En la figura se observa el radio del rodamiento 6902 Z que cumple con la deflexión aproximada al calculo.

A continuación en la Figura 51 se presenta el diseño final del mecanismo de corte con cuchillas.

## Figura 51

*Mecanismo final de corte.*



**Nota:** En la figura se observa el mecanismo final de cuchillas realizado en SolidWorks.

### 6.5. Diseño mecánico de la estructura

El diseño estructural para una máquina fajilladora en acero inoxidable destinada a la industria alimentaria debe priorizar la selección adecuada del grado de acero, como el 304 , debido a su resistencia a la corrosión. La estructura debe ser de diseño sanitario, evitando áreas de acumulación de residuos y asegurando soldaduras de alta calidad. Además, se requiere una superficie de trabajo plana y de fácil limpieza, cumplimiento con regulaciones alimentarias, facilidad de mantenimiento, análisis de carga para garantizar resistencia, cumplimiento con estándares de calidad y pruebas exhaustivas antes del funcionamiento, para asegurar la

seguridad y la higiene en la producción de alimentos. A continuación en la Figura 52 se muestra el diseño de la misma tomando en consideración de las dimensiones límite definidas en los requisitos del proyecto.

**Figura 52**

*Propuesta de diseño de la estructura de la máquina fajilladora.*



**Nota:** En la figura se observa la estructura realizada en SolidWorks con acero inoxidable 304.

Para el diseño de la estructura se tomo en cuenta el material previamente definido, la altura depende de la localización de la banda transportadora presente en la empresa, ya que por esta banda es donde las latas de cerveza serán fajilladas, además se tomo la altura promedio de 1.60m para que su manipulación no se un conflicto a la hora de utilizar la fajilladora, el acero inoxidable 304 aparte de sus propiedades ya descritas en este trabajo, es un material de

fácil soldadura lo que facilitaría la posterior construcción de la misma.

Es crítico analizar esta estructura, ya que debe ser capaz de soportar la carga generada por todos los subconjuntos de la máquina fajilladora, la masa estimada de la máquina fajilladora ya definido sus materiales es de 35Kg, lo que representaría la siguiente relación:

$$D = 45Kg \cdot 9,81m/s^2 = 441N$$

Pra su análisis se uso un análisis por elementos finitos ya que es fundamental en el diseño de estructuras, ya que permite prever tensiones, deformaciones y otros comportamientos críticos, lo que facilita la optimización del diseño y la toma de decisiones informadas. Se aplica en una amplia gama de industrias, desde la aeroespacial hasta la ingeniería civil, y desempeña un papel esencial en la simulación y validación de diseños antes de su construcción física, ahorrando tiempo y recursos, se realizó en análisis con los siguientes datos mostrados en la Tabla 20.

#### **Tabla 20**

*Parámetros de la simulación por elementos finitos.*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Convergencia de mallado	83,8%
Tamaño de los elementos	2,5mm
Fuerza aplicada	500N
Tipo de estructura	Perfil cuadrado 40x40x4 ISO
Material	Acero Inox. 304

**Nota:** En la tabla se observa los parámetros para la simulación estática por elementos finitos en SolidWorks.

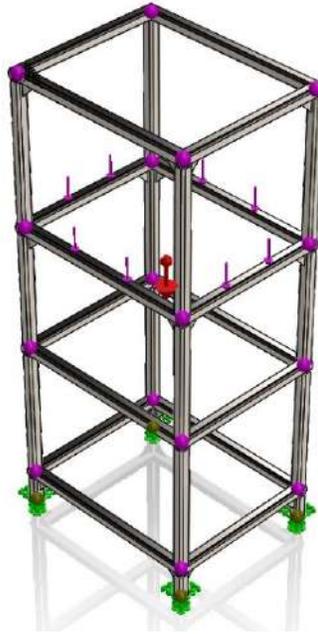
#### **6.5.1. Deformación máxima de la estructura**

La deformación máxima en una estructura analizada mediante elementos finitos representa el punto donde se produce la mayor magnitud de deformación o distorsión en la estructura bajo las cargas y condiciones de carga específicas. Esta información es esencial para evaluar la integridad estructural y garantizar que la deformación no supere los límites permisibles, lo que podría comprometer la funcionalidad y la seguridad de la estructura. A continuación en

la Figura 53 se presenta los puntos de apoyo (fijos) y el vector fuerza aplicado a lo largo del perfil cuadrado.

### Figura 53

*Puntos fijos de la estructura y vector fuerza aplicado.*

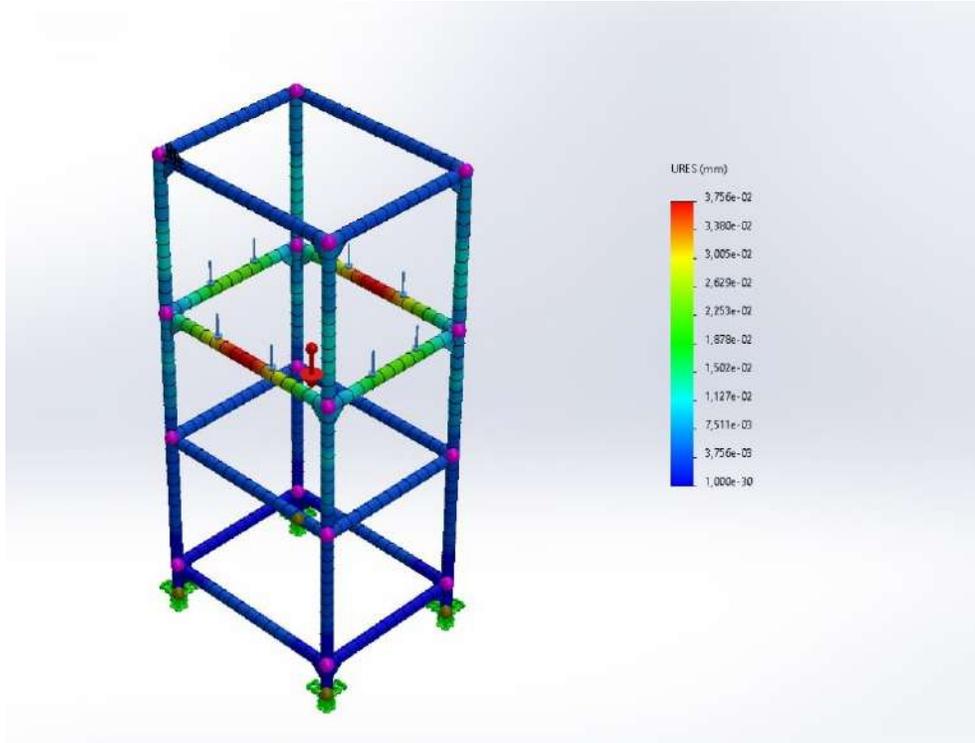


**Nota:** En la figura se observa los puntos fijos (color verde) aplicados en la base de la estructura y la carga distribuida de 500N (color rojo) aplicado a lo largo del perfil cuadrado de acero inoxidable 304.

En la Figura 54 presentada a continuación se observa la deformación máxima de la estructura correspondiente al valor de: 0,037mm, estando dentro de los parámetros aceptables de operación ya que hemos sobredimensionado la carga a 500N para el factor de seguridad, ya que la carga real es de 441N.

## Figura 54

*Deformación máxima de la estructura .*



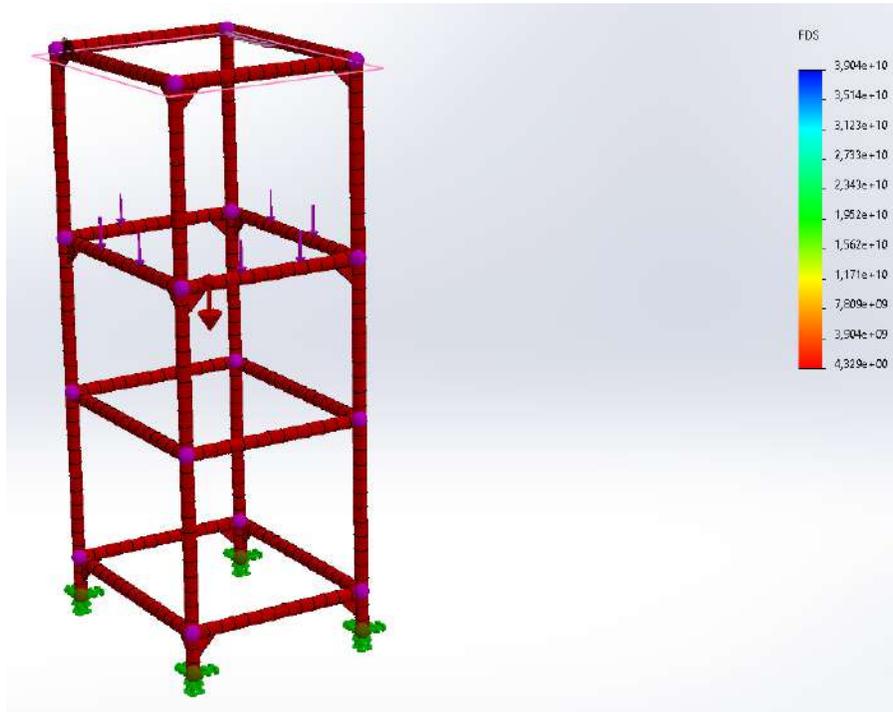
**Nota:** En la figura se observa la deformación máxima de la estructura realizada en SolidWorks con Acero inoxidable 304.

A continuación en la Figura 55 se presenta el factor de seguridad de la estructura, al ser una estructura sólida y soldada es evidente que presentará un factor de seguridad elevado ya que únicamente soportará la carga del peso de la fajilladora que no muestra ninguna carga representativa.

### 6.5.2. Factor de seguridad de la estructura

**Figura 55**

*Factor de seguridad de la estructura de la fajilladora.*



**Nota:** En la figura se observa el factor de seguridad de la estructura de la máquina fajilladora.

Se obtuvo un factor de seguridad de 4, este es un factor de seguridad elevado, pero sigue estando dentro de los términos de diseño óptimo y garantiza su correcta funcionalidad sin sacrificar costos elevados o un peso excesivo.

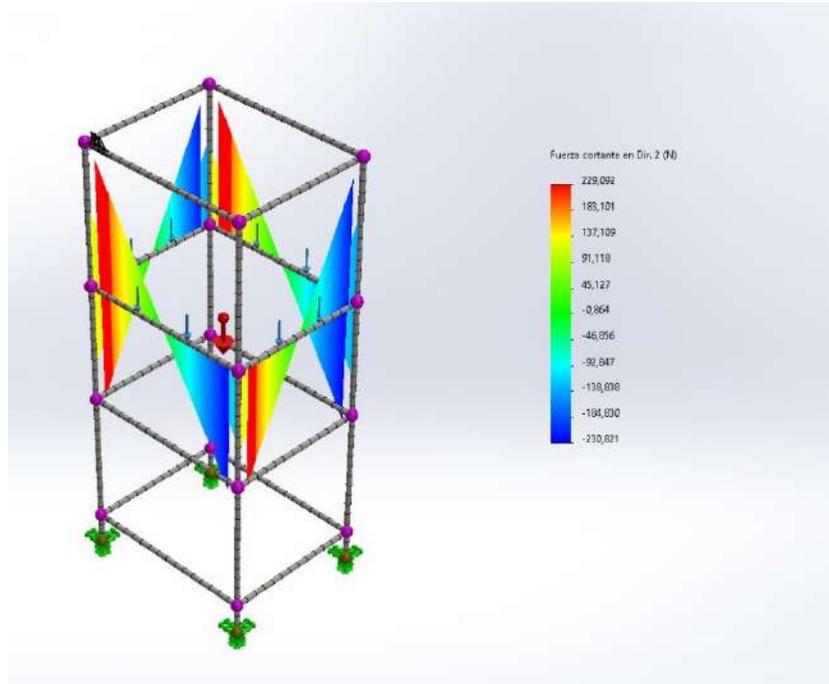
### 6.5.3. Diagramas de momentos cortantes de la estructura

El diagrama de fuerzas cortantes, es una representación gráfica que muestra las magnitudes de las fuerzas cortantes (fuerzas perpendiculares a la dirección de una estructura) a lo largo de una estructura. Sirve para proporcionar información crucial sobre cómo varían las fuerzas cortantes en una estructura, identificar los puntos críticos donde estas fuerzas son máximas y mínimas, y ayudar en el diseño y análisis de elementos estructurales como vigas y columnas, en el diseño de la máquina fajilladora se ha generado el diagrama a lo largo de las vigas donde

la carga interactúa, y se obtuvo la Figura 56 que muestra los diagramas en donde se ubicaron los mayores momentos cortantes.

### Figura 56

*Diagramas de momento cortante.*



**Nota:** En la figura se observa las diferentes magnitudes de los momentos cortantes a lo largo de los perfiles que soportan la carga de la fajilladora.

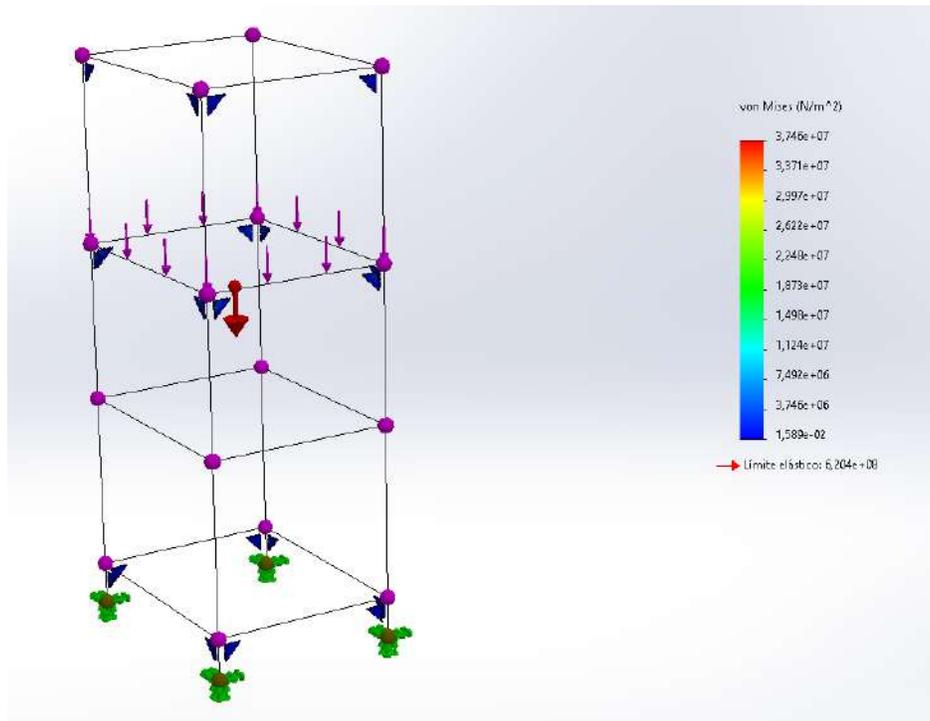
El momento cortante máximo en la estructura alcanza un valor de 230 N, el cual se considera muy pequeño y no representa ningún riesgo significativo para la integridad estructural. Esta magnitud relativamente baja sugiere que la estructura tiene una capacidad de sobra para resistir estas cargas sin comprometer su seguridad. Además, es importante destacar que estas cargas tienden a concentrarse principalmente en los bordes de la estructura, lo que significa que las áreas más críticas en términos de tensiones y deformaciones se encuentran en estas zonas.

#### 6.5.4. Tensión de la estructura bajo el criterio de Von Mises

La tensión de von Mises es un concepto fundamental en el análisis de resistencia de materiales, se utiliza para evaluar la seguridad de una estructura o componente sometido a cargas complejas. En el diseño de una máquina fajilladora, la importancia de la tensión de von Mises radica en su capacidad para combinar y resumir las tensiones principales en diferentes direcciones en un solo valor escalar. Esto es crítico porque las máquinas fajilladoras pueden estar sujetas a cargas variables, lo que hace que sea esencial evaluar la resistencia de manera integral. Al calcular la tensión de von Mises, se puede determinar si la estructura de la máquina es capaz de soportar las tensiones máximas sin exceder los límites de seguridad del material. Esto es esencial para garantizar la durabilidad y la confiabilidad de la máquina fajilladora, evitando posibles fallas que podrían ser costosas o peligrosas, esta acción se la puede observar a continuación en la Figura 57.

**Figura 57**

*Análisis estático bajo el criterio de Von Mises.*



**Nota:** En la figura se observa el límite elástico de la estructura y se compara con el límite elástico máximo según el material.

El límite elástico de tu material (Acero inoxidable 304) es de  $6.204E+8$ [N/m<sup>2</sup>], mientras que el máximo valor de tensión de von Mises calculado es de  $3.746E+7$ [N/m<sup>2</sup>], esta diferencia considerable entre el límite elástico del material y la tensión de von Mises máxima significa que la estructura opera a una fracción muy pequeña de su capacidad máxima, lo que garantiza un amplio margen de seguridad. En otras palabras, la estructura está diseñada para resistir cargas significativamente mayores antes de alcanzar su límite elástico, lo que es esencial para la durabilidad y la fiabilidad en aplicaciones industriales, como en esta máquina fajilladora. Este margen de seguridad adicional proporciona tranquilidad en cuanto a la resistencia del material y la integridad estructural de la máquina, lo que reduce el riesgo de fallas inesperadas y contribuye a un rendimiento seguro y consistente.

## **6.6. Diseño mecánico de los rodillos de disparo**

Los rodillos encargados de disparar las fajillas en la máquina fajilladora son componentes importantes para la operación eficiente del proceso. Cada rodillo está equipado con su propio motor, que se controla de manera precisa mediante un Controlador Lógico Programable (PLC). El PLC regula la velocidad y el tiempo de rotación de cada motor de rodillo, permitiendo un disparo controlado y preciso de las fajillas hacia las latas de cerveza. Este control meticuloso asegura que las fajillas se coloquen de manera uniforme, lo que es esencial en la producción industrial para garantizar la calidad y consistencia del fajillado.

### **6.6.1. Dimensionamiento de los servomotores**

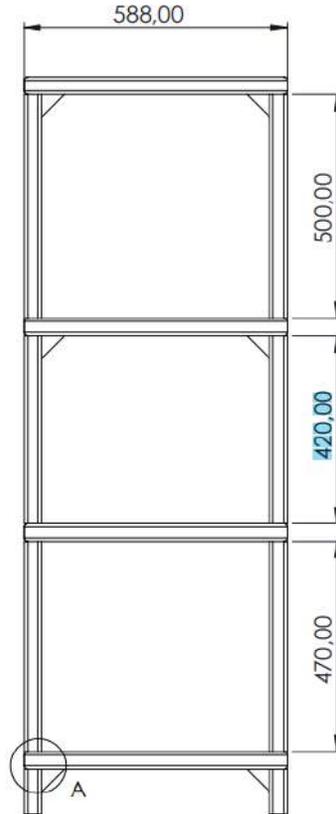
La correcta determinación de las RPM (Revoluciones Por Minuto) de los rodillos disparadores de la máquina fajilladora es de vital importancia en el diseño y funcionamiento de este equipo industrial. La velocidad de los rodillos debe ser dimensionada respecto a la distancia que se encuentra los rodillos de las latas, factores como la producción deseada y el diámetro de los rodillos. Un cálculo preciso de las RPM garantiza un equilibrio óptimo entre eficiencia de producción y seguridad operativa. Un valor inadecuado de RPM podría resultar en una producción insuficiente, atascos de material, desgaste prematuro de los componentes o incluso riesgos de seguridad.

#### **■ Consideraciones**

Se considera que la producción es de 3 latas fajilladas por segundo (180 latas por minuto) acorde a la producción de cervecera "La Paz", es decir que la fajilla debe recorrer 0,42 metros cada  $0,3$  segundos, dicha distancia se muestra a continuación en la Figura 58.

### Figura 58

*Distancia desde los rodillos disparadores de fajilla hasta la banda transportadora.*



**Nota:** En la figura se observa las diferentes distancias de la estructura de la máquina fajilladora (Ver ANEXO B).

$$V = \frac{e}{t} \quad (11)$$

Donde:

e= Espacio recorrido [m]

t= Tiempo [s]

Reemplazando en la relación 9, se obtiene:

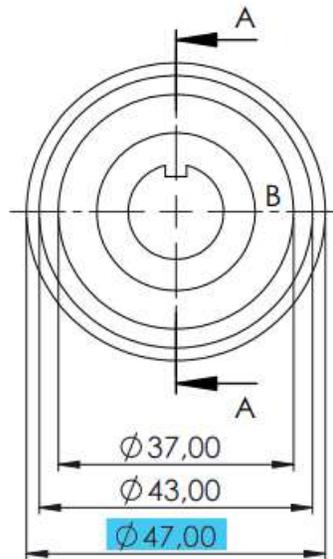
$$V = \frac{0,42}{0,3}$$

$$V \approx 1,26[m/s]$$

A continuación se toma el diámetro de los rodillos de disparo de fajilla para posteriormente calcular su velocidad angular, dicho diámetro se muestra a continuación en la Figura 59.

**Figura 59**

*[Diámetro de los rodillos disparadores de fajilla.]*



**Nota:** En la figura se presenta el diámetro de contacto del rodillo disparador de fajilla (Ver ANEXO B).

Se aprecia que el diámetro es de 0,047 metros, es decir que contamos con 0,024 metros de radio, con los datos anteriores se procede a determinar su velocidad angular.

$$\omega = \frac{v}{r} \tag{12}$$

Donde:

$\omega$  = Velocidad angular [rad/s]

$v$  = velocidad lineal [m/s]

$r$  = radio [m]

Reemplazando la anterior ecuación se obtiene:

$$\omega = \frac{1,26}{0,024}$$

Que resulta en lo siguiente:

$$\omega \approx 52,5 \frac{rad}{s}$$

Se transforma a RPM (Revoluciones por minuto).

$$52,5RPM \cdot \frac{60s}{1min} \cdot \frac{1vuelta}{2\pi rad}$$

Finalmente se obtiene que las revoluciones necesarias deben ser de mínimo:

$$500RPM$$

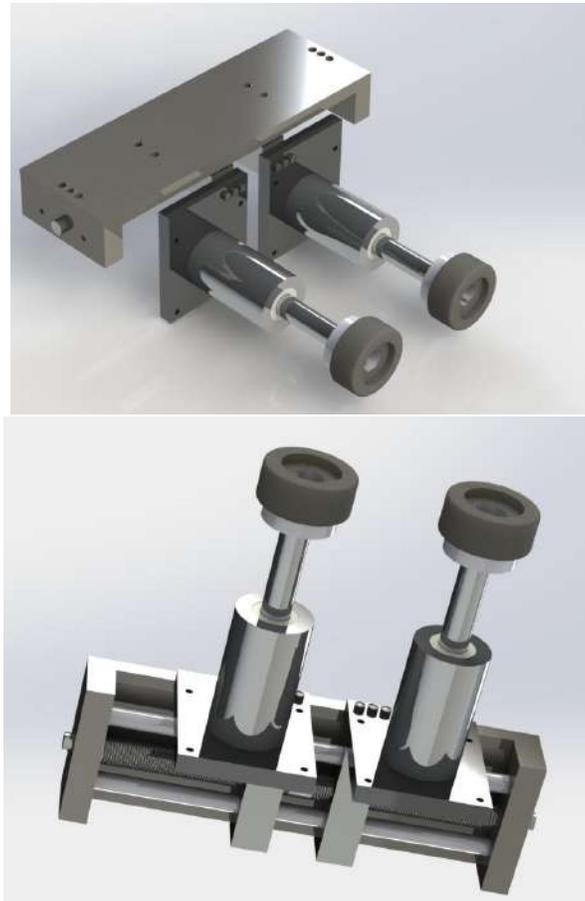
Considerando un factor de seguridad de 2 ya que al incrementar el factor de seguridad en el giro de los rodillos es esencial para garantizar una operación robusta en aplicaciones de fajillado industrial y producción variable. Esto proporciona un margen adicional para manejar cambios en la carga de producción, mejorando la fiabilidad de la máquina y reduciendo la posibilidad de fallos, por consiguiente se obtiene el siguiente producto.

$$500 \cdot 2 = 1000RPM$$

Los rodillos mostrados en la Figura 60 deben estar sincronizados con las cuchillas de corte y con el sensor de paso de lata para asegurar un fajillado óptimo, su capacidad de movimiento lo realiza a lo largo del eje Y , como se muestra en la tabla a continuación en la Tabla 21.

**Figura 60**

*Rodillos de disparo de fajilla.*



**Nota:** En la figura se observa el diseño de los rodillos disparadores de la fajilla hacia las latas de cerveza.

**Tabla 21**

*Capacidad de desplazamiento de los rodillos de disparo de fajilla.*

<b>Eje de movimiento</b>	<b>Valor</b>
Traslación horizontal (Eje Y)	Máximo de 516mm Mínimo de 58mm

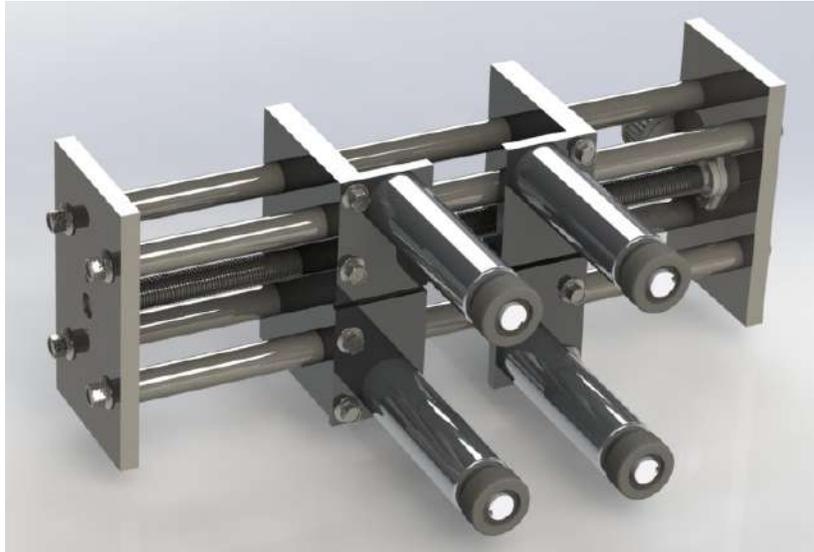
**Nota:** En la tabla se aprecia la capacidad máxima y mínima del desplazamiento horizontal de los rodillos principales.

### **6.7. Diseño mecánico de los rodillos principales**

Estos rodillos, diseñados con materiales resistentes a la oxidación y al desgaste, como lo es el acero inoxidable 304, son esenciales para garantizar una translación horizontal suave y precisa. Operando en conjunto con el mandril cilíndrico, los rodillos principales aplican una presión controlada sobre las mangas, asegurando un contacto uniforme durante el proceso de fajillado. Además, su diseño y ajuste permiten mantener la estabilidad dimensional de las mangas a lo largo de la máquina, lo que es crucial para lograr un producto final de alta calidad y una presentación estética óptima, a continuación se presenta en la Figura 61 el diseño final de los rodillos principales de la máquina fajilladora.

## Figura 61

*Rodillos principales de la máquina fajilladora.*



**Nota:** En la figura se observa los rodillos principales de la máquina fajilladora encargados del ajuste horizontal del mandril, realizado en SolidWorks.

El conjunto cuenta con dos ejes roscados, uno con filete derecho y otro con filete izquierdo, que como resultado de girar estos se desplacen en direcciones contrarias, el mecanismo que responde al tipo presentado es un tornillo sin fin, los rodillos de la parte superior son los encargados de apoyar la sujeción del mandril y los dos rodillos inferiores son los encargados de girar y arrastrar la manga termoencogible hacia el mecanismo de corte, el material de los rodillos es de elastómero SBR con propiedades mecánicas altas en cuanto a resistencia al desgaste, en este caso se usan para conseguir una correcta adherencia entre el rodillo y la fajilla termoencogible misma que se puede observar la capacidad máxima y mínima del desplazamiento en la Tabla 22.

**Tabla 22**

*Capacidad de desplazamiento horizontal de los rodillos de los rodillos principales.*

<b>Eje de movimiento</b>	<b>Valor</b>
Traslación horizontal (Eje X)	Máximo de 516mm Mínimo de 58mm

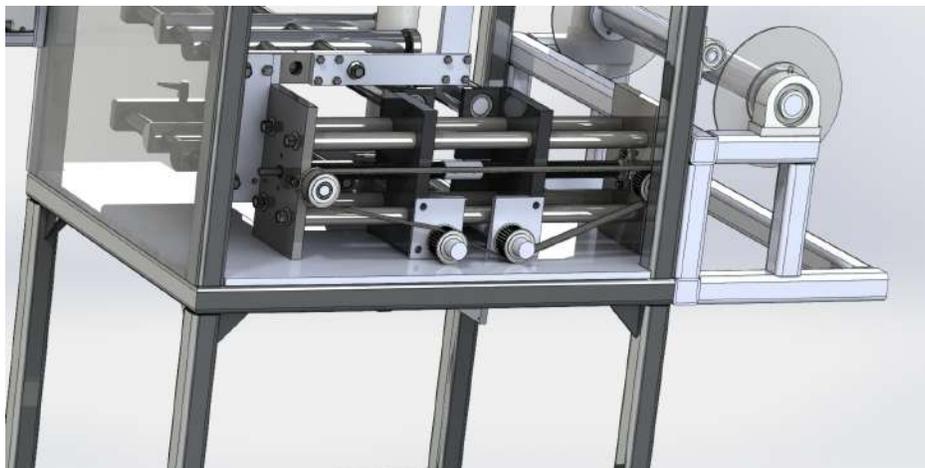
**Nota:** En la tabla se aprecia la capacidad máxima y mínima del desplazamiento horizontal de los rodillos principales.

### **6.7.1. Sistema de transmisión de movimiento**

El par de rodillos inferiores son los encargados de girar y dar el arrastre a la fajilla termoencogible, para esto es necesario el uso de un servomotor (**Ver anexo E**), para la reducción de costos en el diseño se optó por generar un sistema de transmisión de movimiento mediante poleas dentadas y correa de sincronización, los cuales deben ser alternadas para que los rodillos giren en direcciones contrarias y lograr un correcto arrastre de fajilla, a continuación en la Figura 62 se muestra el mencionado mecanismo.

**Figura 62**

*Mecanismo de transmisión de giro para rodillos de arrastre.*

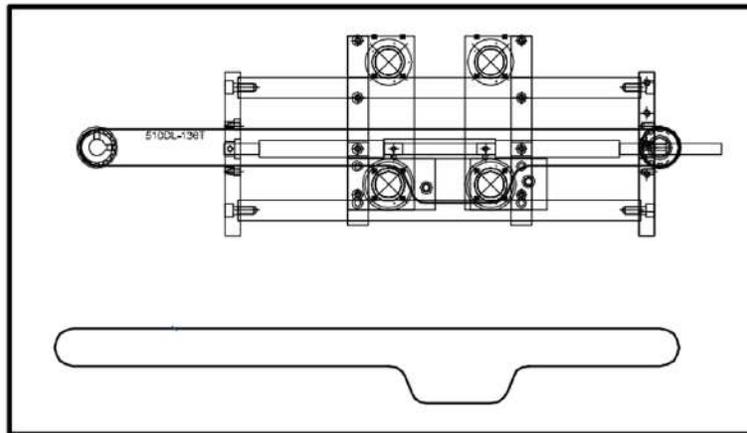


**Nota:** En la figura se observa los el mecanismo de transmisión de poleas dentadas para los rodillos de arrastre de fajilla.

El tipo de polea es el mismo usado en el mecanismo de corte es decir se trata de una polea 565-5M, y la geometría diseñada se logro gracias a ingeniería inversa del sistema ya estructurado del modelo LX-150 DE AFM, que se muestra a continuación en la Figura 63.

**Figura 63**

*Geometría de la correa dentada.*



**Nota:** En la figura se observa la geometría para la transmisión de movimiento de la correa dentada hacia los rodillos de arrastre, conforme a (AFM, 2020).

**6.7.2. Dimensionamiento del motor**

Los RPM necesarios deben ser los mismos calculados de los rodillos disparadores de fajilla, es decir:

$$1000RPM \approx 105rad/s$$

El sistema de polea dentada y correa de sincronización es impulsada por un solo motor que hará girar los rodillos de arrastre, para esto es necesario conocer los componentes que lo componen, sus distancias al eje de rotación y sus materiales, como lo podemos observar en la Tabla 23.

**Tabla 23**

*Componentes de los rodillos de arrastre con sus propiedades.*

<b>Pieza</b>	<b>Material</b>	<b>Volumen de la pieza [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Densidad del material [kg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Número de piezas</b>	<b>Distancia al eje [m]</b>
F19 - Rodillo de arrastre	Poliéster SBR	0,00003329	900	2	0,22 0,32
W26 - Cuerpo de rodillo	Aluminio 1060	0,000208118	2705	2	0,22 0,32
W13 - Eje de rodillo	Acero AISI 4140	0,00006419	7850	2	0,22 0,32
Polea dentada	Acero Inox. 304	0,000114	8000	2	0,22 0,32

**Nota:** En la tabla se muestra todas las piezas que componen el conjunto de rodillos de arrastre.

Con estos datos se realiza un procedimiento similar al calculo de inercias de las cuchillas de corte y se utilizará sus mismas ecuaciones 2 y 3, entonces:

- Inercia individual de cada F19 (Rodillo de arrastre)

$$\text{Masa} = 0,00003329 \text{ m}^3 \cdot 900 \text{ kg/m}^3 = 0,03 \text{ kg}$$

$$\text{Inercia (d=0,22)} = \frac{1}{12} \cdot 0,03 \text{ kg} \cdot (0,22 \text{ m})^2 = 0,00121 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia (d=0,32)} = \frac{1}{12} \cdot 0,03 \text{ kg} \cdot (0,32 \text{ m})^2 = 0,000076 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Inercia Total} = 0,00146 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

- Inercia individual de cada W26 (Cuerpo de rodillo)

$$\begin{aligned} \text{Masa} &= 0,0002081 \text{ m}^3 \cdot 2705 \text{ kg/m}^3 = 0,6 \text{ kg} \\ \text{Inercia (d=0,22)} &= \frac{1}{12} \cdot 0,6 \text{ kg} \cdot (0,22 \text{ m})^2 = 0,00242 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \\ \text{Inercia (d=0,32)} &= \frac{1}{12} \cdot 0,6 \text{ kg} \cdot (0,32 \text{ m})^2 = 0,00512 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \\ \text{Inercia Total} &= 0,00754 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \end{aligned}$$

- Inercia individual de cada W13 (Eje de rodillo)

$$\begin{aligned} \text{Masa} &= 0,00006419 \text{ m}^3 \cdot 7850 \text{ kg/m}^3 = 0,55 \text{ kg} \\ \text{Inercia (d=0,22)} &= \frac{1}{12} \cdot 0,55 \text{ kg} \cdot (0,22 \text{ m})^2 = 0,00221 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \\ \text{Inercia (d=0,32)} &= \frac{1}{12} \cdot 0,55 \text{ kg} \cdot (0,32 \text{ m})^2 = 0,0046 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \\ \text{Inercia Total} &= 0,0070 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \end{aligned}$$

- Inercia individual de cada W13 (Eje de rodillo)

$$\begin{aligned} \text{Masa} &= 0,000114 \text{ m}^3 \cdot 8000 \cdot \text{kg/m}^3 = 0,912 \text{ kg} \\ \text{Inercia (d=0,22)} &= \frac{1}{12} \cdot 0,912 \text{ kg} \cdot (0,22 \text{ m})^2 = 0,00367 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \\ \text{Inercia (d=0,32)} &= \frac{1}{12} \cdot 0,912 \text{ kg} \cdot (0,32 \text{ m})^2 = 0,0078 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \\ \text{Inercia Total} &= 0,012 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \end{aligned}$$

$$0,012 + 0,0070 + 0,00754 + 0,00146 = 0,028 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Para conocer su potencia se determina mediante la formula:

$$W = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2$$

Donde:

I= Inercia total [kg/m<sup>2</sup>]

w= velocidad angular [rad/s]

Reemplazamos y obtenemos:

$$W = \frac{1}{2} \cdot 0,027 \cdot 105^2 = 150W$$

Para conocer su equivalente en Caballos de fuerza (HP):

$$W = \frac{150}{747,7} \approx 0,3HP$$

Por el factor de seguridad se eligió un motor de **0,5 HP** para asegurar el correcto funcionamiento de los rodillos de arrastre y puedan cumplir ante posibles variaciones de producciones o sobrecargas en la producción.

### 6.7.3. Elección de la correa dentada

- **Elección del paso del diente**

Los dos factores que se encargan de la elección de la correa dentada son : RPM que son 1000 RPM y se requiere que se use un motor de 0,5HP, según la curva para la localización del fabricante INTERMEC (2019) ubicado en el (**Anexo I**), el paso de la correa corresponde a un paso de 4 mm (se recomienda tomar el superior), entonces se toma el **paso de 5mm**.

- **Elección del largo de la correa**

Posteriormente se debe seleccionar el largo de la correa dentada para esto se usa la relación de transmisión que es de 1:1 ya que el sistema se moverá a la velocidad que proporcione el motor, para esto se usa la tabla de selección para transmisiones síncronas estándar **Anexo K**, en el cual se observa que para una relación de transmisión de 1 y una distancia de 325mm (la mas aproximada al diseño que es 322mm), la correa debe ser de denominación de longitud de **890**.

- **Elección del ancho de la correa**

Finalmente se debe escoger el ancho de la correa según los RPM que brinda el motor principal, para esto se usa la tabla de elección del ancho de correa según su potencia del **Anexo L** y se obtiene que para una velocidad de 1000 RPM y un número de dientes de 32 la potencia máxima que soportará la correa es de 1,2HP, esto entra en los requerimientos ya que el motor provee como máximo 0,5HP , en base a esto el ancho de correa es de **15mm**.

Con todos estos datos podremos ir al catalogo del fabricante y localizar los datos obtenidos que son:

- LONGITUD DE CORREA: 890mm
- CÓDIGO DE PASO: 5M (5mm)
- ANCHO DE CORREA: 15mm

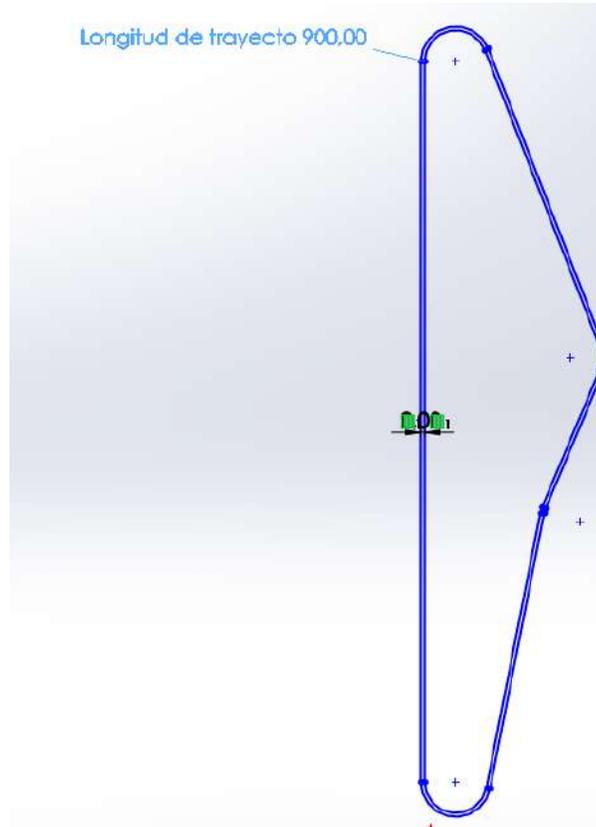
Finalmente usando la tabla de correas dentadas sincrónicas del (**Anexo M**) y los datos obtenidos anteriormente resulta en:

- Nro. de dientes: 178
- Longitud (mm):890
- Pulg: 35,04

A continuación en la Figura 64 se aprecia la longitud de la correa dentada, que es lo más aproximado a lo calculado.

## Figura 64

*Longitud de la correa dentada.*



**Nota:** En la figura se observa el diseño de la longitud de la correa dentada según lo calculado.

Finalmente en la Figura 65 se presenta el ancho de la correa dentada según lo calculado anteriormente.

## Figura 65

*Ancho de la correa dentada.*



**Nota:** En la figura se observa el diseño del ancho de la correa dentada según lo calculado.

### 6.8. Diseño mecánico del mandril

El mandril cilíndrico es el corazón de la máquina fajilladora ya que por esta pasan toda la manga de fajillas termoencogibles, esta cuenta con rodamientos de carga mixta que permiten tanto la sujeción como el deslizamiento de la fajilla, esta diseñada en Poliamida 6 mas conocida como grilón, esto porque su peso debe ser bajo para que los rodamientos no soporten cargas significativas y se encarguen de mantener la fajilla lo mas intacta posible, es decir sin que se presenten arrugas ni daños en la misma, en la parte superior del mandril cuenta con una paleta de apertura inicial de la fajilla, esta abre la fajilla en primera instancia y luego por la abre totalmente en su geometría cilíndrica, los rodillos de arrastre al hacer contacto con la misma la guían hacia el espacio vacío que es donde permite el corte al sistema de cuchillas , para que finalmente los rodillos de disparo posicionen la fajilla sobre la lata de cerveza, el diseño de la longitud se lo realizo tomando la longitud de una fajilla individual (155mm) y se

la multiplico por un valor de 4 para obtener la longitud final del mandril, a continuación en la Figura 66 se muestra la propuesta de diseño del mandril.

**Figura 66**

*Mandril de la fajilladora.*

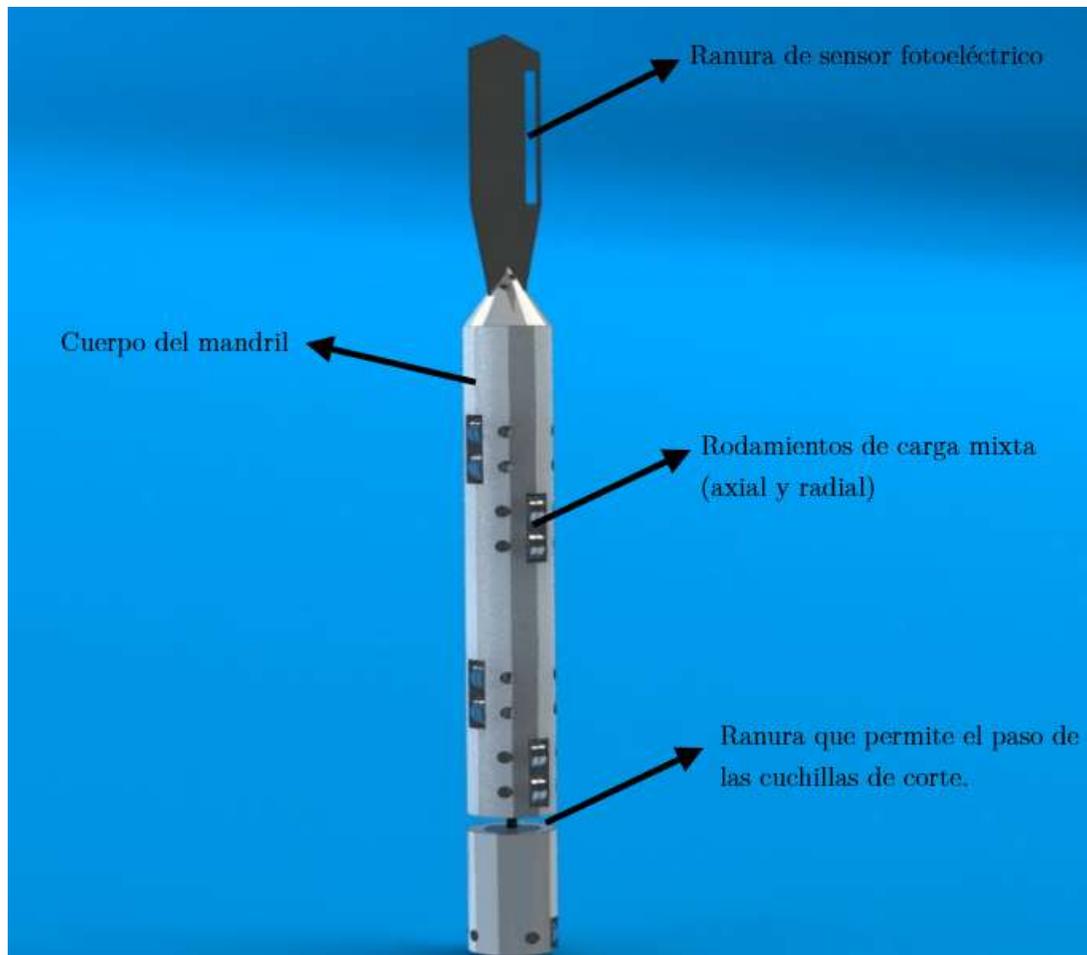


**Nota:** En la figura se muestra el mandril de la fajilladora, diseñado para fajillas de latas de cerveza de presentación 355ml.

A continuación en la Figura 67 se muestran las partes del mandril de la fajilladora.

## Figura 67

*Partes del mandril.*



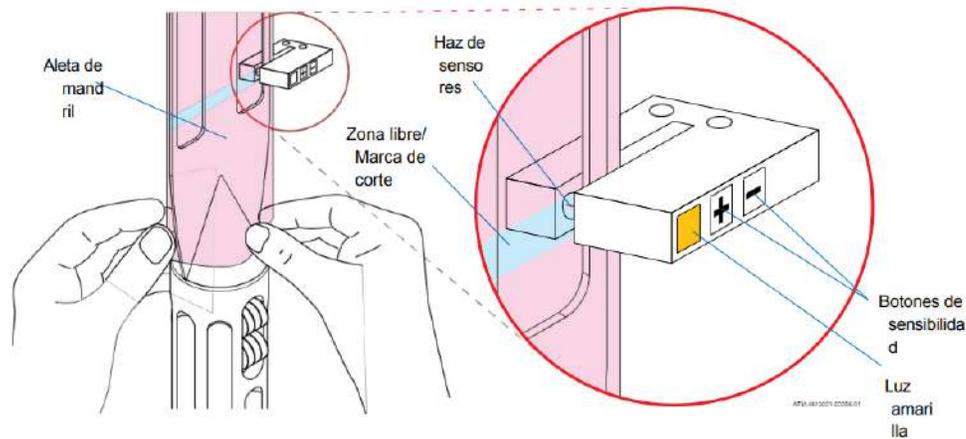
**Nota:** En la figura se muestran las partes del mandril.

### 6.8.1. Acción del sensor sobre la fajilla

La acción del sensor tipo fotoeléctrico es indispensable ya que el sensor registra el paso de la ranura de separación entre fajillas y utiliza este dato para accionar los servomotores de los rodillos de arrastre, a continuación en la Figura 68 se muestra el funcionamiento del mismo.

## Figura 68

*Sensor fajillas.*



**Nota:** En la figura se muestra el funcionamiento del sensor de fajillas (AFM, 2020).

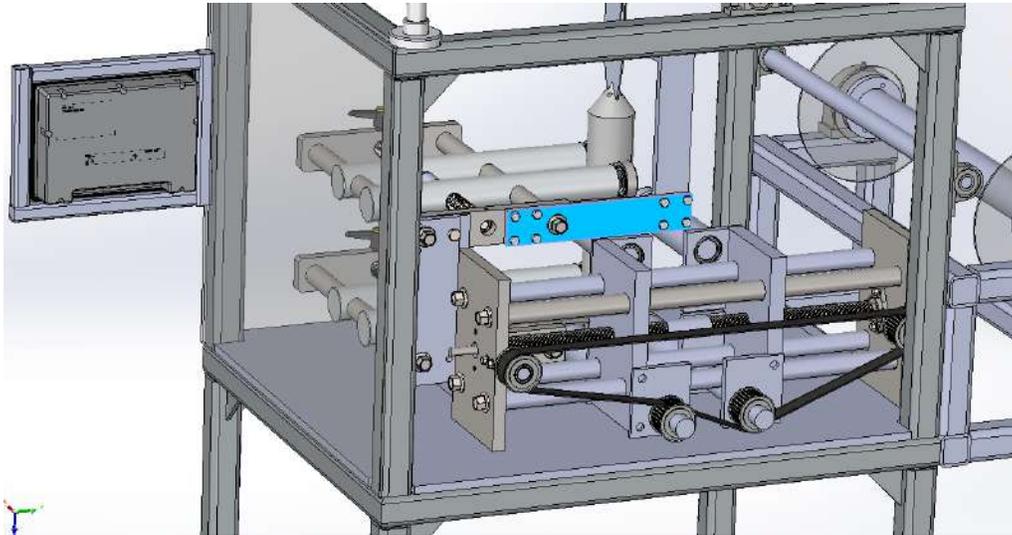
### 6.9. Diseño mecánico de las placas de unión

En el contexto del diseño de una máquina industrial, simular las placas que se utilizarán para unir dos subconjuntos con pernos de sujeción es un paso crítico. Esto se debe a que estas placas actúan como elementos de conexión esenciales para mantener la integridad estructural de la máquina en funcionamiento. Mediante simulaciones estáticas por elementos finitos, se pueden calcular con precisión los esfuerzos que soportarán estas placas cuando la máquina esté en operación, teniendo en cuenta las fuerzas que actúan sobre el sólido. Además, es fundamental determinar el factor de seguridad, lo que asegura que las placas estén diseñadas para soportar estos esfuerzos de manera segura, minimizando el riesgo de deformación excesiva o fallas catastróficas que podrían tener consecuencias costosas en términos de reparaciones o tiempos de inactividad no planificados.

La placa W31 está sometida a cargas de fuerzas estáticas ya que deberán soportar el peso del conjunto de rodillos. Esta acción se la observa en la Figura 69.

**Figura 69**

*Placa de unión entre subconjuntos mecánicos.*



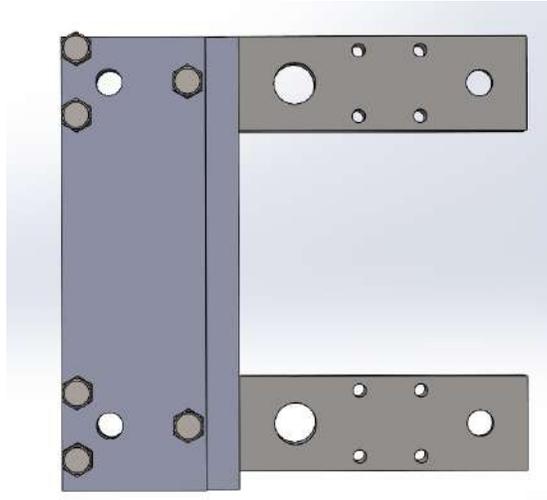
**Nota:** En la figura se observa la placa que une el subconjunto de rodillos secundarios con el subconjunto de rodillos principales.

### **6.9.1. Cálculo de esfuerzo cortante**

El esfuerzo cortante o de cizalladura se presenta en pernos como el resultado de fuerzas que actúan paralelamente en la sección transversal de una placa, se procede a verificar este esfuerzo en las placas que soportarán la unión entre dos subconjuntos de la máquina fajilladora, se debe dimensionar correctamente los pernos o tornillos que se encargarán de unir las dos placas, a continuación en la Figura 70 y 71 se muestra el diseño y posteriormente su cálculo.

### Figura 70

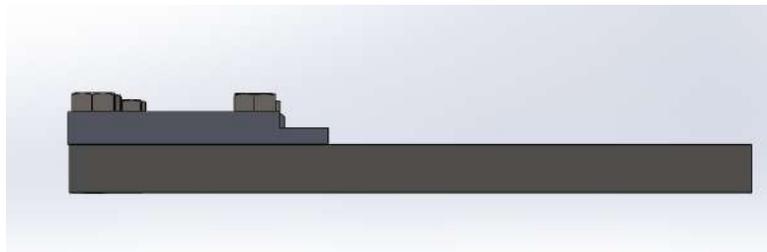
*Placas de unión entre subconjuntos mecánicos.*



**Nota:** En la figura se observa las placa que unen el subconjunto de rodillos secundarios con el subconjunto de rodillos principales.

### Figura 71

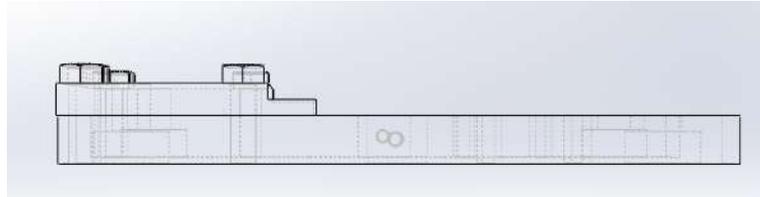
*Placas de unión entre subconjuntos mecánicos.*



**Nota:** En la figura se observa las placa que unen el subconjunto de rodillos secundarios con el subconjunto de rodillos principales en una vista lateral.

## Figura 72

Placas de unión entre subconjuntos mecánicos.



**Nota:** En la figura se observa las placa que unen el subconjunto de rodillos secundarios con el subconjunto de rodillos principales en una vista con aristas ocultas.

El cálculo y dimensionamiento de los tornillos se puede dividir en 2 pasos esenciales que determinarán su funcionalidad y correcto dimensionamiento.

### 6.9.2. Comprobación del cortante de un tornillo

El tornillo propuesto en el diseño mecánico cumple con la normativa ANSI metric B18,2,3,1M y sus dimensiones son M4x1,25x25, según la normativa su resistencia a la tracción es de tipo 4,6 según la Tabla 24 expuesta a continuación.

**Tabla 24**

Tabla de valores nominales del limite elástico y de la resistencia a tracción última.

Tipo de tornillo	4,6	4,8	5,6	5,8	6,8	8,8	10,9
Fyb(N/m2)	240	320	300	400	480	640	900
Fub(N/m2)	400	400	500	500	600	800	1000

**Nota:** En la tabla se observa los valores nominales del limite elástico y de la resistencia a tracción última(OMEGA, 2021).

Como se observa el  $f_{ub}$  (resistencia a la tracción última) correspondiente es de 400 N/mm<sup>2</sup>, entonces se aplica la siguiente relación.

$$Fv = \frac{N \cdot 0,5 \cdot f_{ub} \cdot A}{Y_{Mb}} \quad (13)$$

Donde:

$F_v$  = Cortante de tornillo

$N$  = Número de tornillos ( $N=1$ ) [Adimensional]

$F_{ub}$  = Resistencia a la tracción última [N/mm<sup>2</sup>]

$A$  = Área transversal [mm<sup>2</sup>]

$Y_{Mb}$  = Coeficiente parcial de seguridad (1,25 para tornillos) [Adimensional]

El área transversal de un tornillo M8:

$$A = \pi \cdot r^2 \quad (14)$$

Donde:

$A$  = Área transversal del tornillo [mm<sup>2</sup>]

$r$  = Radio del círculo [mm]

Se reemplaza los valores del tornillo M4 (4mm) en la ecuación (14) y se obtiene:

$$A = \pi \cdot 2mm^2$$

$$A = 4\pi mm^2$$

Se reemplaza los valores en la ecuación (13) y se obtiene:

$$F_v = \frac{1 \cdot 0,5 \cdot 400 \frac{N}{mm^2} \cdot 4\pi mm^2}{1,25}$$

$$F_v \approx 2010,61N$$

### 6.9.3. Dimensionamiento del número de tornillos

Los tornillos estarán sometidos a la fuerza que ejerce la gravedad sobre la masa del conjunto de rodillos secundarios que es de 300N aproximadamente, entonces se aplica la relación siguiente para conocer el número de tornillos que se debe usar:

$$N_t = \frac{F}{F_v} \quad (15)$$

Donde:

$N_t$  = Número de tornillos [Adimensional]

$F$  = Fuerza a la que está sometida [N]

$F_v$  = Fuerza cortante [N]

Se reemplaza los valores en la ecuación (11) y resulta lo siguiente.

$$N_t = \frac{300N}{2010,60N}$$

$$N_t = 0,14$$

Según el resultado se debería usar al menos 1 tornillo por cada unión del subconjunto, pero debemos tener en cuenta que colocar 1 solo tornillo no sería óptimo para el diseño ya que tiende a aflojarse por el movimiento del tornillo sin fin y a los ciclos de carga y descarga, por eso es recomendable usar una distribución simétrica respecto al eje neutro de la unión para garantizar una distribución simétrica de la carga, es por esto que se ha determinado usar 3 tornillos por unión de subconjunto para asegurar el correcto funcionamiento del sistema, es notable estos resultados ya que la placa no deberá soportar una carga considerable, se procedió a realizar un análisis por elementos finitos para comprobar que la placa soportará el peso del subconjunto con los siguientes parámetros de mallado presentados en la Tabla 25.

## Tabla 25

*Parámetros de la simulación por elementos finitos de la placa de sujeción.*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Convergencia de mallado	88,3%
Tamaño de los elementos	2,5mm
Fuerza aplicada	300N
Tipo de estructura	Placa metálica
Material	ACERO ASTMA36

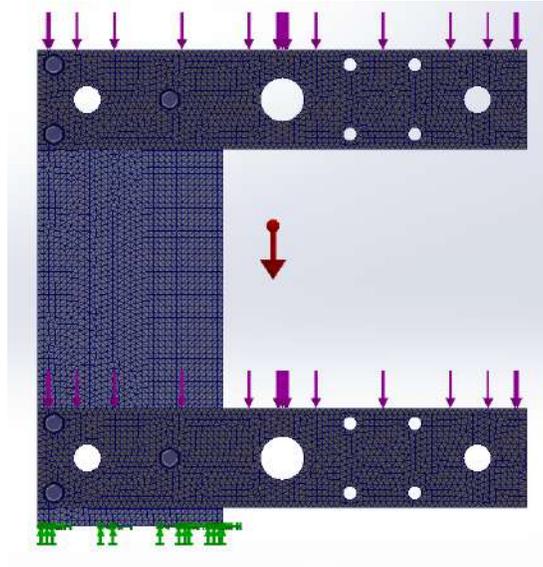
**Nota:** En la tabla se observa los parámetros para la simulación estática por elementos finitos en SolidWorks.

### 6.9.4. Análisis por elementos finitos de la placa de sujeción

A continuación en la Figura 73 se observa el mallado y los contactos tipo perno creados para la simulación.

### Figura 73

*Mallado de la placa de sujeción.*

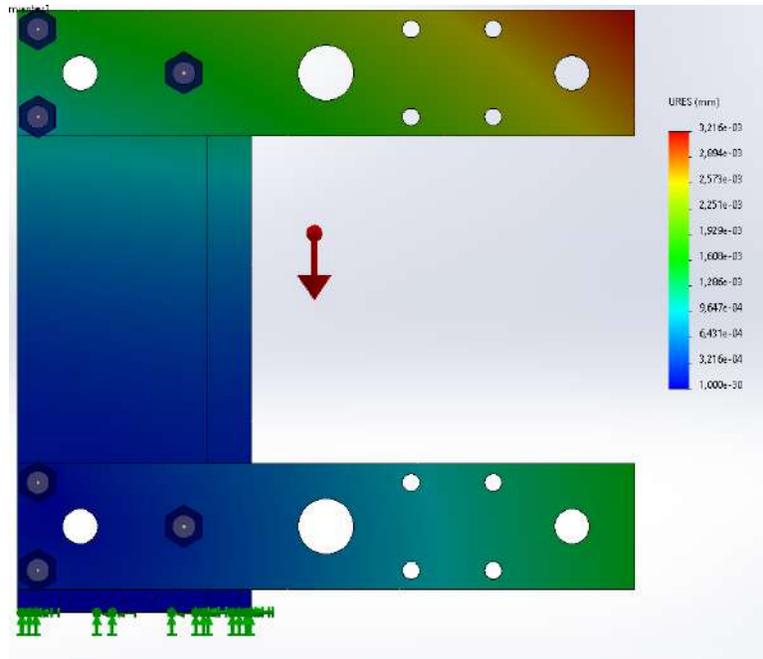


**Nota:** En la figura se observa el mallado y los elementos tipo perno aplicados para la simulación estática.

A continuación en la Figura 74 se presentan los resultados de el desplazamiento máximo de la placa de sujeción.

**Figura 74**

*Desplazamiento máximo de la placa de sujeción.*

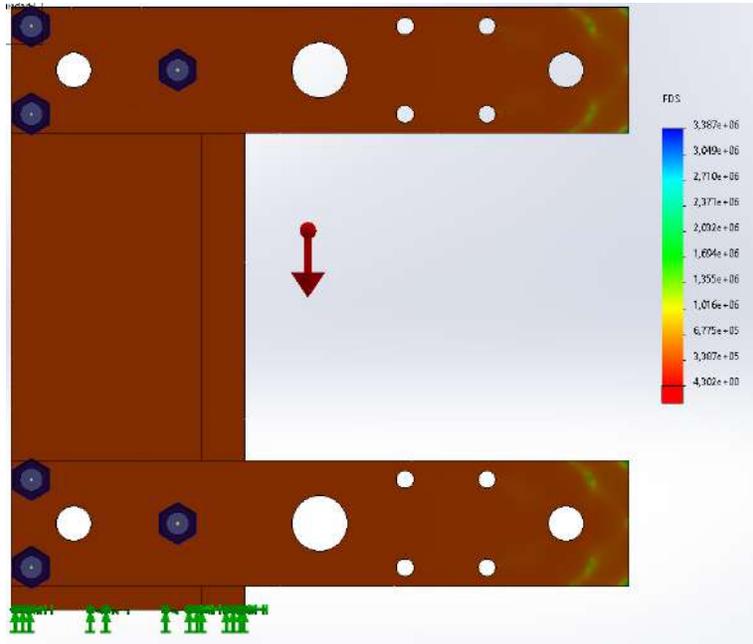


**Nota:** En la figura se observa el desplazamiento máximo de la placa de sujeción.

El desplazamiento máximo no representa ninguna carga importante que comprometa la seguridad de funcionamiento de la máquina fajilladora ya que este es de 0,00321mm, lo cual nos indica un correcto diseño y asegura la correcta fijación entre estos dos componentes. Se puede observar en la Figura 75.

**Figura 75**

*Factor de seguridad.*



**Nota:** En la figura se observa el factor de seguridad de la placa de sujeción.

El factor de seguridad es elevado debido a las propiedades del material y a la poca carga que deberá sostener la placa de sujeción, este factor es de aproximadamente 4, lo que garantiza la seguridad del sistema.

## **6.10. Integración de los subconjuntos**

Finalmente como parte del diseño, se agregó a la fajilladora la estructura que soporta la pantalla HMI y sus respectivos rodillos dispensadores y cilindros tensores, esto fue el resultado de la unión de subsistemas y de aplicar ingeniería inversa a varios de ellos, la propuesta de diseño final se lo puede observar en la Figura 76 y 77.

**Figura 76**

*Diseño final de la máquina fajilladora de latas de cerveza.*



**Nota:** En la figura se observa el diseño final de una máquina fajilladora de latas de cerveza en diferentes vistas y perspectivas.

**Figura 77**

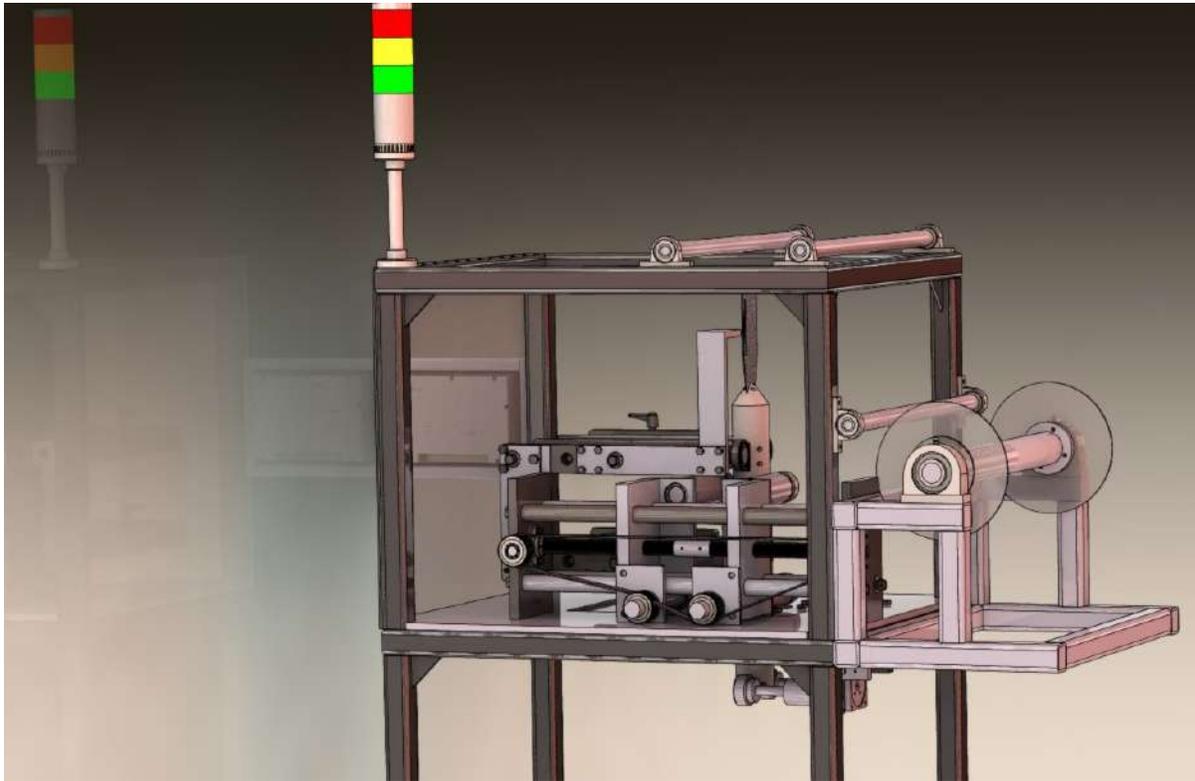
*Diseño final de la máquina fajilladora de latas de cerveza.*



**Nota:** En la figura se observa el diseño final de una máquina fajilladora de latas de cerveza en diferentes vistas y perspectivas.

**Figura 78**

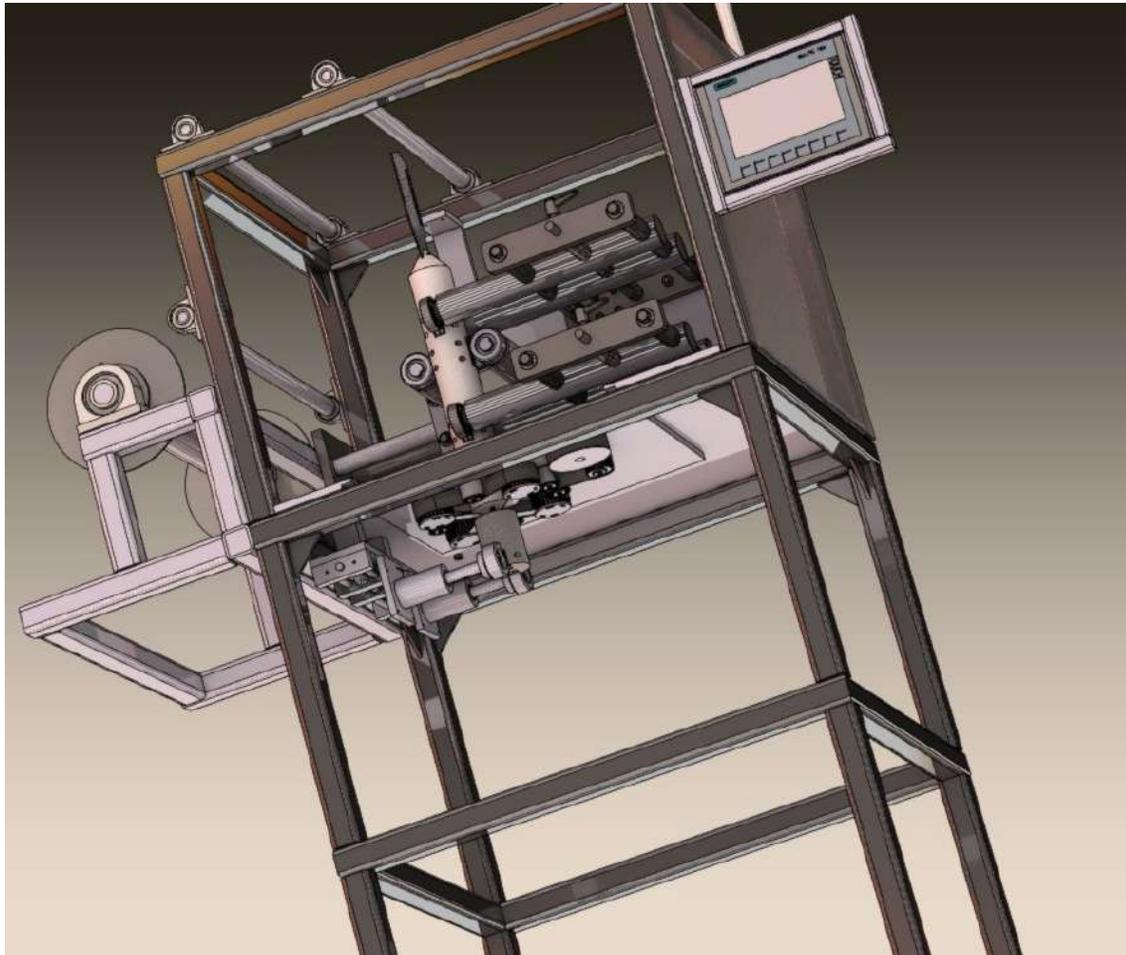
*Diseño final de la máquina fajilladora de latas de cerveza.*



**Nota:** En la figura se observa el diseño final de una máquina fajilladora de latas de cerveza en diferentes vistas y perspectivas.

**Figura 79**

*Diseño final de la máquina fajilladora de latas de cerveza.*



**Nota:** En la figura se observa el diseño final de una máquina fajilladora de latas de cerveza en diferentes vistas y perspectivas.

## **6.11. Selección de actuadores y sensores para las operaciones de arrastre, corte, y posicionamiento de fajilla.**

### **6.11.1. Servomotor**

En el proceso de seleccionar el actuador adecuado, se realizaron consideraciones basadas en los parámetros iniciales por esto una de las restricciones esenciales era la limitación de espacio dentro del área de trabajo disponible. Además, se requería un actuador que combinara alta

velocidad y precisión, con un control exhaustivo sobre sus funciones. Asimismo, la versatilidad y la retroalimentación eran criterios imprescindibles.

Dentro de este contexto, se evaluaron varias opciones, y el servomotor emergió como una alternativa. El servomotor satisface todas las características requeridas de manera integral. La capacidad para operar en espacios reducidos es muy buena por su gran cantidad de tamaños y configuraciones. Este cuenta con una gran capacidad de alcanzar altas velocidades y mantener una precisión sobresaliente lo cual es esencial para el diseño. La versatilidad del servomotor se alinea directamente con los objetivos de diseño del proyecto. Este cuenta con sistemas de retroalimentación, como encoders, proporciona una comunicación en tiempo real.

- **Motor Paso a Paso**

El motor paso a paso presenta similitudes notables a las del servomotor. Esta analogía ha hecho que sea considerado como una de las alternativas para su incorporación en el diseño. Es por ello que se llevará a cabo la construcción de tablas comparativas. Estas tablas estarán diseñadas para proporcionar una herramienta analítica que facilite la elección del motor más adecuado para el propósito designado. Esta acción la podemos observar en la Tabla 26.

**Tabla 26**

*Tabla comparativa sobre especificaciones de los actuadores.*

<b>Características requeridas</b>	<b>Servomotor</b>	<b>Motor Paso a Paso</b>
Control de Velocidad	Limitada	Alta
Protección a sobrecarga	Alta	Baja
inercia de carga	Media	Alta
Resonancia	Mas propenso	Menos propenso
Retroalimentación	No	Si
Costo	Bajo	Alto

**Nota:** : En la tabla se observa las principales características necesarias para la elección de un actuador paso a paso o servomotor (*GKS, 2020*).

Una vez completado el proceso de análisis destinado a la identificación y diferenciación de las atribuciones de cada variante de motor, se procede a la construcción de una tabla de

decisión. Esta herramienta es un instrumento esencial para la validación y determinación del motor más idóneo que habrá de ser empleado en las fases subsiguientes del proceso de diseño. Para llevar a cabo tal fin, es necesario asignar a cada alternativa un valor de ponderación, el cual se distribuye en una escala que refleja la jerarquía de importancia, que va desde la menos importante hasta la más preponderante. Como lo podemos observar en la Tabla 27.

**Tabla 27**

*Matriz de decisión*

	Control velocidad	Protección a sobrecargas	Inercia de carga	Resonancia	Retroalimentación	Costo	Total
<b>Ponderación</b>	5	4	3	4	5	4	
<b>Motor Paso a Paso</b>	3 15	4 16	2 6	3 12	1 5	5 20	74
<b>Servomotor</b>	5 25	3 12	5 15	4 16	5 25	3 12	105

**Nota:** Tabla de ponderación de características de servomotores y motores paso a paso (Vtops, 2021).

A raíz de las limitaciones de espacio y los imperativos de velocidad y precisión que exigen un control riguroso, así como la relevancia crucial de la retroalimentación, la elección ha recaído en favor del servomotor como la alternativa de elección óptima en el marco de este diseño. Esta selección se posiciona como una solución tecnológica eficaz y capaz de abordar las demandas y requerimientos de manera eficiente y efectiva. Describe de manera clara el método empleado en el estudio para recabar y analizar la información.

### **6.11.2. Motor de arrastre**

Para la elección del servomotor se ha considerado criterios físicos indispensables dentro del área de producción de la instalación, ya que estos motores exhiben características técnicas similares para su implementación dentro del diseño. Todo esto lo podemos observar en la matriz de decisión de la Tabla 28.

**Tabla 28***Matriz de decisión*

	Costo	Grado de intensidad de vibración bajo	Forma constructiva IM B5	Protección IP65	Total
<b>Ponderación</b>	4	4	5	5	
Servomotor SIMOTICS 1FK2104-6AF11-0MA0	2 8	5 20	5 25	5 25	78
Servomotor Delta ECMA-C20807RS	2 8	4 16	5 25	5 25	74
Servomotor AC EM3A	4 16	3 12	2 10	1 5	43

**Nota:** Tabla de ponderación de características físicas de distintos servomotores (GKS, 2020).

Siguiendo la referencia a los motores proporcionados por el fabricante en la bibliografía, se han explorado opciones que comparten similitudes con los motores previamente integrados en este tipo de configuraciones. Como resultado de esta evaluación, se ha determinado que el servomotor SIMOTICS 1FK2104-6AF11-0MA0 es la elección más óptima y adecuada

### 6.11.3. Motor de corte

Para la elección del servomotor se ha considerado criterios físicos indispensables dentro del área de producción de la instalación, ya que estos motores exhiben características técnicas similares para su implementación dentro del diseño. Todo esto lo podemos observar en la matriz de decisión de la Tabla 29.

**Tabla 29***Matriz de decisión*

	Costo	Grado de intensidad de vibración bajo	Forma constructiva IM B5	Protección IP65	Total
<b>Ponderación</b>	4	4	5	5	
<b>SIMOTICS 1FK2104-5AF11-0SA0</b>	3 12	4 16	5 25	5 25	78
<b>Servomotor DELTA ASD-A2 + ECMA</b>	4 16	3 12	5 25	4 20	73

**Nota:** Tabla de ponderación de características físicas de distintos servomotores (GKS, 2020).

Basándonos en las referencias a los motores que el fabricante ha presentado en su documentación, hemos examinado alternativas que comparten características similares a los motores previamente incorporados en diseños de esta naturaleza. Como conclusión de este análisis, se ha establecido que el Servomotor SIMOTICS 1FK2104-5AF11-0SA0 representa la selección óptima y apropiada.

#### 6.11.4. Motor de posicionamiento de fajilla

Para la elección del servomotor se ha considerado criterios físicos indispensables dentro del área de producción de la instalación, ya que estos motores exhiben características técnicas similares para su implementación dentro del diseño. Todo esto lo podemos observar en la matriz de decisión de la Tabla 30.

**Tabla 30***Matriz de decisión*

	Costo	Grado de intensidad de vibración bajo	Forma constructiva IM B5	Protección IP65	Total
<b>Ponderación</b>	4	4	5	5	
<b>SESAME H-3IK15A-CT</b>	3 12	4 16	5 25	5 25	78
<b>KIIS Series SIK40A(GN)A</b>	4 16	2 8	5 25	4 20	69

**Nota:** Tabla de ponderación de características físicas de distintos motores de inducción (ORIENTALMOTORS, 2019).

Según el análisis de los requisitos físicos establecidos por la empresa y respaldados por la documentación proporcionada por el fabricante, hemos determinado que el motor SESAME H-3IK15A-CT se presenta como la elección óptima para integrarse en la aplicación dentro del diseño.

#### 6.11.5. Sensor de detección de lata

Para realizar la detección de las latas de cerveza, se ha optado por utilizar un sensor inductivo como elemento central. Este sensor inductivo será el responsable de emitir la señal pertinente para activar los diversos actuadores incorporados en la maquinaria. Dado que las latas de cerveza utilizadas en el contexto de la planta de fabricación están fabricadas en aluminio, la elección del sensor inductivo se muestra como una solución altamente efectiva y adecuada para la implementación en el diseño. Es por ello que se realizó una tabla comparativa de características de diferentes sensores y de esta forma verificar cual es el más óptimo para el trabajo. Lo anterior expuesto se lo puede observar en la Tabla 31.

**Tabla 31**

*Tabla comparativa sobre especificaciones de los actuadores*

<b>Sensores inductivos</b>	<b>Modelo 871TS</b>	<b>Modelo 872C</b>	<b>Modelo XS518B1PAL2</b>
<b>Material de detección</b>	Ferromagnético	Ferromagnético	Ferromagnético
<b>Robustez</b>	Alta	Media	Alta
<b>Vida útil</b>	100 millones (ciclos)	90 millones (ciclos)	100 millones (ciclos)
<b>Costo</b>	Alto	Medio	Alto
<b>Protección contra sobrecargas</b>	Incorporado	Incorporado	Incorporado
<b>Protección contra falsa detección</b>	Incorporado	Incorporado	Incorporado
<b>Protección contra inversión de polaridad</b>	Incorporado	Incorporado	Incorporado
<b>Material de acero inoxidable</b>	Incorporado	Incorporado	Incorporado

**Nota:** En la tabla se observa las principales características necesarias para la elección de un sensor inductivo (Allen-Bradley, 2021).

Una vez completado el proceso de análisis destinado a la identificación y diferenciación de las atribuciones de cada variante de los sensores, se procede a la construcción de una tabla de decisión. Esta herramienta es un instrumento esencial para la validación y determinación del motor más idóneo que habrá de ser empleado en las fases subsiguientes del proceso de diseño. Para llevar a cabo tal fin, es necesario asignar a cada alternativa un valor de ponderación, el cual se distribuye en una escala que refleja la jerarquía de importancia, que va desde la menos importante hasta la más preponderante, tal como se muestra a continuación en la Tabla 32.

**Tabla 32***Matriz de decisión*

	Robustez	Vida útil	Costo	Protección contra sobrecargas	Protección contra falsa detección	Protección contra inversión de polaridad	Material de acero inoxidable	
Ponderación	4	4	4	3	5	5	5	
Modelo 872C	4 16	3 12	4 16	3 9	3 15	3 15	5 25	108
Modelo XS518B1PAL2	3 12	4 16	3 12	4 12	4 20	4 20	5 25	117
Modelo 871TS	4 16	4 16	3 12	4 12	5 25	4 20	5 25	126

**Nota:** Tabla de ponderación de características de los diferentes modelos de sensores inductivos (Allen-Bradley, 2021).

Luego de llevar a cabo un análisis exhaustivo de los requisitos esenciales para la concepción de la máquina, se ha identificado al sensor del modelo 871TS como la elección óptima. Esta elección se sustenta en su diseño altamente especializado para aplicaciones específicas en la industria alimentaria. Es importante enfatizar que las alternativas restantes también pueden ser implementadas de manera congruente, pero a través del empleo de una matriz de decisión, se ha determinado que el modelo 871TS prevalece como la opción preferente en esta aplicación particular.

#### 6.11.6. Sensor de impresión de fajilla

En este escenario específico, se requiere la implementación de un sensor de conmutación claro-oscuro, el cual opera en base al principio de detección óptica. La etiqueta termoencogible presenta una sección de tonalidad oscura donde se ubica la impresión de la marca, y una sección de tonalidad clara que es propensa a ser cortada. Para llevar a cabo este proceso de manera efectiva, resulta esencial la utilización de un sensor de este tipo. Para la selección del mismo lo hemos hecho a través de siguiente matriz de decisión que la observamos en la Tabla 33.

**Tabla 33***Matriz de decisión sensores claro-oscuro*

	Robustez	Vida útil	Costo	Protección contra sobrecarga	Protección contra falsa detección	Protección contra inversión de polaridad	Total
Ponderación	4	4	4	3	5	5	
Sensor WIB26P-34161120400	4 16	3 12	4 16	3 9	3 15	3 15	83
Sensor SICK UFN3-70B41	3 12	4 16	3 12	4 12	4 20	4 20	92
Sensor SICK WF15-40B410	4 16	4 16	3 12	4 12	5 25	4 20	100

**Nota:** En la tabla se observa las principales características necesarias para la elección del sensor de impresión (MicroSemiconductor, 2015).

## 6.12. Especificaciones técnicas de los elementos electrónicos, eléctricos y de control.

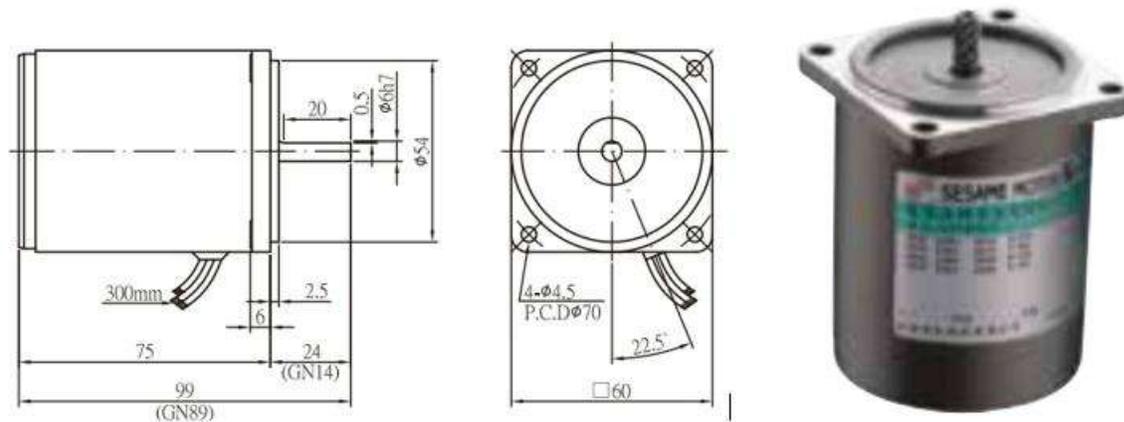
### 6.12.1. Características técnicas de componentes eléctricos

- **Motor de inducción**

Este motor tiene la responsabilidad de realizar la tarea precisa de posicionar la fajilla de manera directa sobre la lata que ya ha sido sellada. Su elección se basa en un riguroso análisis de las características calculadas y de las propiedades físicas esenciales que son requisitos fundamentales para el diseño del sistema. La Figura 80 proporciona una representación gráfica detallada de este motor.

**Figura 80**

*Motor de disparo de fajilla.*



**Nota:** Motor responsable de impulsar el desplazamiento de los rodillos encargados de posicionar la fajilla (AFM, 2020).

En la Tabla 34 se puede observar las especificaciones técnicas del motor mencionado.

**Tabla 34**

*Servomotor SESAME 5IK40A(GN)-A*

Parámetros	Valor
1. Salida	6W
2. Voltaje	220V
3. Frecuencia	50/60 Hz
4. Par nominal	0,55 (Kg ·cm)
5. Numero de Polos	4
6. Velocidad Nominal	1000 rpm
7. Par de arranque	0,75 (Kg ·cm)
9. Corriente Nominal	0,11/0,1A

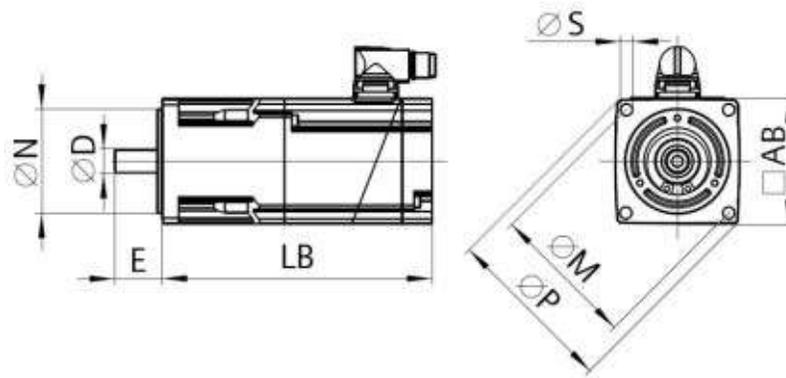
**Nota:** En la tabla se observa las especificaciones técnicas del Servomotor SESAME 5IK40A(GN)-A (GKS, 2020).

▪ **SERVOMOTOR SIEMENS SIMOTICS S-1FK2(1FK2104-6AF11-0MA0)**

Este motor asume la responsabilidad de llevar a cabo el desplazamiento de la fajilla a lo largo de la totalidad del mandril. Una representación visual de este motor se encuentra disponible en la Figura 81.

**Figura 81**

*Motor de arrastre de fajilla.*



**Nota:** Motor responsable de impulsar el desplazamiento de los rodillos encargados de arrastrar la fajilla (AFM, 2020).

En la Tabla 35 se puede observar las especificaciones técnicas del servomotor, la hoja de datos completa se la puede observar en el **ANEXO E**.

**Tabla 35**

*Servomotor SIMOTICS S-1FK2*

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>
1. Tipo de motor	alta velocidad
2. Par nominal	1,27 Nm
3. Corriente nominal	1,9A
4. Torque máximo	4,05 Nm
5. Corriente máxima	7,1 A
6. Velocidad máxima	8000 rpm
7. Peso	1,6 Kg
8. Velocidad nominal	4500 rpm
9. Torque nominal	1,01 Nm
10. Corriente nominal	1,6 A
11. Potencia nominal	0,48 KW

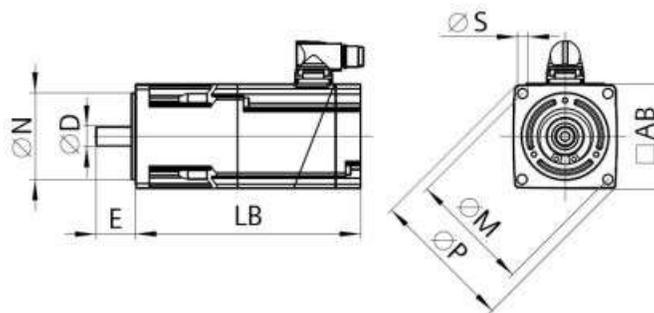
**Nota:** En la tabla se observa los datos básicos del Servomotor SIMOTICS S-1FK2 (SIEMENS, 2022).

■ **SERVOMOTOR SIEMENS SIMOTICS S-1FK2(1FK2104-5AF11-0SA0)**

Este motor es el encargado de llevar a cabo el corte de la fajilla. Una representación visual de este motor se encuentra disponible en la Figura 82.

## Figura 82

*Motor de corte de fajilla.*



**Nota:** Motor responsable de impulsar el desplazamiento del mecanismo de poleas y cuchillas encargados de cortar la fajilla, conforme a (AFM, 2020).

En la Tabla 36 se puede observar los datos requeridos para la selección del servomotor, la hoja de datos completa se la puede observar en el **ANEXO D**.

**Tabla 36***Servomotor SIMOTICS 1FK2104-5AK11-0SA0*

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>
1. Tipo de motor	alta velocidad
2. Par nominal	2,40 Nm
3. Corriente nominal	4,4 A
4. Torque máximo	7,60 Nm
5. Corriente máxima	16 A
6. Velocidad máxima	8000 rpm
7. Peso	3 Kg
8. Velocidad nominal	6000 rpm
9. Torque nominal	1,7 Nm
10. Corriente nominal	1,2 A
11. Potencia nominal	1,2 KW

**Nota:** En la tabla se observa los datos básicos del Servomotor SIMOTICS 1FK2104-5AK11-0SA0(SIEMENS, 2022).

- **Servo drive SINAMICS S210**

Este servodrive tiene la responsabilidad de ejercer el control sobre el servomotor designado que opera en conjunción con las cuchillas y rodillos,se puede observar una representación gráfica en la Figura 83,la hoja de datos se la puede observar en el **ANEXO G**.

## Figura 83

*Servo Drive s210.*



**Nota:** Servo Drive responsable del control de los servomotores de arrastre y de corte (SIEMENS, 2022).

### 6.12.2. Conexión de dispositivos con la subred profinet

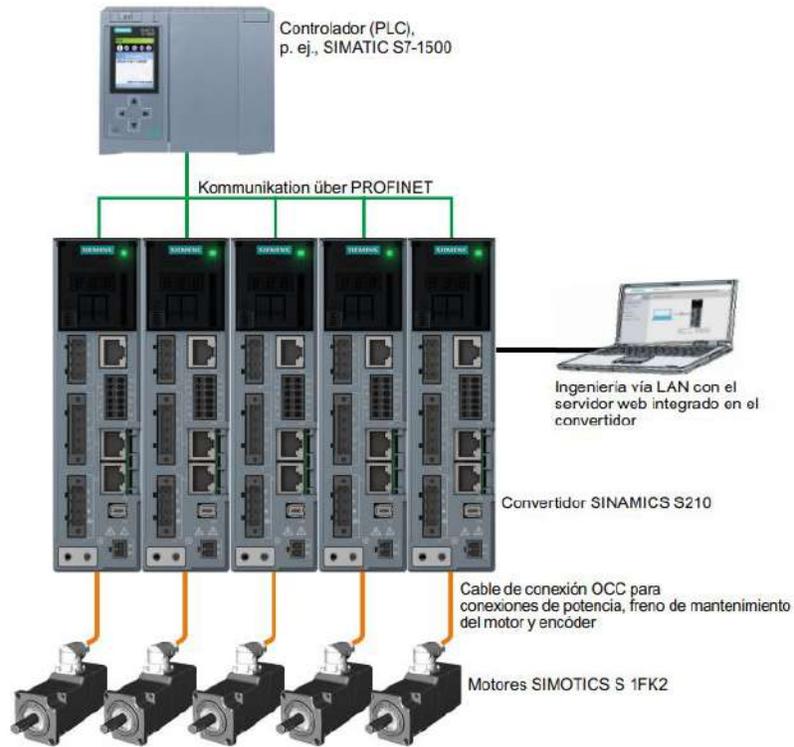
Profinet es un protocolo industrial ampliamente empleado en entornos de automatización y control. Se utiliza para la transferencia de datos a través de redes Ethernet, con la finalidad de supervisar y dirigir sistemas industriales. Este protocolo ofrece una transmisión de datos de alta velocidad y en tiempo real, cumpliendo con los estándares de Ethernet definidos por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE).

Una de las ventajas clave de Profinet radica en su versatilidad, ya que admite diversas topologías de red, como anillos, líneas y configuraciones en estrella. Su amplia adopción en la industria se debe en gran medida a esta flexibilidad, que permite adaptarse a una variedad de entornos y necesidades de control industrial.

En la Figura 84 y 85, se presenta un diagrama que ilustra las interconexiones de los dispositivos utilizando el protocolo Profinet.

**Figura 84**

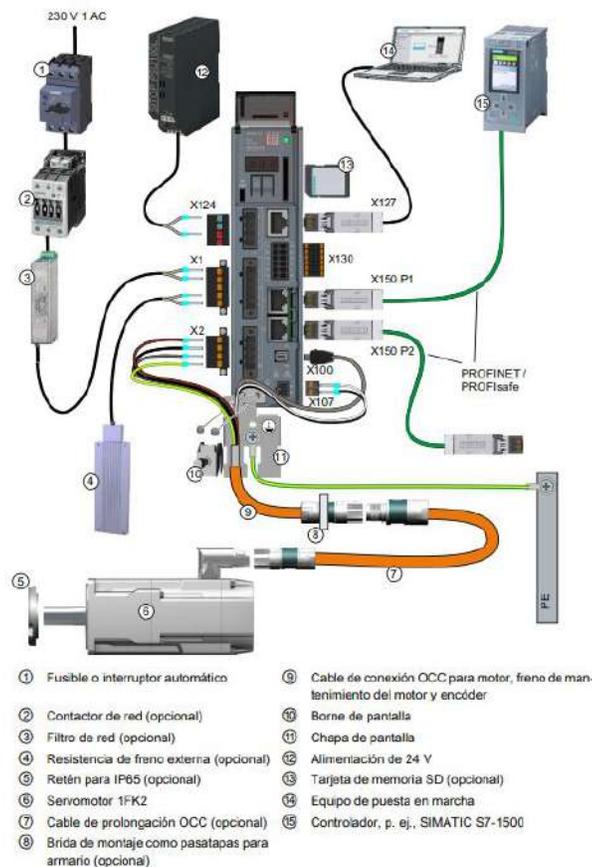
*Conexión profinet*



**Nota:** En la figura se observa las conexiones con cables MOTION-CONNECT entre los diferentes dispositivos, conforme a (SIEMENS, 2022).

**Figura 85**

*Componentes y accesorios del sistema*



**Nota:** En la figura se observa las conexiones con los distintos componentes y accesorios, conforme a (SIEMENS, 2022).

### 6.12.3. Características técnicas de componentes electrónicos

El sensor a emplear es un sensor de tipo claro-oscuro que se encuentra ubicado en la parte superior de la paleta del mandril, como se ilustra en la Figura 86.

**Figura 86**

*Sensor SICK UFN3-70B413*



**Nota:** Este sensor tiene la función de identificar el punto de inicio y finalización de la etiqueta, utilizando la distinción entre su región oscura y su zona de corte, conforme a (MicroSemiconductor, 2015).

En la Tabla 37 se puede observar las especificaciones técnicas de la hoja de datos del sensor.

**Tabla 37***Sensor SICK UFN3-70B413*

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>
1. Tipo de conexión	M8 de 4 polos
2. Tipo de sensor	Sensor de proximidad ultrasónico
3. Dimensiones	18 · 47,5 · 92,5mm
4. Material	Aluminio
5. Grado del IP	IP65
6. Objeto mínimo detectable	2mm
7. Salida	PNP/NPN
8. Corriente de salida	100mA - mínimo 0.03mA
9. Ajuste	Tecla + -
10. Tiempo de respuesta	250µs
11. Tecnología	Ultrasónica
12. Voltaje de entrada	10 – 30 V DC

**Nota:** En la tabla se observa las especificaciones técnicas del Sensor SICK UFN3-70B413, conforme a (MicroSemiconductor, 2015).

- **Sensor de proximidad inductivo 871TS**

El sensor inductivo se halla posicionado en la parte superior de las cuchillas y sobre la banda transportadora con el propósito de detectar latas. La Figura 87 proporciona una representación visual del sensor que será empleado en esta aplicación.

## Figura 87

*Sensor de proximidad inductivo 871TS*



**Nota:** Este sensor desempeña la tarea de identificar la presencia de una lata mientras se desplaza a lo largo de la cinta transportadora principal, y, a continuación, activa los rodillos encargados de ajustar la posición de la fajilla. También se va a utilizar el mismo tipo de sensor para garantizar la posición inicial de las cuchillas, conforme a (Euautomation, 2022).

En la Tabla 38 se puede observar las especificaciones técnicas de la hoja de datos del sensor.

**Tabla 38**

*Sensor de proximidad inductivo 871TS*

Parámetros	Valor
1. Método de detección	Inductivo
2. Alimentación	10 a 30V DC
3. Diámetro	18mm
4. Conexiones	conector micro (4 pines)
5. Distancia de detección máxima	5 mm
6. Circuito de salida	3 hilos NPN
7. Clasificación IP	68; 69K, 67
8. Rango de temperatura de trabajo	-40 a 80°C
9. Carga de corriente máxima	200mA
10. Corriente de fuga	15mA

**Nota:** En la tabla se observa las especificaciones técnicas del Sensor de proximidad inductivo 871TS (Euautomation, 2022).

#### 6.12.4. Características técnicas de componentes de control

##### ■ Controlador PLCS7-1500

El controlador PLC S7-1500 ha sido seleccionado como la opción principal debido a su amplio número de entradas y salidas, así como a la versatilidad de sus módulos. Esta elección se basa en la práctica común en la fábrica donde se lleva a cabo la tesis, que se centra exclusivamente en el uso de PLC de Siemens. La Figura 88 muestra una imagen del PLC elegido para esta aplicación.

#### Figura 88

*PLCs7-1500, controlador CPU 1516-3 PN/DP.*



**Nota:** En la representación gráfica se puede identificar el dispositivo de control responsable de recibir señales de entrada y enviar señales de salida con el propósito de activar todas las fases operativas de la máquina de etiquetado, conforme a (SIEMENS, 2023).

**Tabla 39**

*PLCs7-1500, controlador CPU 1516-3 PN/DP*

<b>Modulos</b>	<b>Input/Output</b>
1. Entrada Digital	DI 32 ·24VDC HF
2. Salida Digital	DQ 32 ·DC24V/0,5AH Fed
3. CPU 1516-3 PN/DP	24 V DC / 2 puertos PROFINET y 1 PROFIBUS
4. Módulo de alimentación 1507	120/230 V AC, output: 24 V DC/8 A

**Nota:** En la tabla se observa las especificaciones técnicas del PLCs7-1500 y sus modulos (Euautomation, 2022).

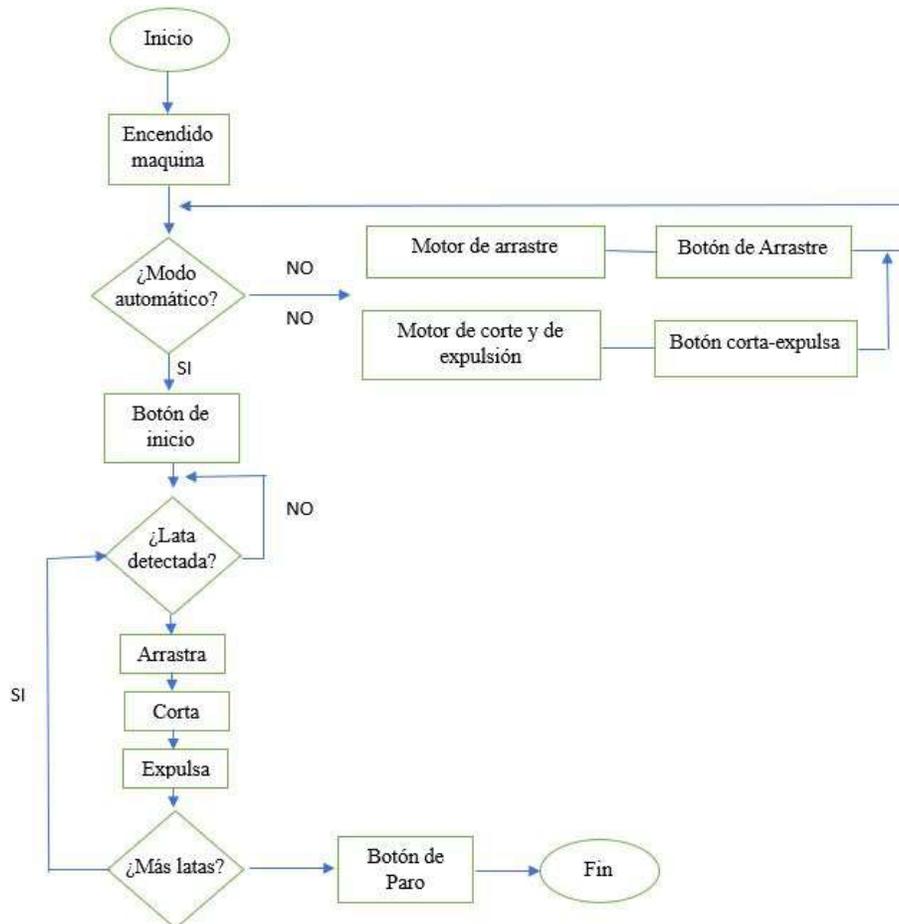
## **6.13. Propuesta de diseño para la simulación de una máquina fajilladora**

### **6.13.1. Diagrama de flujo del proceso de fajillado**

En el diagrama de flujo siguiente, se presentan las diversas etapas que debe atravesar la cinta transportadora antes de posicionarse sobre la lata. La programación para el PLC se ha desarrollado a partir de este diagrama de flujo. En la Figura 89 se proporciona una representación visual de este diagrama, que sirve como base para el diseño del sistema de control del PLC.

**Figura 89**

*Proceso de fajillado*



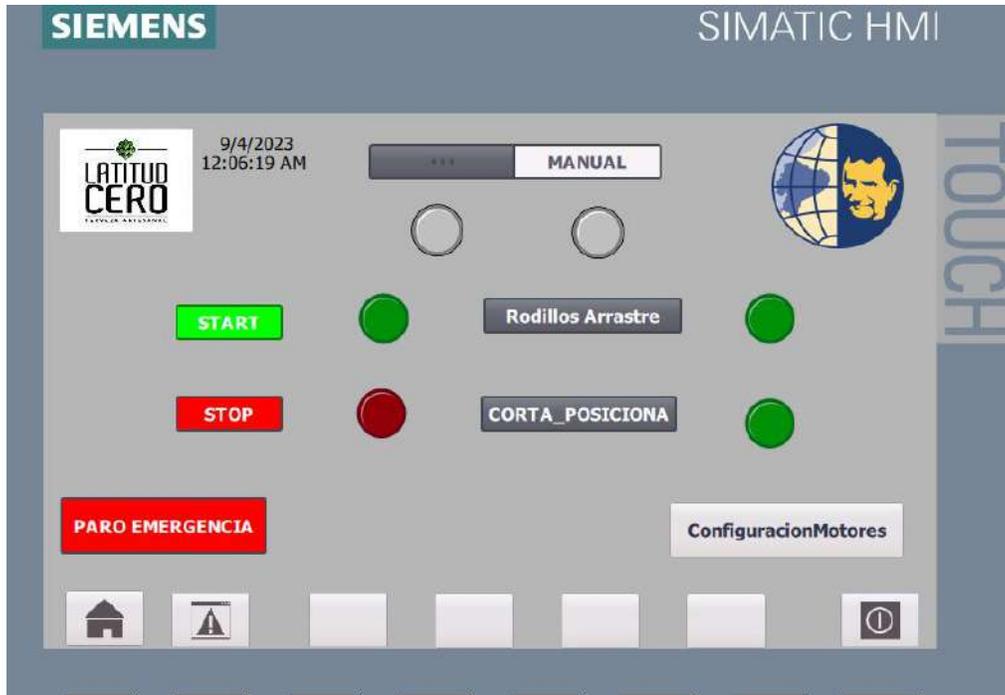
**Nota:** La figura ilustra el flujo operativo necesario para el paso de la cinta transportadora a través del dispositivo, con el objetivo de permitir su aplicación adecuada sobre la superficie de la lata de cerveza.

### 6.13.2. Diseño de la interfaz gráfica HMI

El diseño del HMI (Interfaz Hombre-Máquina) reviste una gran importancia, ya que será utilizado por el personal de la empresa y debe ser de carácter intuitivo y de fácil utilización. Por esta razón, se presenta la propuesta de diseño que se muestra en la Figura 90 y Figura 91 como una solución idónea para cumplir con estos requisitos.

**Figura 90**

*Diseño del HMI para el proceso de fajillado*



**Nota:** En la figura se observa el diseño del HMI conformado por un modo automático y manual.

## Figura 91

*Diseño del HMI ,ventana de configuración de velocidad y posición*



**Nota:** En la figura se puede apreciar el diseño de la Interfaz de Usuario (HMI por sus siglas en inglés).

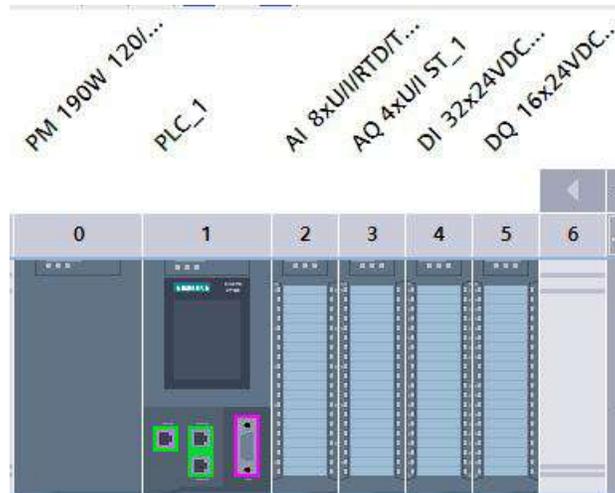
La figura 91 presenta dos secciones específicas destinadas a la configuración de parámetros relacionados con el control del sistema. Una de estas secciones se enfoca en la configuración de la velocidad de arrastre, mientras que la otra está destinada a la configuración de la velocidad y la posición de corte.

### 6.13.3. Implementación de dispositivo PLCS7-1500 en Tia Portal V16

En el diseño se han incorporado cuatro módulos que contienen entradas y salidas digitales y analógicas, junto con una fuente de alimentación. Todos estos componentes se encuentran representados en la Figura 92 para su visualización y comprensión.

## Figura 92

*PLCs7-1500, controlador CPU 1516-3 PN/DP.*



**Nota:** En la representación gráfica se observa el PLCS7-1500 con sus respectivos módulos implementado en el software Tía Portal para su posterior configuración y programación.

### ■ HMI KTP 700 Basic PN

Para este diseño se ha sugerido la utilización del HMI KTP 700 Basic PN. Esta elección se basa en la presencia de un puerto que permite la conexión con Profinet y en su interfaz gráfica moderna. Estos aspectos se pueden apreciar en la representación visual que se muestra en la Figura 93.

### Figura 93

*HMI KTP 700 Basic PN*



**Nota:** En la figura se observa el HMI KTP 700 Basic PN implementado en el software TIA Portal para su posterior configuración y programación.

#### 6.13.4. Programación y simulación de la máquina fajilladora

En esta sección, se abordará la fase dedicada a la configuración y programación del software, que tiene como objetivo habilitar la simulación y el control completo de las operaciones de la máquina. Esta etapa es crucial para validar el funcionamiento de los diversos sistemas que se han diseñado previamente. Para llevar a cabo esta tarea, utilizamos herramientas de software específicas como TIA Portal y Factory IO. Estas aplicaciones juegan un papel fundamental en la creación de un entorno virtual en el que podemos simular cómo se comportaría la máquina etiquetadora y, al mismo tiempo, controlar sus funciones mediante un sistema que hemos programado previamente.

#### 6.13.5. Simulación en Factory IO

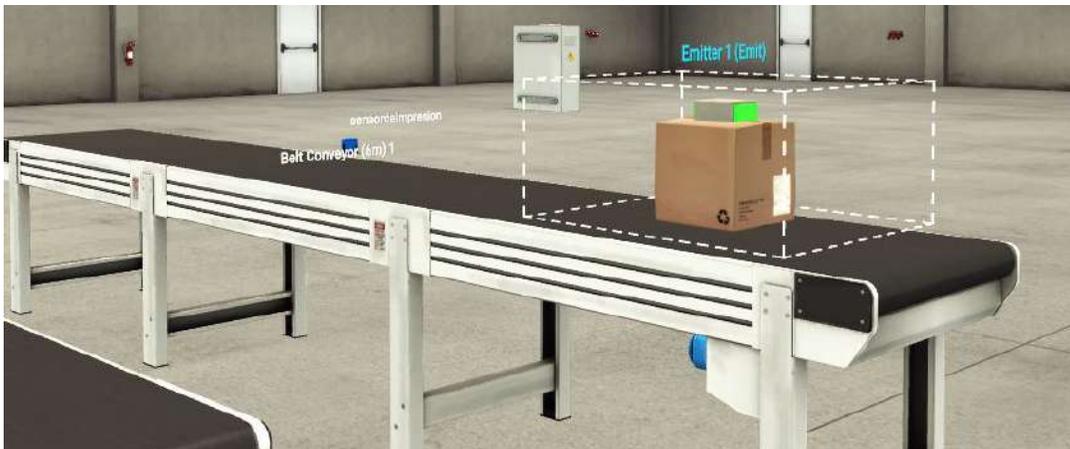
Para esta sección, hemos segmentado el proceso en dos modos: automático y manual. En este enfoque, vamos a detallar las distintas etapas del funcionamiento de la máquina, comenzando desde la fase de arrastre de la fajilla y avanzando hasta la etapa de posicionamiento preciso de la fajilla alrededor de la lata.

- **Etapa de arrastre de fajilla**

La representación de la fajilla se logró mediante una caja en el contexto de la simulación, mientras que los rodillos, que funcionan mediante un motor, se simbolizaron mediante la banda transportadora. Además, se incluyó un sensor en la simulación para emular el sensor de lectura de impresión, que desempeña un papel fundamental al detectar el inicio y el final de la fajilla en el proceso. En esta fase, la fajilla se encuentra adecuadamente posicionada sobre el mandril, y esta disposición se ha ilustrado de manera gráfica en la Figura 94.

#### **Figura 94**

*Etapa de arrastre de fajilla.*



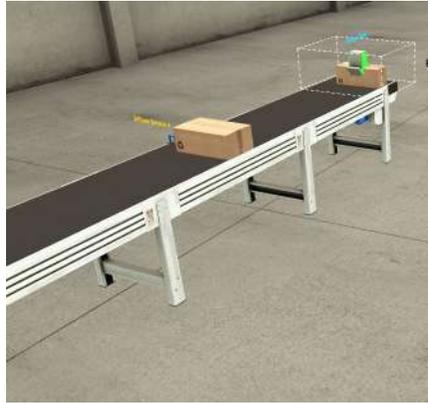
**Nota:** En la figura se observa la etapa de arrastre de fajilla simulado en Factory IO.

#### ■ **Etapa de corte de fajilla**

En este contexto, se dispone de un sensor específico que desempeña la función de detectar la posición de la cuchilla. Este sensor de posición se encarga de indicar si la cuchilla se encuentra en la posición adecuada para llevar a cabo su tarea. La representación en la simulación se logra mediante la caja, que simboliza la cuchilla, y la banda transportadora, que representa el motor encargado de accionar las poleas asociadas a la cuchilla. En esta etapa, el extremo de la fajilla se encuentra sobre las cuchillas de corte, y esta situación se ha representado visualmente en la Figura 95.

## Figura 95

*Etapa de corte de fajilla.*



**Nota:** *En la figura se puede observar la etapa de corte representada en Factory IO .*

### ■ **Etapa de posicionamiento de fajilla**

En este escenario, se utiliza una caja para representar la fajilla después de ser cortada. Se emplea un sensor que representa el sensor inductivo específico para detectar la presencia de la lata, y un pistón se utiliza como símbolo para representar los rodillos responsables de posicionar la fajilla sobre la lata. En esta fase, la fajilla ha sido cortada y está lista para ser colocada en la lata. Esta situación ha sido representada visualmente tal como se muestra en la Figura 96.

## Figura 96

*Etapas de posicionamiento de fajilla.*



**Nota:** En la figura se puede observar la etapa de posicionamiento de fajilla representada en Factory IO.

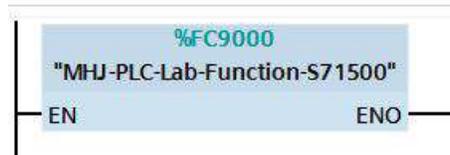
### 6.13.6. Programación en TIA Portal en el PLC S7-1500

En esta sección, se abordará la fase dedicada a la configuración y programación del software, que tiene como objetivo habilitar la simulación y el control completo de las operaciones de la máquina. Esta etapa es crucial para validar el funcionamiento de los diversos sistemas que se han diseñado previamente.

- **Fase 1**
- Se procedió a incorporar el bloque que facilita la comunicación entre TIA Portal y Factory IO, específicamente el bloque denominado "MHJ-PLC-Lab-Function-S71500". Esto se hizo con el propósito de llevar a cabo una simulación en ambos programas y crear una representación visual del funcionamiento del código programado de manera gráfica, lo anterior mencionado se lo puede observar en la Figura 97.

## Figura 97

*Primer segmento de programación en Tía Portal.*



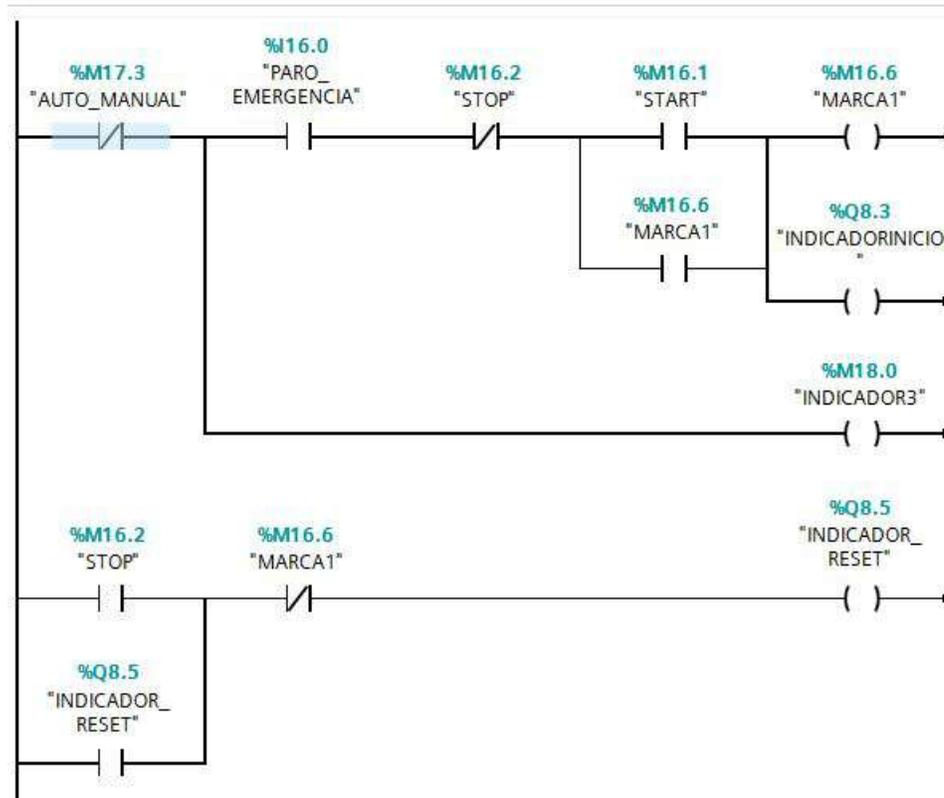
**Nota:** *En la figura se observa el bloque encargado de la comunicación entre Tía Portal y Factory IO "MHJ-PLC-Lab-Function-S71500".*

### ■ Fase 2

- En esta etapa, se ubican los componentes responsables de iniciar y detener el proceso de fajillado de la máquina. Estos elementos comprenden un botón de parada de emergencia, un botón de inicio y un botón de detención, lo anterior mencionado se lo puede observar en la Figura 98.

**Figura 98**

*Segundo segmento de programación en Tía Portal.*



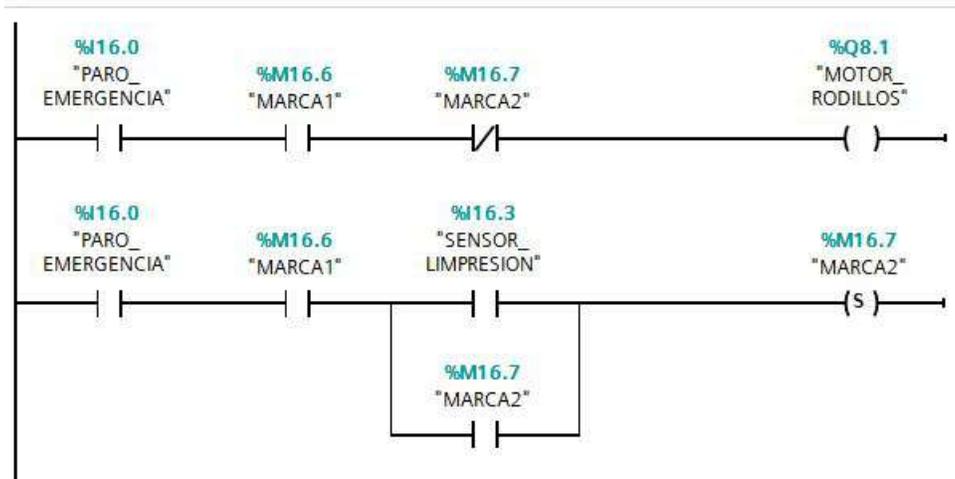
**Nota:** En la representación gráfica proporcionada, se pueden identificar los controles activados por botones que tienen la función de iniciar el proceso, además de un botón de parada de emergencia y otro botón de detención.

■ **Fase 3**

- En este punto, la fajilla se encuentra de manera precisa en su posición dentro del mandril, y se activan los rodillos. Un sensor de impresión juega un papel crucial al detectar tanto el inicio como el final de la etiqueta. Cuando este sensor detecta el final de la etiqueta, se detienen los rodillos y se da paso a la siguiente fase del proceso, que es la etapa de corte. Se lo puede observar en la Figura 99.

**Figura 99**

*Tercer segmento de programación en Tía Portal.*



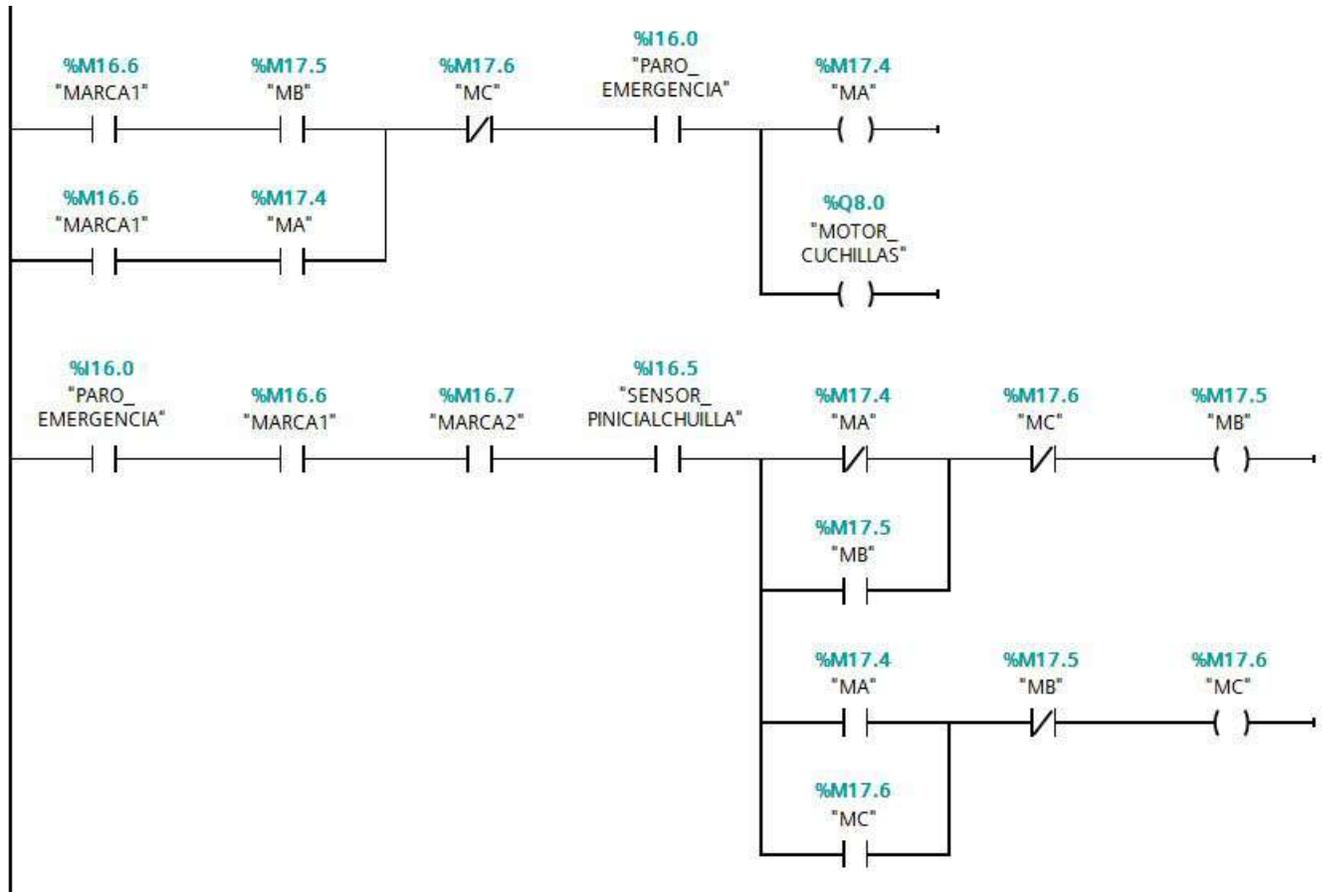
**Nota:** En la imagen se puede identificar un dispositivo de control, en este caso, un contactor, que cumple la función de un sensor. Este sensor está diseñado para regular y permitir la activación de los rodillos de arrastre únicamente cuando detecta la terminación de una etiqueta.

■ **Fase 4**

- En esta fase del proceso, la cuchilla ha sido previamente activada por el sensor de impresión. El sistema de poleas está sujeto a un control condicional basado en la información proporcionada por un sensor inductivo. Este sensor inductivo se encarga de verificar si las cuchillas se encuentran en su posición inicial. Si el sensor indica que las cuchillas están en la posición inicial, entonces se permite la activación del sistema; en caso contrario, el sistema no se activará todo esto se lo observa en la Figura 100 presentada a continuación.

**Figura 100**

*Cuarto segmento de programación en Tía Portal.*



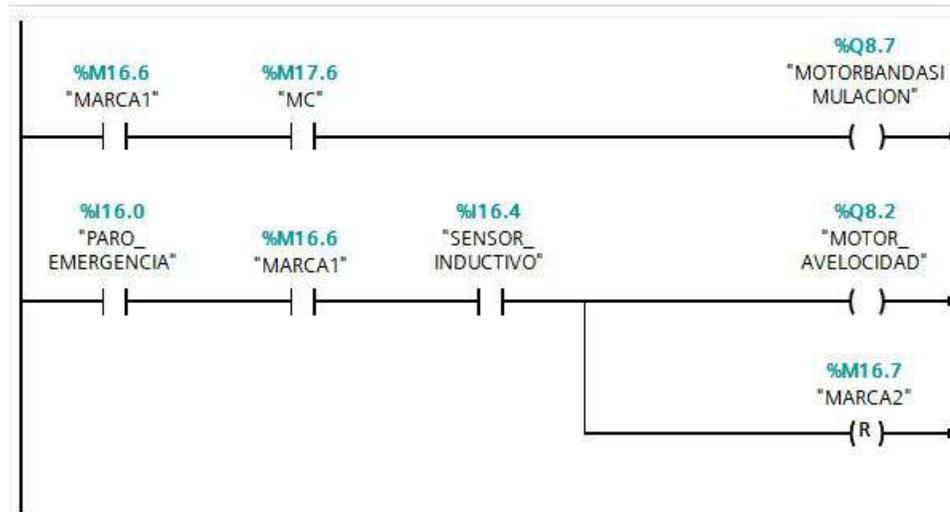
**Nota:** En la representación gráfica, se puede reconocer la presencia de un contactor que simboliza la función del sensor inductivo. Además, las bobinas conectadas al contactor representan los elementos que activan el sistema de poleas encargado de controlar las cuchillas.

- **Fase 5**

- En esta última etapa, la fajilla ya ha sido cortada y se encuentran dos motores responsables de accionar los rodillos que tienen la función de colocar la fajilla sobre la lata. Para lograr este proceso, se utiliza un sensor inductivo que actúa como disparador, activando los rodillos cuando detecta la presencia de una lata que se desplaza, esto se lo puede observar en la Figura 101.

**Figura 101**

*Quinto segmento de programación en Tía Portal.*

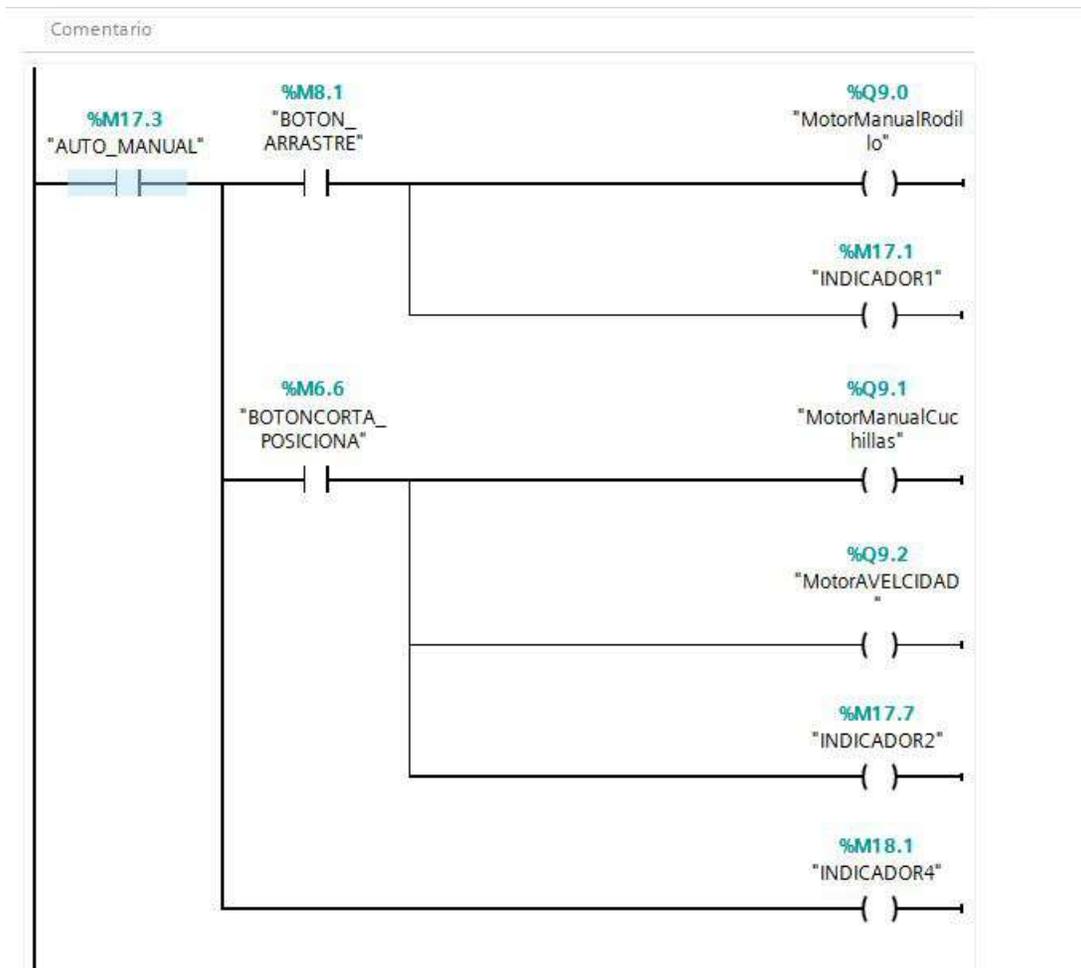


**Nota:** En la figura se observa un contactor que representa un sensor inductivo encargado de activar la bobina del motor de posicionamiento de fajilla.

- **Modo Manual**
- En este modo de operación, cada fase del proceso está equipada con un botón correspondiente que tiene la función de activar los actuadores específicos, permitiendo de esta manera verificar el correcto funcionamiento de cada componente de manera individual, el modo mencionado se lo puede observar a continuación en la Figura 102.

**Figura 102**

*Configuración manual del sistema .*



**Nota:** En la figura, se puede identificar un selector que desempeña un papel crucial al definir el modo de funcionamiento del sistema. Además, se observan dos contactores que tienen la responsabilidad de poner en marcha el motor de los rodillos, uno para el motor de los rodillos principales y otro para el motor de los rodillos encargados del posicionamiento de la fajilla.

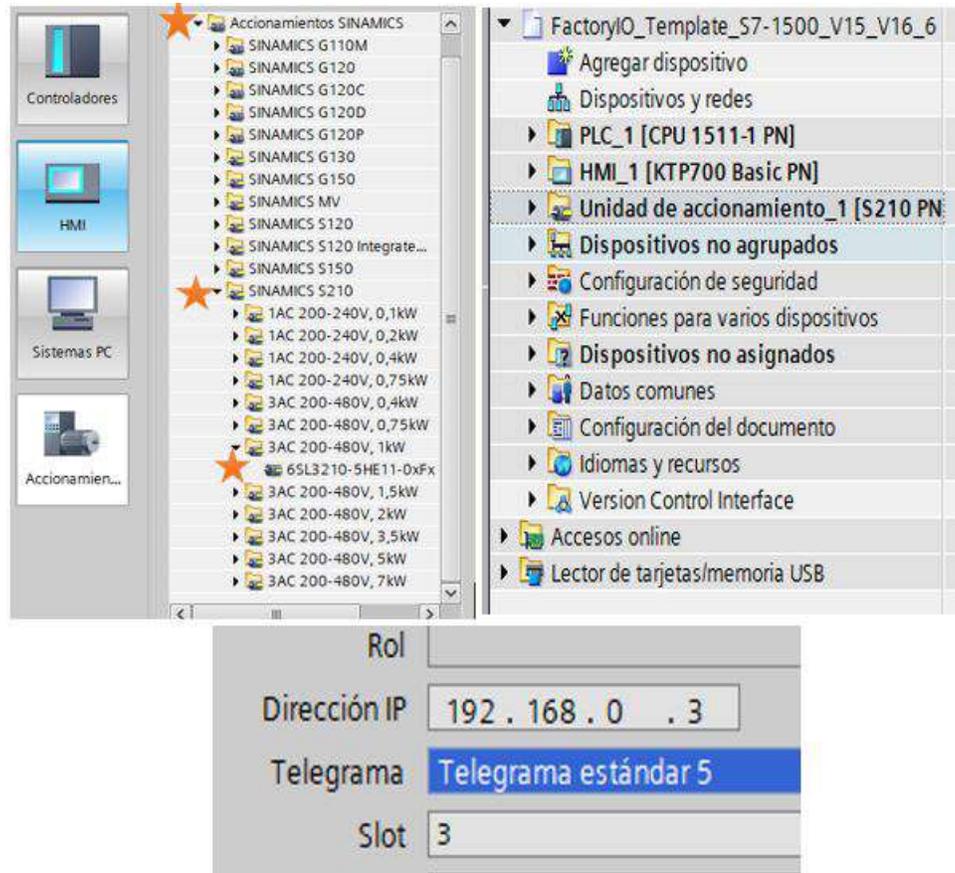
### 6.13.7. Control de velocidad para los servomotores

- Asignación de Servo Drive S210

Para la programación, se ha incorporado el servo drive que se utilizará, como se puede apreciar en la Figura 103.

**Figura 103**

*Asignación de Servo Drive S210 y telegrama estandar 5*



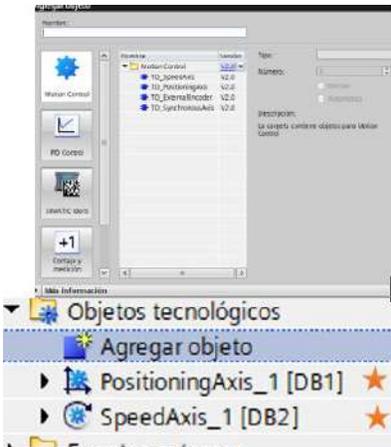
**Nota:** En la figura se observa la asignación del protocolo de comunicación telegrama estándar 5 y la asignación del servo drive S210, conforme a (SIEMENS, 2022).

- Asignación de objetos tecnológicos para el posterior funcionamiento de bloques de control de velocidad y posición.

En el proceso de programación, es necesario agregar objetos tecnológicos que desempeñarán la función de activar los bloques de programación. Esta acción se ilustra en la Figura 104.

**Figura 104**

*Asignación de objetos tecnológicos*



**Nota:** En la figura se observa la asignación de los diferentes objetos tecnológicos para el control del servomotor de corte y arrastre, conforme a (SIEMENS, 2022).

- Asignación de bloques para el posterior control de velocidad y posición de los servomotores

Estos bloques ya están predefinidos en TIA PORTAL, por lo que se pueden agregar directamente desde su biblioteca, como se puede apreciar en la Figura 105.

**Figura 105**

*Asignación de bloques de control*



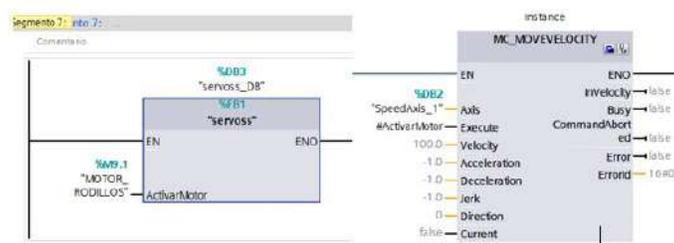
Nombre	Versión
Contaje y medición	V4.1
PID Control	
Motion Control	V2.0
MC_Power	V2.0
MC_Reset	V2.0
MC_Home	V2.0
MC_Halt	V2.0
MC_MoveAbsolute	V2.0
MC_MoveRelative	V2.0
MC_MoveVelocity	V2.0
MC_MoveJog	V2.0

**Nota:** En la figura se observa la asignación de los diferentes bloques para el control del servomotor de corte y arrastre, conforme a (SIEMENS, 2022).

En el proceso de programación, se asignan los bloques previamente seleccionados directamente al programa principal y se asignan las variables que se utilizarán en la programación, como se muestra en la Figura 106.

**Figura 106**

*Asignación de bloques de control de velocidad para los rodillos de arrastre*

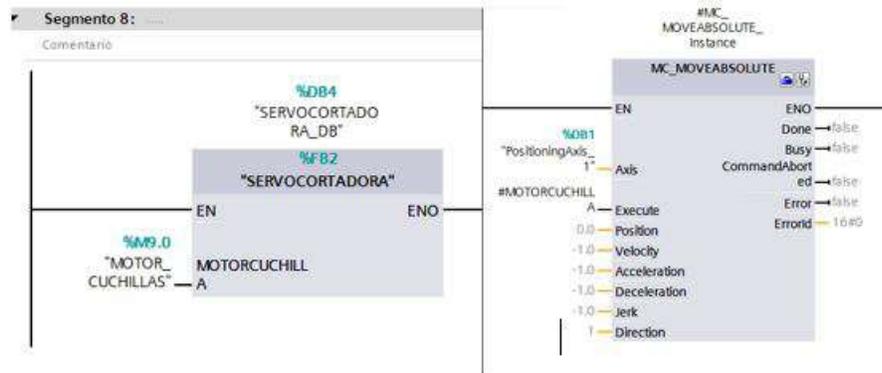


**Nota:** En la figura se observa la asignación del bloque de control de velocidad, conforme a (SIEMENS, 2022).

En el proceso de programación, se asignan los bloques previamente seleccionados directamente al programa principal y se asignan las variables que se utilizarán en la programación, como se muestra en la Figura 107.

**Figura 107**

*Asignación de bloques para el posterior control de posición y velocidad para el sistema de cuchillas*

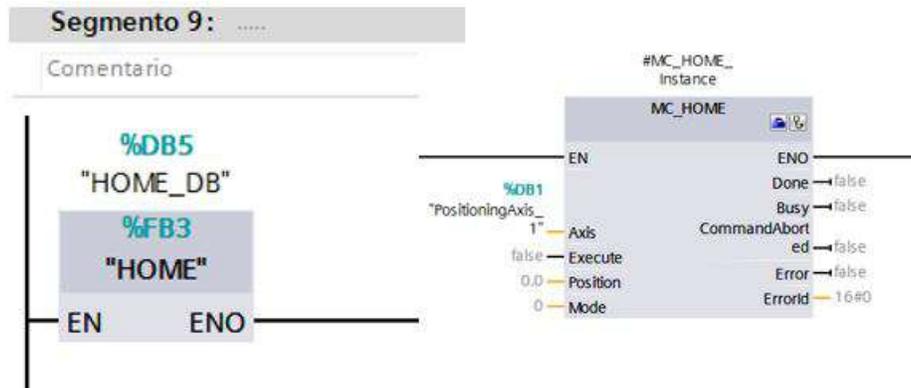


**Nota:** En la figura se observa la asignación del bloque de control de posición , conforme a (SIEMENS, 2022).

En el proceso de programación, se asignan los bloques previamente seleccionados directamente al programa principal y se asignan las variables que se utilizarán en la programación, como se muestra en la Figura 108.

**Figura 108**

*Asignación de bloque para setear la posición del servomotor para el sistema de cuchillas*

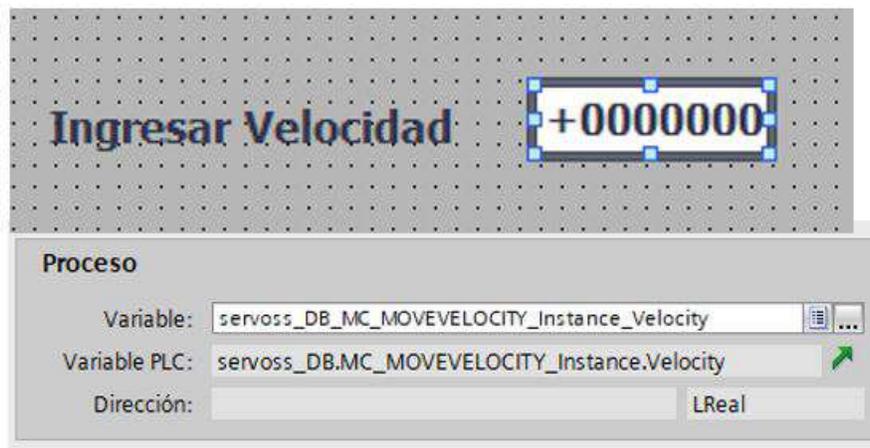


**Nota:** En la figura se observa la asignación del bloque de seteo de posición , conforme a (SIEMENS, 2022).

La asignación de valores a las variables se llevó a cabo mediante la inserción directa de los valores desde el bloque de datos correspondiente a cada bloque ubicado en el programa principal. Este proceso se realizó al acceder directamente a la interfaz del HMI y definir los valores para cada botón, en este caso fue la de velocidad de arrastre, como se puede apreciar en la representación visual de la Figura 109.

**Figura 109**

*Configuración de la variable de velocidad en el HMI KTP 700 Basic*



**Nota:** En la figura se observa la asignación de la variable de velocidad directamente en el bloque de datos del bloque de control de velocidad , conforme a (SIEMENS, 2022).

La asignación de valores a las variables se llevó a cabo mediante la inserción directa de los valores desde el bloque de datos correspondiente a cada bloque ubicado en el programa principal. Este proceso se realizó al acceder directamente a la interfaz del HMI y definir los valores para cada botón, en este caso se asignó valor a la variable de posición, como se puede apreciar en la representación visual de la Figura 110.

## Figura 110

*Configuración de la variable de posición en el HMI KTP 700 Basic*



**Nota:** En la figura se observa la asignación de la variable de posición directamente en el bloque de datos del bloque de control de posición , conforme a (SIEMENS, 2022).

La asignación de valores a las variables se llevó a cabo mediante la inserción directa de los valores desde el bloque de datos correspondiente a cada bloque ubicado en el programa principal. Este proceso se realizó al acceder directamente a la interfaz del HMI y definir los valores para cada botón, en este caso se asignó valor a la variable de reset y velocidad de corte como se puede apreciar en la representación visual de la Figura 111.

**Figura 111**

*Configuración de la variable de velocidad y posición de origen en el HMI KTP 700 Basic*



**Nota:** En la figura se observa la asignación de la variable de velocidad y posición de origen directamente en el bloque de datos del bloque de control del servomotor de corte , conforme a (SIEMENS, 2022).

## 7. Resultados

### 7.1. Parámetros iniciales establecidos para el diseño

Los valores iniciales de los parámetros fueron obtenidos de manera directa de la planta de producción de cerveza artesanal denominada "La Paz". Esto se realizó con el propósito de ajustar y personalizar el diseño de la máquina de acuerdo a los requerimientos específicos de dicha instalación. Esta acción se la puede observar en la Tabla 39.

**Tabla 40***Parámetros iniciales*

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>
1. Presión de trabajo	6,89 Bar
2. Velocidad máxima de la banda transportadora	1750 rpm
3. Espacio entre lata	10 cm
4. Ancho de la banda transportadora	25 cm
5. Dimensiones de la lata (355 ml)	156,6 mm ·57,4( <i>Diámetro</i> )mm
6. Dimensiones de la fajilla	156,6 mm ·59,4( <i>Diámetro</i> )mm
7. Espacio máximo de trabajo	2,13 m ·1,85m
9. Material de construcción	Acero inoxidable AISI 304
10. Producción media por lote	4 pallets
15. Voltaje de operación de los sistemas de fuerza	220V trifásico
16. Tiempo estimado de fajillado manual	8 horas (10 mil latas)

**Nota:** Parámetros iniciales recolectados en el área de producción de la cervecería artesanal "La Paz".

## **7.2. Diseño mecatrónico para una máquina fajilladora**

En la Tabla 40 se presenta una enumeración de los materiales específicamente elegidos para la confección de cada una de las componentes que integran la máquina, detallando así la selección material para el diseño de dichas piezas.

**Tabla 41**

*Materiales de diseño de la máquina fajilladora.*

Mecanismo	Material	Norma
Máquina fajilladora	Acero Inoxidable 304	INEN RTE - 246
Cuerpo de rodillos	Aluminio 6063	AISI
Placas de sujeción	Acero ASTM A36	ASTM
Ejes roscados	Acero AISI 4041	AISI
Mandril	Poliamida 6	INEN RTE - 253
Rodillos de arrastre	Poliéster SBR	-

**Nota:** Se aprecia los materiales usados para la propuesta de diseño de la máquina fajilladora de latas de cerveza.

La Tabla 41 observa la elección precisa de las correas que serán utilizadas en el proceso de diseño de la máquina, proporcionando un registro detallado de las correas seleccionadas para su incorporación en el proyecto.

**Tabla 42**

*Resultado de la elección de las diferentes correas dentadas.*

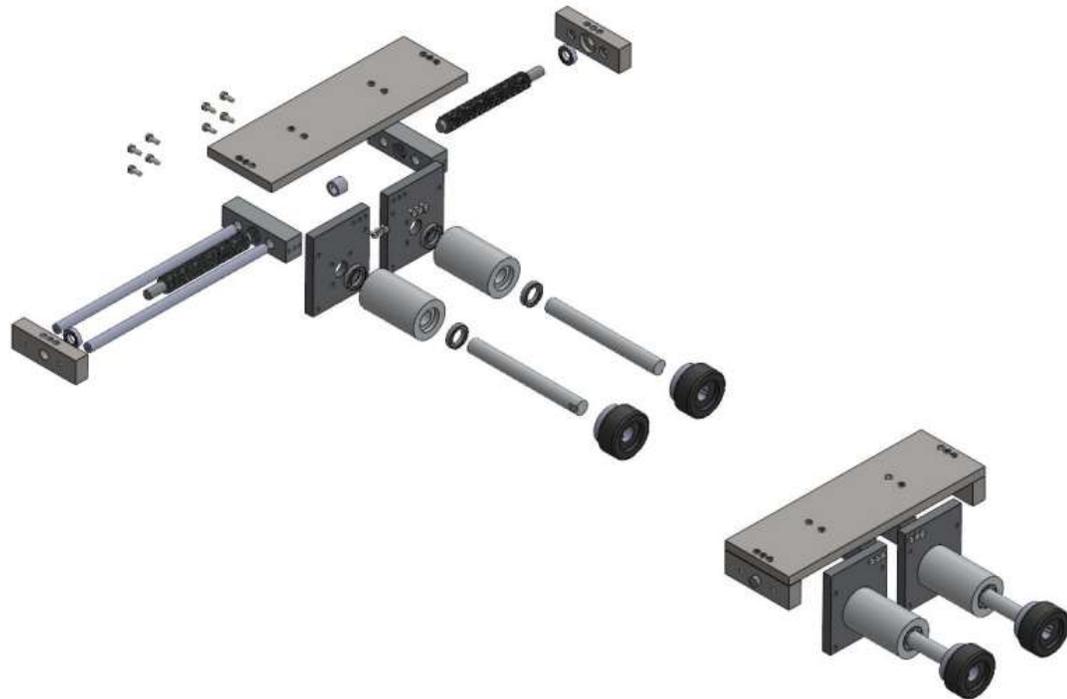
Nombre	Descripción
Correa dentada del mecanismo de corte.	565-5M-25mm 242 dientes
Correa dentada para el movimiento de rodillos de arrastre.	890-5M-15mm 178 dientes

**Nota:** Se presenta las dos correas dentadas resultado de la elección según sus dimensiones y características.

En la Figura 112 se presenta el diseño mecánico de los rodillos encargados de llevar a cabo la función de expulsar la fajilla sobre la lata de cerveza.

## Figura 112

*Diseño de los rodillos de disparo de fajilla.*



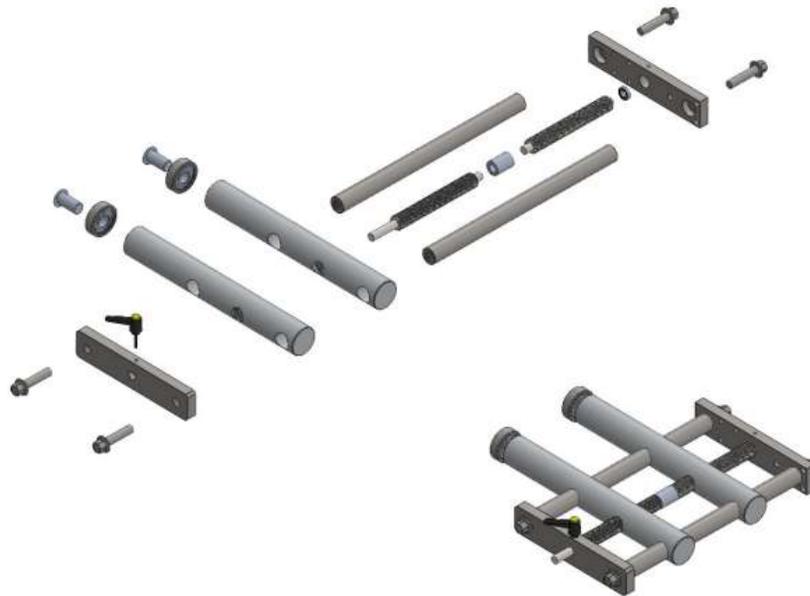
**Nota:** En la figura se aprecia la propuesta de diseño para los rodillos disparadores de fajilla, realizado en el software CAD Solidworks.

Conjunto mecánico encargado del disparo y posicionamiento de fajilla, el diseño completo se lo puede encontrar en **ANEXO B**.

En la Figura 113 se observa los rodillos encargados de mantener el mandril en una posición estable y ajustar la sujeción del mismo.

### Figura 113

*Diseño de los rodillos de ajuste de mandril.*



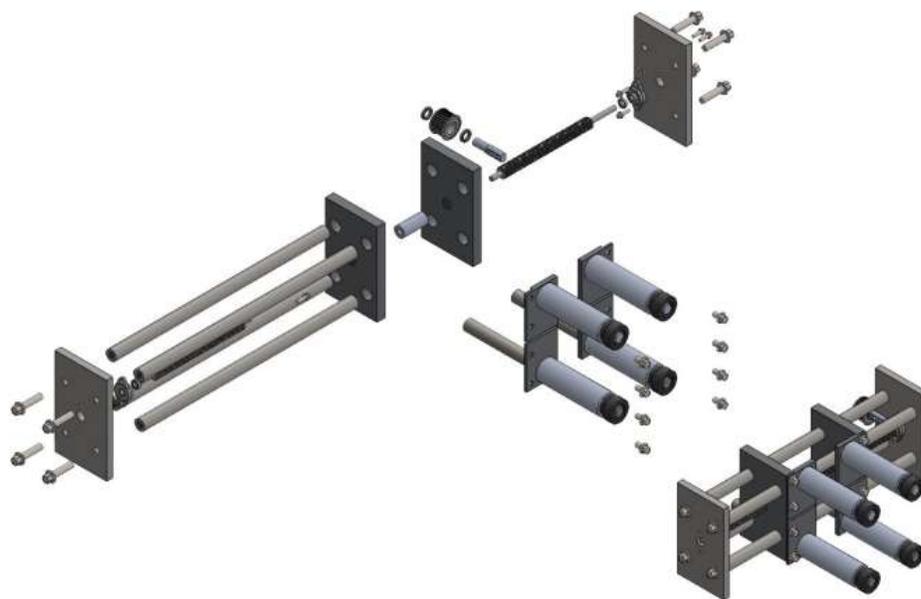
**Nota:** En la figura se aprecia la propuesta de diseño para los rodillos de ajuste de mandril, realizado en el software CAD Solidworks.

Conjunto mecánico encargado de ajustar el mandril de fajilla, el diseño completo se lo puede encontrar en **ANEXO B**.

En la Figura 114 se aprecia la representación gráfica de los rodillos que tienen la responsabilidad de conducir la fajilla a lo largo del mandril, cumpliendo simultáneamente la función de proporcionar estabilidad al propio mandril.

## Figura 114

*Diseño de los rodillos principales.*



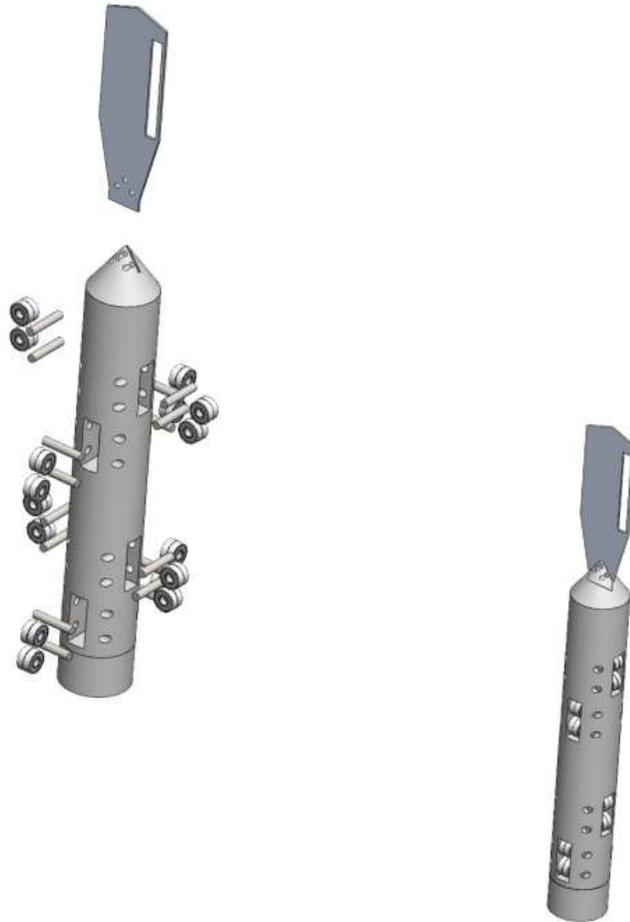
**Nota:** En la figura se aprecia la propuesta de diseño para los rodillos principales, realizado en el software CAD Solidworks.

Conjunto mecánico encargado del arrastre de fajilla y ajuste longitudinal del mandril , el diseño completo se lo puede encontrar en **ANEXO B**.

En la Figura 115 se observa el mandril el cual es el encargado de sensar y dar forma a la etiqueta para su posterior proceso.

## Figura 115

*Diseño del mandril.*



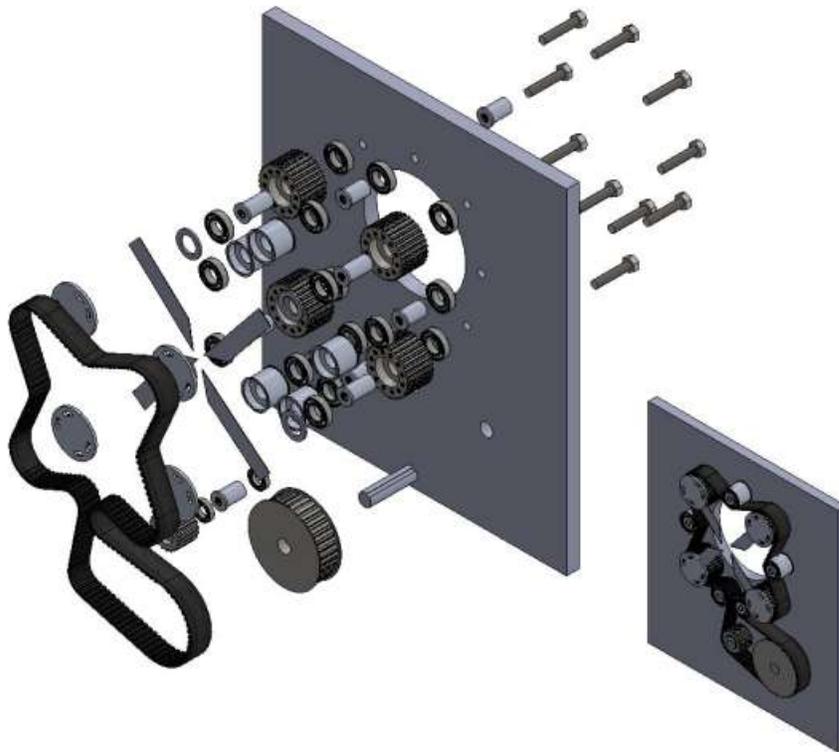
**Nota:** En la figura se aprecia la propuesta de diseño del mandril, realizado en el software CAD Solidworks.

Conjunto mecánico encargado de dar forma a la etiqueta antes de ser cortada y fajillada, el diseño completo se lo puede encontrar en **ANEXO B**.

En la Figura 116 se observan el sistema de poleas y cuchillas encargado de realizar el corte de la fajilla.

## Figura 116

*Diseño del mecanismo de corte.*



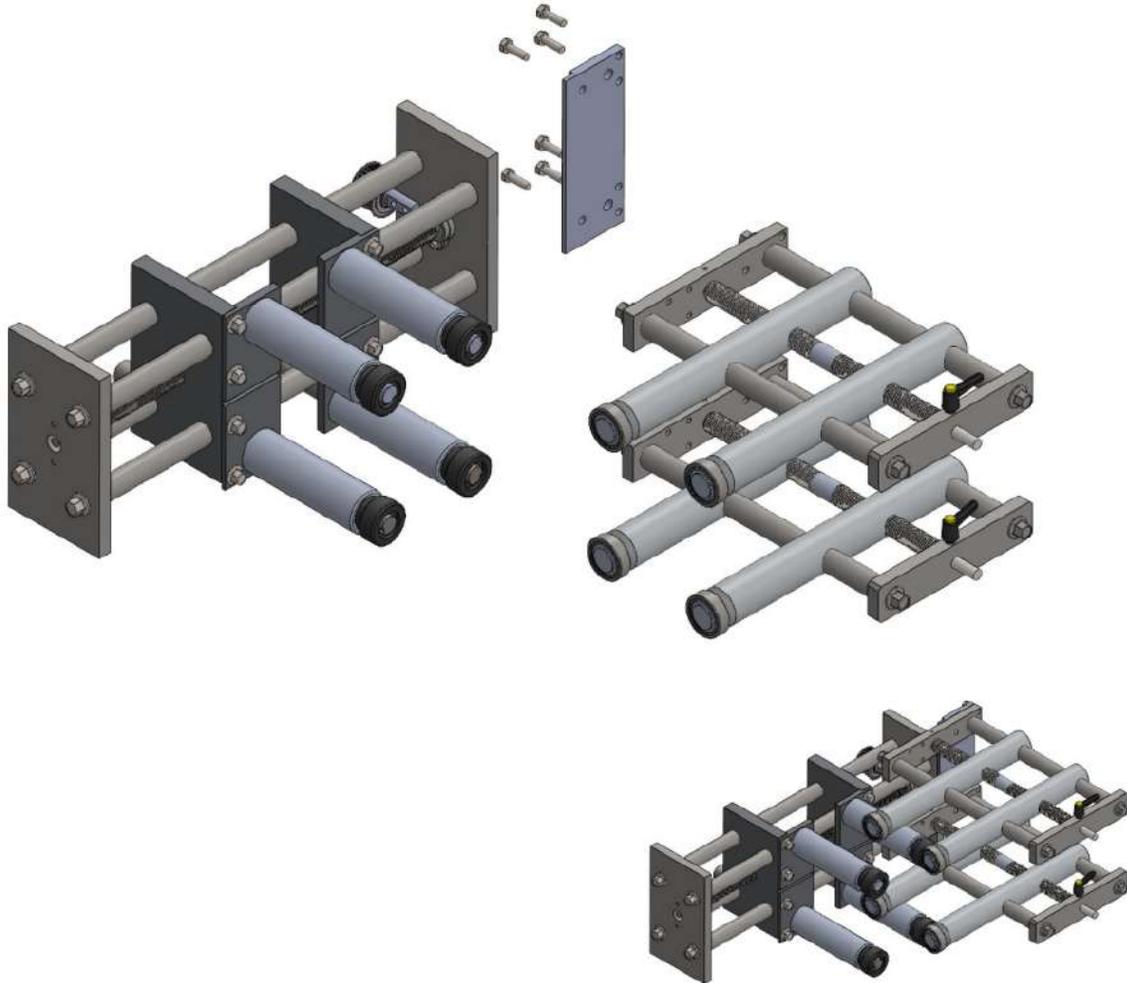
**Nota:** En la figura se aprecia la propuesta de diseño del mecanismo de corte compuesto por correas dentadas, poleas dentadas y rodamientos de tensión, realizado en el software CAD Solidworks.

Conjunto mecánico encargado de cortar de manera uniforme la fajilla o etiqueta, el diseño completo se lo puede encontrar en **ANEXO B**.

La unión de los dos sistemas de rodillos son los que brindan estabilidad al sistema y aseguran un correcto posicionamiento de fajilla, como se ilustra en detalle en la Figura 117.

**Figura 117**

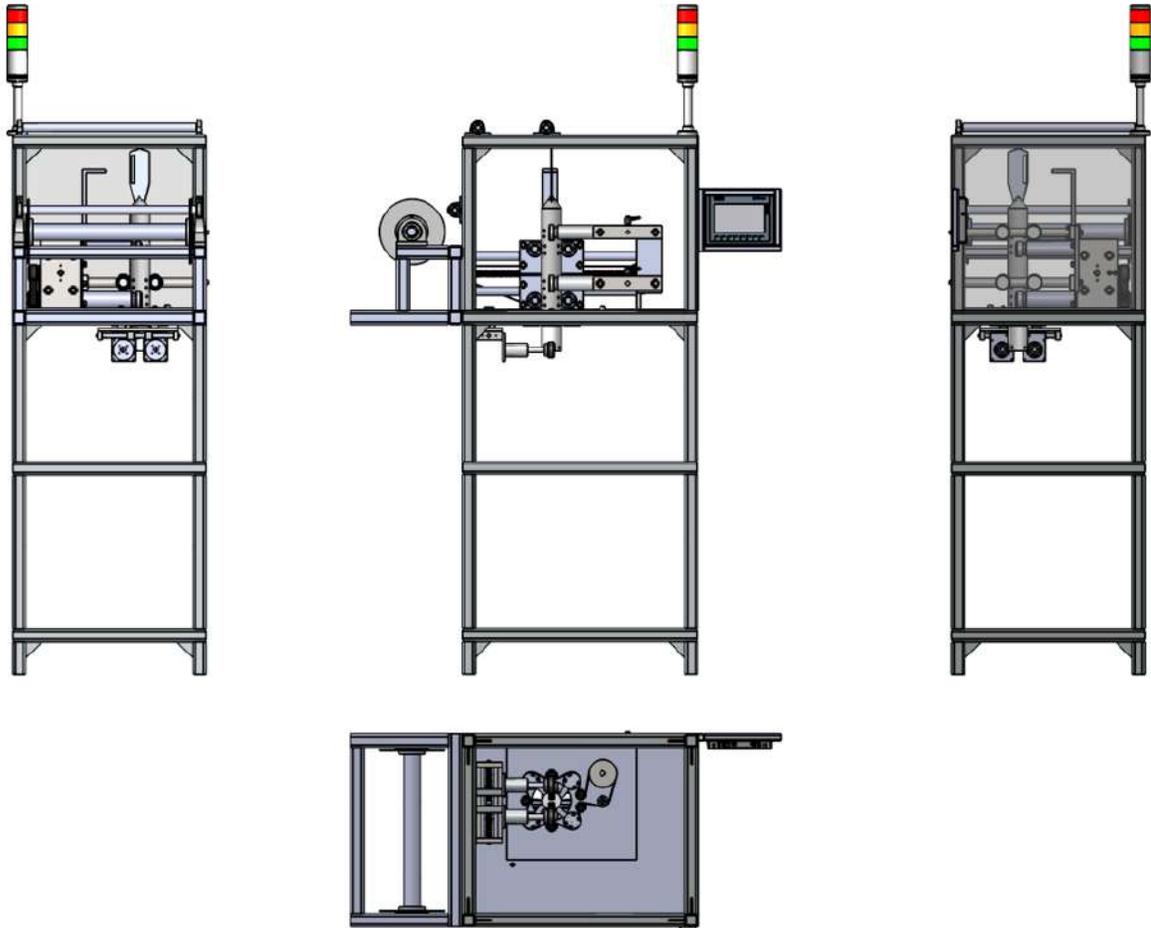
*Diseño de la asociación entre los rodillos principales y de ajuste..*



**Nota:** En la figura se aprecia la propuesta de diseño de la unión entre dos mecanismos mediante una placa con pernos realizado en el software CAD Solidworks.

**Figura 118**

*Diseño de la máquina fajilladora de latas de cerveza.*



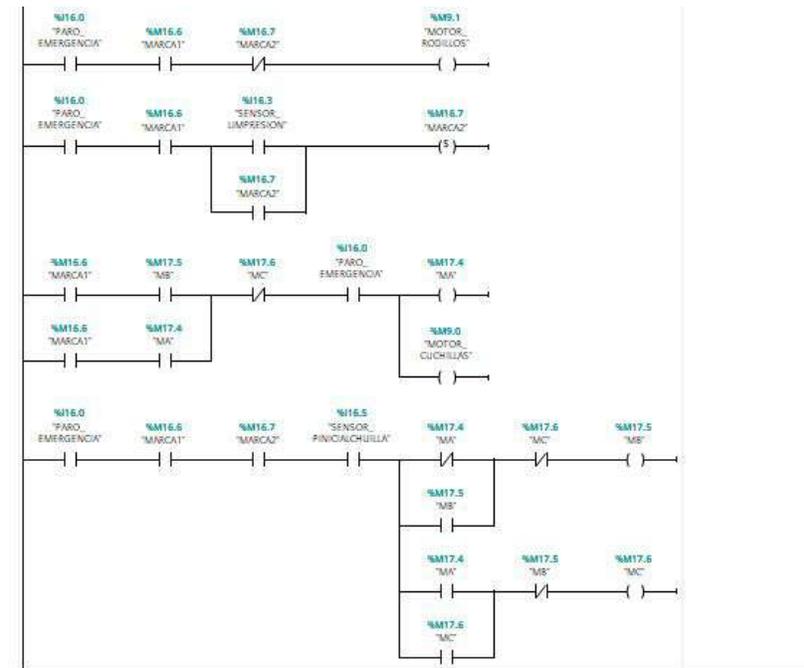
**Nota:** En la figura se aprecia la propuesta de diseño de la máquina fajilladora de latas de cerveza, realizado en el software CAD Solidworks.

En la representación gráfica se puede apreciar el diseño de control que abarca las diferentes etapas de cada proceso que involucra la máquina fajilladora. En esta representación, se encuentran claramente identificados los dispositivos de acción (actuadores) y los dispositivos de detección (sensores) asociados a cada fase del proceso. Todo esto se encuentra expresado en lenguaje de programación Ladder, que es comúnmente utilizado en la programación de controladores lógicos programables (PLC) en el contexto de la automatización industrial. Se lo puede observar en la Figura 119.

Las variables que se utilizaron se pueden observar en el **ANEXO H**.

**Figura 119**

*Programación destinada a garantizar el adecuado funcionamiento eléctrico, electrónico y de control de un sistema o dispositivo.*



**Nota:** En la figura se observa la programación de la máquina fajilladora realizada en TIA PORTAL, conforme a (AFM, 2020).

### 7.3. Resultados de la simulación de la propuesta de diseño para una máquina fajilladora

Dentro lo que conforma la simulación y validación de a propuesta de diseño de una máquina fajilladora de latas de cervezas se realizo análisis estático de los elementos que conforman el sistema lo que permitió validar los parámetros iniciales establecidos anteriormente, se analizo los subconjuntos más críticos o que se supone deben soportar algunas cargas considerables, para esto se examino los siguientes apartados:

- Deformación máxima
- Factor de seguridad
- Análisis estático bajo el criterio de Von Mises

- Diagramas de momento cortante (en el caso de la estructura)

### 7.3.1. Resultado y evaluación de la simulación de la estructura de la fajilladora.

Los resultados obtenidos de las simulaciones efectuadas mediante el software SolidWorks, junto con sus correspondientes datos de resultado, los mismo que son presentados en la Tabla 43.

**Tabla 43**

*Resultado de la elección de las diferentes correas dentadas.*

Parámetro	Valor
Deformación máxima	0,037mm
Factor de seguridad	4
Esfuerzo cortante máximo	230N
Criterio de Von Mises.	Limite elástico de la estructura 3,74E+6 Pa (Límite elástico del material: 6,20E+8 Pa)

**Nota:** Se presenta las dos correas dentadas resultado de la elección según sus dimensiones y características.

Se constata que el diseño es correcto y válido ya que los esfuerzos analizados en la simulación estática no arrojan resultados que indiquen deformaciones significativas, además que el factor de seguridad es elevado para asegurar la ampliación del sistema o posibles errores a la hora de la construcción física.

### 7.3.2. Resultado y evaluación de la simulación de las placas de sujeción.

Los resultados derivados de los cálculos efectuados y de la investigación bibliográfica realizada con el fin de respaldar la elección apropiada de las correas dentadas se encuentran reflejados de manera detallada en la Tabla 44.

#### **Tabla 44**

*Resultado de la elección de las diferentes correas dentadas.*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Deformación máxima	0,00321mm
Factor de seguridad	4
Tornillos de sujeción de placa principal	6 tornillos - M4

**Nota:** Se presenta las dos correas dentadas resultado de la elección según sus dimensiones y características.

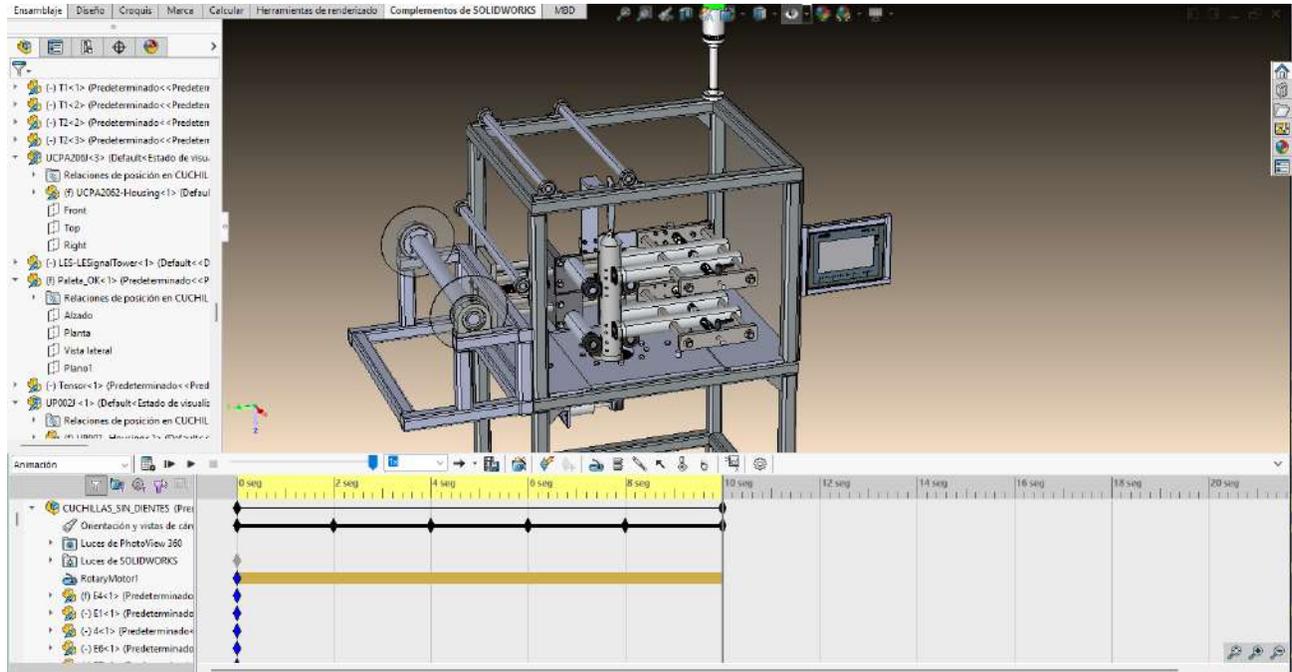
Al igual que la simulación anterior se logra constatar que el diseño es correcto y válido ya que los esfuerzos analizados en la simulación estática no arrojan resultados que indiquen deformaciones significativas, además que el factor de seguridad es elevado para asegurar la ampliación del sistema o posibles errores a la hora de la construcción física, además se propuso usar 3 tornillos M4 para cada unión de los subsistemas por la geometría y momento que genera al girar o apretar los tornillos sin fin.

#### **7.3.3. Resultado y evaluación de la maquina fajilladora.**

Para la validación de la máquina fajilladora se utilizo la herramienta de SolidWorks simulación basado en eventos, en donde se ingreso los parámetros principales para simular el funcionamiento mecánico y eléctrico de la máquina fajilladora, es decir sensores y actuadores pueden trabajar de manera secuencial y ordenada, con el fin de determinar que el calculo de reducción de tiempo de fajillado sea el correcto, los resultado se los muestra en la Figura 120 y Tabla 45.

**Figura 120**

*Simulación de la máquina fajilladora.*



**Nota:** En la figura se aprecia la simulación del tiempo de fajillado.

**Tabla 45**

*Latas fajilladas a lo largo del tiempo.*

Parámetro	Valor calculado	Valor simulado
Tiempo de fajillado	3 latas por segundo 180 por minuto	2,8 latas por segundo 168 latas por segundo

**Nota:** Se presenta la cantidad de latas fajilladas y comparadas entre simuladas y calculadas.

Por consiguiente resulta en una importante optimización de tiempo, recursos y carga física de parte de los operadores que se dedican a fajillar de manera manual las latas de cerveza, además de una importante optimización de desperdicios generados a la hora del fajillado manual, cuantitativamente representa, lo anterior descrito se lo observa en la Tabla

46 presentada a continuación.

**Tabla 46**

*Comparativa entre fajillado manual y automático.*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Tiempo de fajillado manual	10 mil latas fajilladas en 8 horas.
Tiempo estimado de fajillado automático	10 mil latas fajilladas de 1 hora a 2 horas con 30 minutos (dependiendo de la velocidad de fajillado).

**Nota:** En la tabla se observa la comparativa entre el fajillado manual y el fajillado automático de la máquina fajilladora.

Lo que representa una mejora de tiempo de fajillado de entre un **65 % y un 80 %** dependiendo de la velocidad de fajillado de la máquina , este factor lo determina la velocidad de la banda transportadora de latas de cerveza.

#### **7.3.4. Resultados de la simulación del diseño de control PLC**

Se llevó a cabo una evaluación exhaustiva de los diversos actuadores y sensores incorporados en el sistema de fajillado mediante la ejecución de una simulación en el software Factory. Este programa desempeña un papel fundamental al verificar la idoneidad y el funcionamiento adecuado de los diversos subsistemas que componen la máquina fajilladora. A continuación, se proporciona una representación visual del sistema simulado, la cual se encuentra plasmada en detalle en la Figura 121 con el propósito de presentar de manera gráfica dicho sistema.

## Figura 121

*Simulación de los subsistemas electrónicos, eléctricos y de control utilizando Factory IO como plataforma.*



**Nota:** En la figura se observa el entorno encargado de simular los 3 subsistemas de la máquina fajilladora (AFM, 2020).

La selección de los distintos tipos de actuadores y sensores que se emplearán en estos subsistemas se basó en un proceso que implicó el cálculo y una exhaustiva revisión bibliográfica de las diversas alternativas de motores y sensores que son apropiados para su aplicación en la máquina fajilladora. Todo esto se encuentra justificado dentro del marco metodológico.

## 8. Conclusiones

- Los parámetros iniciales establecidos para el diseño mecatrónico de la máquina fajilladora de latas de cerveza automática para la Cervecería Artesanal La Paz se basaron en una recopilación de datos directamente de la planta de producción y a entrevistas realizadas al supervisor de producción. Estos valores incluyen una presión de trabajo de 6,89 Bar, una velocidad máxima de la banda transportadora de 1750 rpm para asegurar un flujo

eficiente, un espacio entre latas de 10 cm que garantiza un fajillado sin interferencias, un ancho de la banda transportadora de 25 cm, dimensiones precisas de las latas y las fajillas (156,6 mm x 57,4 mm y 156,6 mm x 59,4 mm, respectivamente), un espacio máximo de trabajo de 2,13 m x 1,85 m para la máquina, la elección de acero inoxidable AISI 304 como material de construcción para garantizar durabilidad e higiene, una producción media por lote de 4 pallets, un voltaje de operación de 220V trifásico para los sistemas de fuerza y un tiempo estimado de fajillado manual de 8 horas para procesar 10 mil latas. Estos valores representan una base sólida para el diseño de una máquina eficiente y personalizada que se ajusta a las necesidades específicas de la cervecería.

- El diseño de la máquina fajilladora se basó en una estrategia de ingeniería inversa, que implicó el estudio detallado de varios modelos comerciales de máquinas fajilladoras altamente eficientes, como los modelos LX-150 de AFM y JL-T150 de Ecuapack. Este enfoque permitió aprovechar los conocimientos acumulados y los diseños electrónicos probados en la industria, lo que resultó en un ahorro significativo de tiempo y recursos en el proceso de diseño. Además, se emplearon materiales de alta calidad y rendimiento, como acero inoxidable 304, aluminio 6063, acero ASTM A36, acero AISI 4041, poliamida 6 y poliéster SBR, para garantizar la durabilidad y la resistencia requeridas en la operación de la máquina. El diseño también incorporó adaptaciones mecánicas y eléctricas específicas para cumplir con los requisitos de la planta de producción. En cuanto a los componentes eléctricos y de control, se utilizaron motores de alta eficiencia como el SESAME 51K40A(GN)-A y el SIMOTICS S-1FK2, junto con el servodrive S210 y un PLC 1500 para gestionar los procesos de manera precisa y confiable. Además, se implementaron sensores especializados, como el sensor claro/oscuro SICK UFN3-70B413 y el sensor de proximidad inductivo 871TS, para monitorear y controlar de manera efectiva las operaciones de fajillado. El panel de interfaz humano-máquina (HMI) de 7 pulgadas de SIEMENS proporciona una interacción intuitiva con la máquina, facilitando la configuración y supervisión de las operaciones.
- Los resultados de la simulación y validación del diseño de la máquina fajilladora revelan una mejora significativa en la eficiencia de producción. El proceso de fajillado se beneficia de una reducción de tiempo muy alta, alcanzando una disminución de entre un 65% y un 80%, dependiendo de la velocidad de la banda transportadora de latas de cerveza. Además, se confirma que tanto la estructura de la fajilladora como las placas de sujeción cumplen con los criterios de diseño establecidos. La deformación máxima de la estructura es de 0,037mm, mientras que las placas de sujeción presentan una deformación máxima

de 0,00321mm. Ambos componentes tienen un factor de seguridad de 4, lo que asegura la robustez y confiabilidad del sistema, finalmente el sistema HMI y la conexión Profinet aseguran la correcta integración a los sistemas ya existentes de la cervecera debido a que se usan en su mayoría sistemas SIEMENS y de la misma comunicación.

## 9. Recomendaciones

- Tras el diseño y simulación de la máquina fajilladora, se recomienda a la empresa considere la adopción del sistema de fajillado automático, dada la significativa optimización de recursos, como el tiempo, el material y la calidad del fajillado. Esta implementación no solo agilizará la producción y mejorará la calidad del producto final al reducir los errores humanos, sino que también podría impulsar la capacidad de producción y la competitividad en el mercado de la cerveza artesanal, al tiempo que optimiza los recursos disponibles.
- Dado que la simulación dinámica se limitó al análisis del tiempo de fajillado se sugiere simular la dinámica de los demás subsistemas, que aunque no fue un factor determinante en el desarrollo de la propuesta del diseño ya que todo el sistema se mantiene en su mayoría en reposo la simulación de este apartado puede ser beneficioso para la detección de posibles errores en la implementación en la vida real.

## Referencias

- AFM. (2020). *Lx-150 shrink sleeve label* [Manual de la máquina fajilladora LX-150]. Descargado de [https://mju55b.a2cdn1.secureserver.net/wp-content/uploads/2022/08/AFM4510001-LX-150-UG-Rev\\_C.pdf](https://mju55b.a2cdn1.secureserver.net/wp-content/uploads/2022/08/AFM4510001-LX-150-UG-Rev_C.pdf)
- Allen-Bradley. (2021). *Rockwell sensores de proximidad inductivos* [Manual de sensores de proximidad inductivos]. Descargado de <https://www.roydisa.es/wp-content/uploads/2013/01/rockwell-sensores-de-proximidad-inductivos.pdf>
- Ashby, M. F. (1999). *Materials selection in mechanical design*. Butterworth-Heinemann.
- Ayala, E. (2015). *Artificial neural network implementation for prediction of beer taste quality*.
- Beer, I. (2014). *Install beer*. Descargado de <https://installbeer.com/>
- BOHMAN. (2022). *Catálogo de aceros y materiales* [Catálogo de Aceros y Materiales]. Descargado de <https://online.fliphtml5.com/dljug/alyk/#p=1>
- Brito, Galarza. (2020). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control en los procesos de cocción y fermentación para la planta de producción de la cervecería artesanal cuatro ríos*. Descargado de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19902>
- Chan, A. T., y Zheng, J. Z. (2019). Dynamic analysis of mechanical systems using solidworks motion. *Mechanical Engineering Magazine*, 141(3), 56-62.
- Digiflex. (2020). *Tipos de etiquetas y etiquetado*. Descargado de <https://etiquetasdigiflex.com/tipos-de-etiquetas-y-etiquetado-para-botellas/>
- Ecuapack. (2019). *Máquina posicionadora de fajillas*. Descargado de <https://www.ecuapack.com/insertadora-de-fajillas-de-pvc-termoencogible>
- Ensinger. (2020). *Tecamid 6 natural*. Descargado de <https://www.ensingerplastics.com/es-br/semielaborados/plastico/pa6-tecamid-6-natural>
- Euautomation. (2022). *Sensor 871ts*. Descargado de <https://www.se.com/co/es/search/?q=XS518B1PAL2&submit=Search>
- FILLEX. (2020). *Latas de aluminio*. Descargado de <https://es.fillex-packer.com/Lata-elegante-de-355-ml-pd46149795.html>
- Games, R. (2022). *Factory io*. Descargado de <https://realgames.co/>
- GKS. (2020). *Servomotor de ca gks serie sjt*. Descargado de [techdesign.com.ec/tech/wp-content/uploads/2016/01/servos\\_ac.pdf](http://techdesign.com.ec/tech/wp-content/uploads/2016/01/servos_ac.pdf)
- GORI. (2020). *Etiquetas termoretráctiles en pet-g*. Descargado de <https://industriasgori.com.mx/>
- GRUMBER. (2020). *Propiedades del acero inoxidable*. Descargado de <https://grumber.com.mx/>

- .com/acero-inoxidable-aisi-304/
- Industriales, R. (2018). *Poleas dentadas bbr binasa*. Descargado de <https://brr.mx/>
- industrias, G. (2022). *Motor de precision de induccion*. Descargado de <http://rccindustrial.com/motores-de-precision-de-induccion/>
- INGENIUS. (2020). *CÁlculos de transmisiÓn*. Descargado de <https://ingenius.top/correas-de-transmision-todo-lo-que-debes-saber/>
- INTERMEC. (2019). *Transmisiones por correas dentadas de tiempo y sincronicas manual de seleccion* [MANUAL]. Descargado de <https://onx.la/0bbb0>
- Juárez, Balart, Ferrándiz, y García. (2018). Estudio, analisis y clasificacion de elastomeros termoplasticos. *Revista de Investigación*. Descargado de <https://acortar.link/CykfyR>
- KEYENCE. (2020). *Fundamentos del sensor*. Descargado de <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/photoelectric/info/>
- LATITUDCERO. (2022). *Apachita lata*. Descargado de <https://www.cervecerialatitudcero.com/producto/latitud-cero-apachita-lata/?age-verified=fc6aeb8ac0>
- Lee, J., y Kim, S. (2020). Application of solidworks motion for dynamic analysis in mechanical and mechatronic systems. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 7(1), 135-143. doi: 10.1007/s40684-020-00192-y
- Li, Z., y Zhang, Y. (2018). Event-based modeling and simulation of mechatronic systems in solidworks motion. *Mechatronics*, 54, 61-75. doi: 10.1016/j.mechatronics.2018.05.009
- Lopez, y Solano. (2022). *Diseño mecatrónico de una máquina secadora de botellas de vidrio en una línea de producción de cerveza artesanal* . Descargado de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24292>
- MicroSemiconductor. (2015). *Wf15-40b410*. Descargado de <https://www.micro-semiconductor.com/products/SICK/WF15-40B410>
- OMEGA. (2021). *Power transmission* [Manual técnico de selección de poleas y correas dentadas]. Descargado de [https://www.tecnifajas.com/media\\_tecnifajas/uploads/pdf\\_catalogo/optibelt\\_manual\\_tecnico\\_omega.pdf](https://www.tecnifajas.com/media_tecnifajas/uploads/pdf_catalogo/optibelt_manual_tecnico_omega.pdf)
- ORIENTALMOTORS. (2019). *Ac motors & gear motors*. Descargado de <https://www.orientalmotor.com/ac-motors-gear-motors/index.html>
- Ortiz, R. (2020). *Programación de plc, hmi y comunicaciones en la industria* [Programación de PLC, HMI y comunicaciones en la industria]. Descargado de <http://hdl.handle.net/10614/11026>
- PEPPERL. (2020). *Pepperl magazine*. Descargado de <https://www.pepperl-fuchs.com/>

global/es/39731.htm

- Reddy, J. N. (1993). *Introduction to the finite element method*. New York: McGraw-Hill.
- Reina, L. (2022). *Entrevista sobre los requerimientos para el modelo mecatrónico*. Entrevista personal.
- SADI. (2018). *Poleas dentadas*. Descargado de <https://sadi transmisiones.com/poleas-dentadas/>
- Shenton, S. E. (2017). *Engineering design and graphics with solidworks*. Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- SIEMENS. (2022). *Servos*. Descargado de <https://www.siemens.com/global/en.html>
- SIEMENS. (2023). *Simatic s7-1500*. Descargado de <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500.html>
- STEP. (2022). *Servodrive*. Descargado de <https://www.machine-controller.org/info/what-is-the-difference-between-a-servo-drive-a-56387070.html>
- VKPACK. (2021). *Etiquetadora automática de envoltorios para botellas redondas delante y detrás*. Descargado de <https://spanish.vkpacks.com/automatic-wrap-labeling-machine-round-bottle-front-back.html>
- Vtops. (2021). *Differences between servo motors and stepper motors*. Descargado de <https://www.vtops.com/es/differences-between-servo-motors-and-stepper-motors/>
- YIEH CORP. (2021). *Aluminio serie 3000*. Descargado de <http://aluminum.yieh.com/es/aluminum-3000-series-2>
- ZT-PACK. (2019). *Etiquetadora automática de manga termocontraíble tsb-150*. Descargado de <http://ztpackingmachines.com/1-5-5-automatic-shrink-sleeve-labeler/228089/index.html>

# **ANEXOS**

## Anexo A: Matriz de Consistencia Lógica

Tabla 47

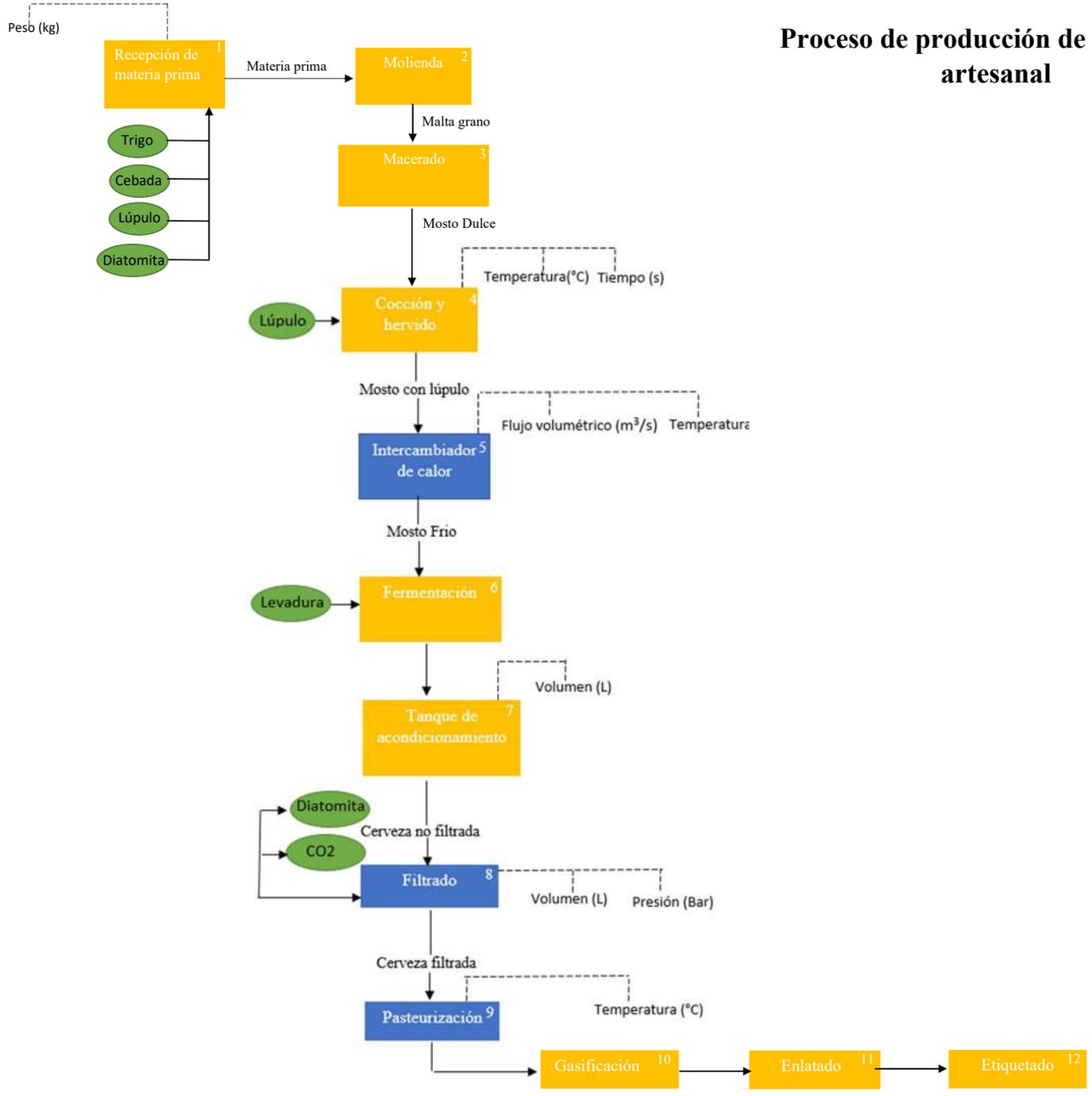
Matriz de consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
¿Es posible diseñar un sistema mecatrónico para una máquina fajilladora de latas de cerveza para la cervecería artesanal La Paz?	Diseñar un sistema mecatrónico para una máquina fajilladora de latas de cerveza artesanal.	Se diseñará un sistema mecatrónico para una máquina fajilladora de latas de cerveza artesanal.	<b>-VI:</b> Diseño Mecatrónico. <b>-VD:</b> Parámetros iniciales.	Diseño electrónico y mecánico para una máquina fajilladora de latas de cerveza..
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
Se podrá establecer los parámetros iniciales para el diseño mecatrónico de una máquina fajilladora de latas de cerveza artesanal?	Establecer los parámetros iniciales para el diseño mecatrónico de una máquina fajilladora de latas de cerveza artesanal para la cervecería artesanal La Paz.	Los parámetros iniciales establecerán el diseño mecatrónico de una máquina fajilladora de latas de cerveza artesanal.	<b>-VI:</b> Parámetros Iniciales. <b>-VD:</b> Diseño Mecatrónico.	Maquina fajilladora de latas de cerveza artesanal.
Es posible proponer un diseño de acuerdo a los parámetros iniciales para una máquina fajilladora de latas de cerveza para la cervecería artesanal La Paz?	Proponer un diseño de acuerdo a los parámetros iniciales para una máquina fajilladora de latas de cerveza para la cervecería artesanal La Paz.	Se propondrá el diseño mecatrónico de una máquina fajilladora de latas de cerveza .	<b>-VI:</b> Parámetros iniciales. <b>-VD:</b> Diseño Macatrónico.	Diseño de una maquina fajilladora de latas de cerveza artesanal.
Se logrará evaluar el diseño mecatrónico de una máquina fajilladora de latas de cerveza para la cervecería artesanal La Paz? .	Evaluar el diseño diseño mecatrónico de una maquina fajilladora de latas de cerveza artesanal.	Se evaluará el diseño mecatrónico de una máquina fajilladora de latas de cerveza artesanal.	<b>-VD:</b> Diseño. operación.	<u>Costo de implementación de la fajilladora</u>

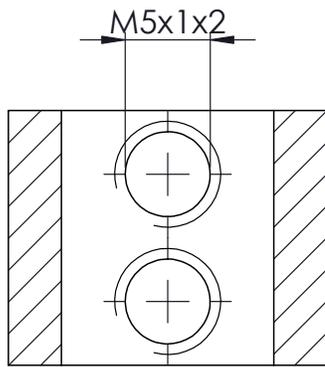
**Nota:** La matriz de consistencia presentada facilita identificar la relación que existe entre las variables y los objetivos además de como se relaciona con el marco teórico referencial.

161 **Anexo B: Proceso de producción de la cerveza artesanal.**

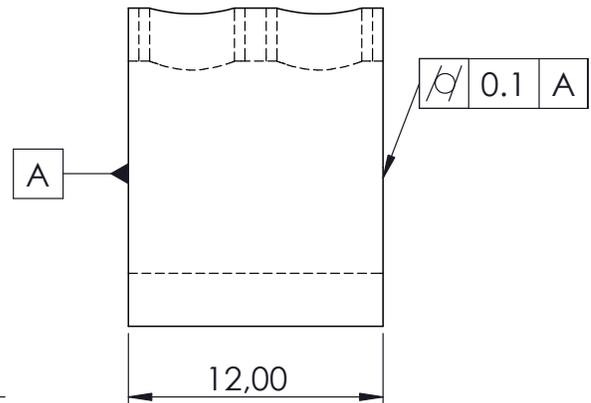
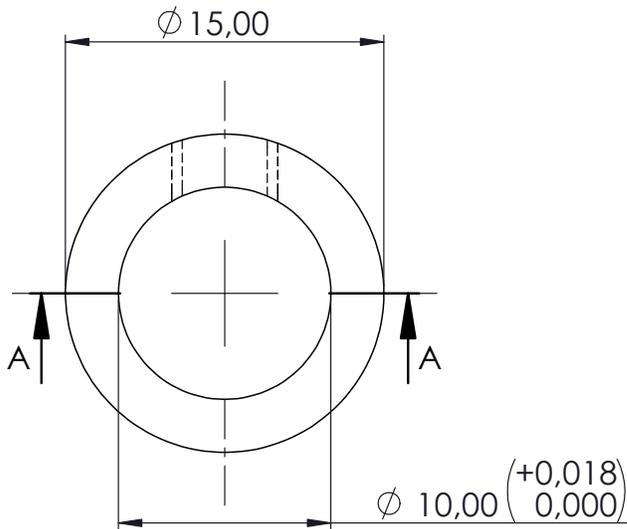
# Proceso de producción de la cerveza artesanal



## **Anexo C: Planos**



SECCIÓN A-A  
ESCALA 3 : 1



Est. Super.

DIN 140

ESCALA

3:1

Tol.gen.

Tol.geom.

Tol.dimen.

ISO2768

ISO1101

ISO286-1



FECHA

DIB.

17/08/2023

REV.

25/08/2023

APRO.

25/08/2023

BULÓN

EDICIÓN  
1

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

HOJA N°  
08

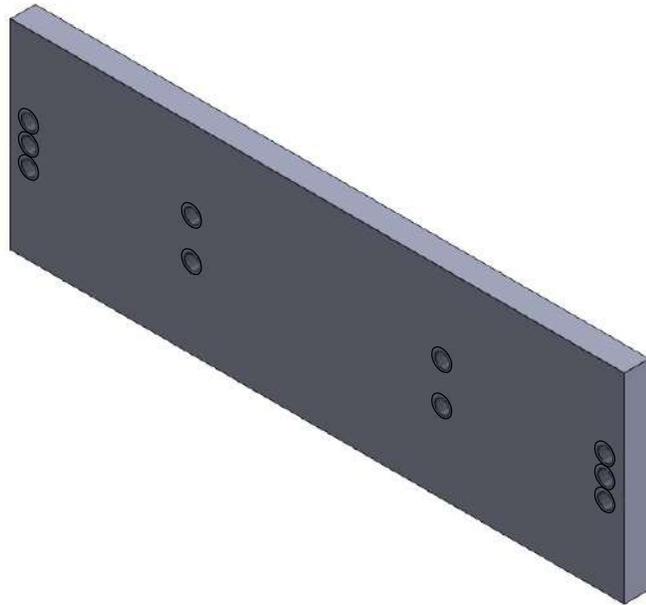
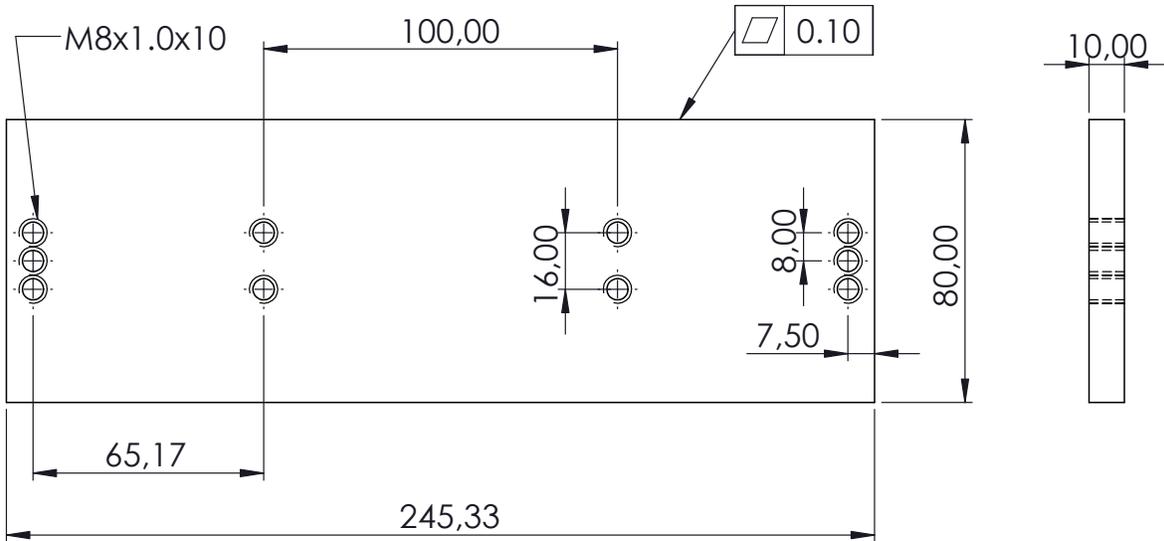
DIBUJADO POR:

JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR

REVISADO POR:

ING. MARLON QUINDE

N° HOJAS  
55



Est. Super.		
DIN 140		
ESCALA	FECHA	
1:2	DIB.	15/08/2021
Tol.gen.	REV.	15/08/2023
Tol.geom.	APRO.	22/08/2023
Tol.dimen.		
ISO2768		
ISO1101		
ISO286-1		

F4 - BASE DE FIJACIÓN

EDICIÓN  
1

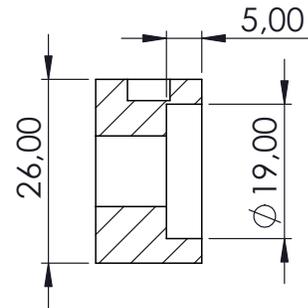
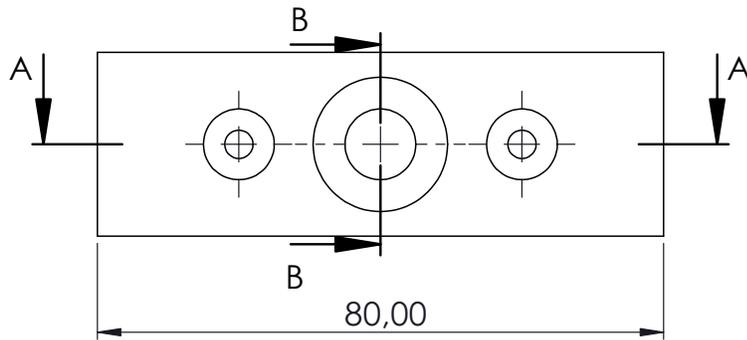
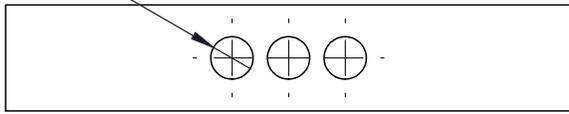
UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

HOJA N°  
09

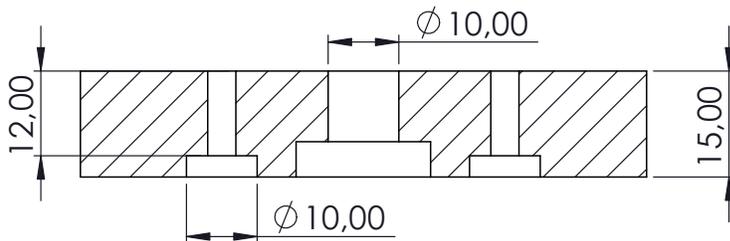
DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
 REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

N° HOJAS  
55

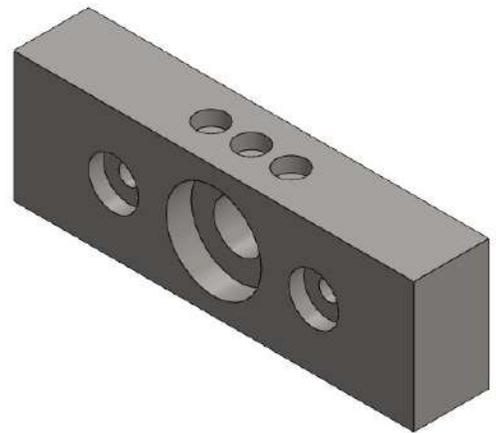
$\varnothing M6 \times 1 \times 3$



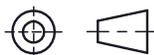
SECCIÓN B-B



SECCIÓN A-A



Est. Super.  
DIN 140  
ESCALA  
1:1  
Tol.gen.  
Tol.geom.  
Tol.dimen.  
ISO2768  
ISO1101  
ISO286-1



FECHA

DIB.	15/08/2023
REV.	22/08/2023
APRO.	22/08/2023

F5- SOPORTE EXTREMO

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

EDICIÓN  
1

HOJA N°  
10

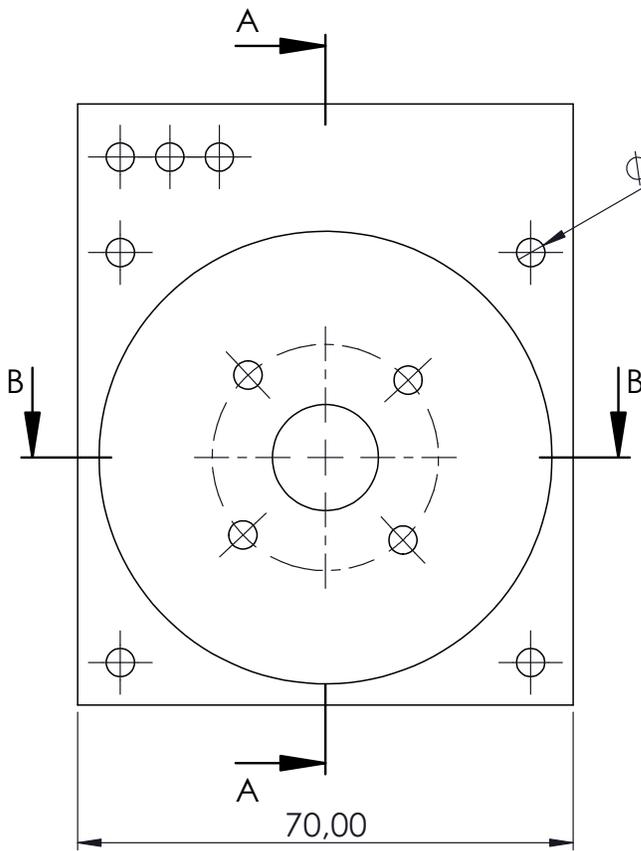
N° HOJAS  
55

DIBUJADO POR:

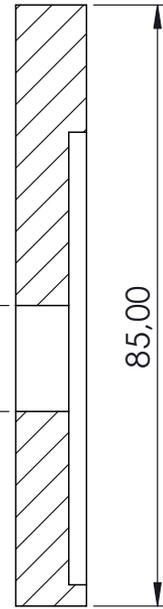
JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR

REVISADO POR:

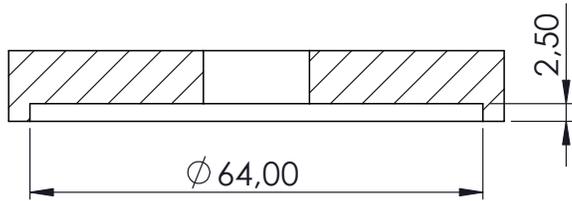
ING. MARLON QUINDE



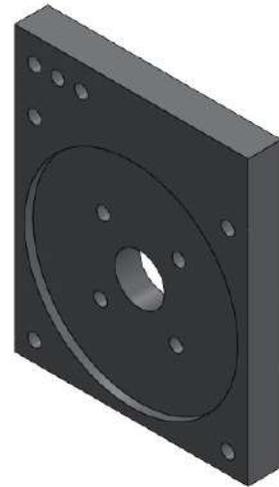
$\phi 15,000$   
( $+0,018$   
 $0,000$ )



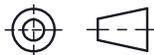
SECCIÓN A-A



SECCIÓN B-B



Est. Super.  
DIN 140  
ESCALA  
1:1  
Tol.gen.  
Tol.geom.  
Tol.dimen.  
ISO2768  
ISO1101  
ISO286-1



FECHA

DIB.	18/08/2023
REV.	22/08/2023
APRO.	22/08/2023

F6 - PLACA MOVIL DE UNIÓN

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

EDICIÓN  
1

HOJA N°  
11

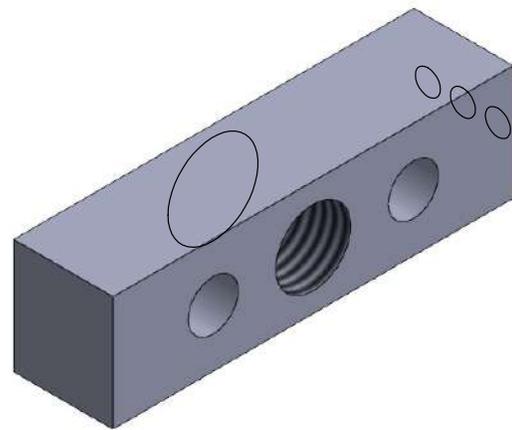
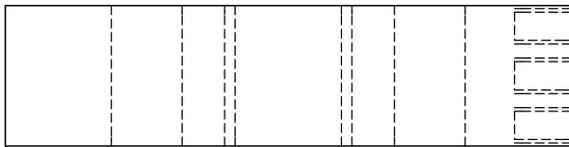
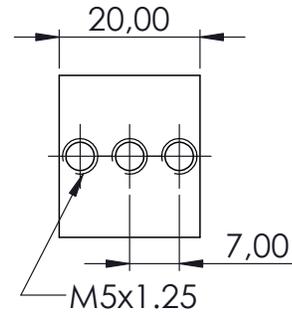
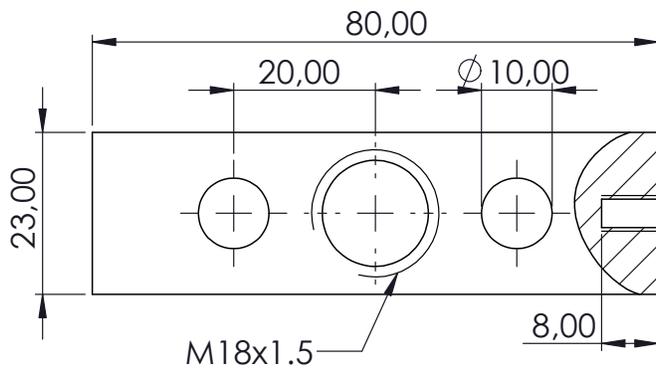
N° HOJAS  
55

DIBUJADO POR:

JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR

REVISADO POR:

ING. MARLON QUINDE



Est. Super.		
DIN 140		
ESCALA	FECHA	
1:1	DIB.	18/08/2023
Tol.gen.	REV.	22/08/2023
Tol.geom.	APRO.	22/08/2023
Tol.dimen.		
ISO2768		
ISO1101		
ISO286-1		

F8 - CABEZA MOVIL

EDICIÓN  
1

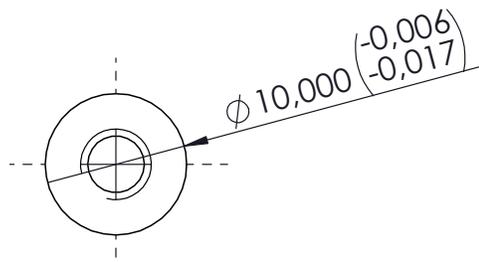
UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

HOJA N°  
12

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR

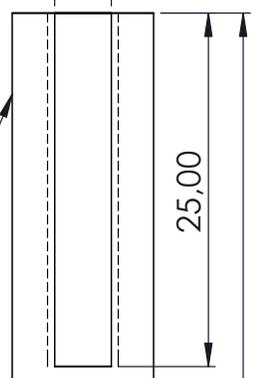
REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

N° HOJAS  
55



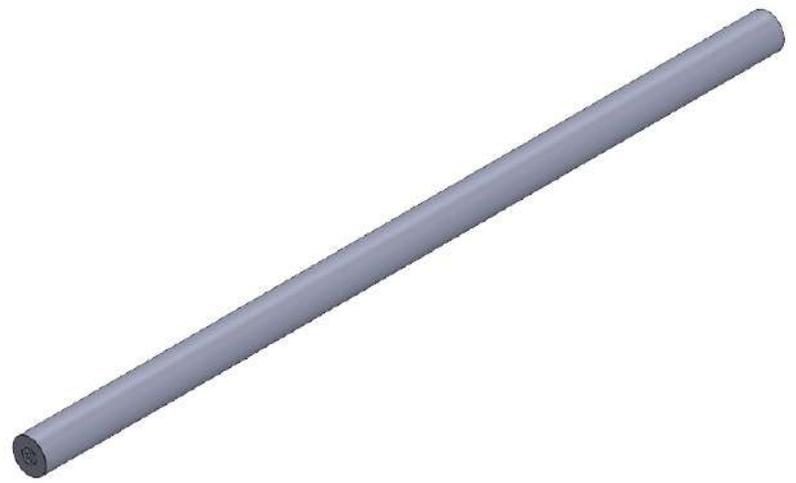
$\phi$  M4X1X2

$\sigma$  0.05

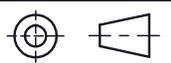


25,00

221,30



Est. Super.  
DIN 140  
ESCALA  
1:1  
Tol.gen.  
Tol.geom.  
Tol.dimen.  
ISO2768  
ISO1101  
ISO286-1



FECHA  
DIB. 18/28/2023  
REV. 22/08/2023  
APRO. 22/08/2023

F13 - EJE GUIA

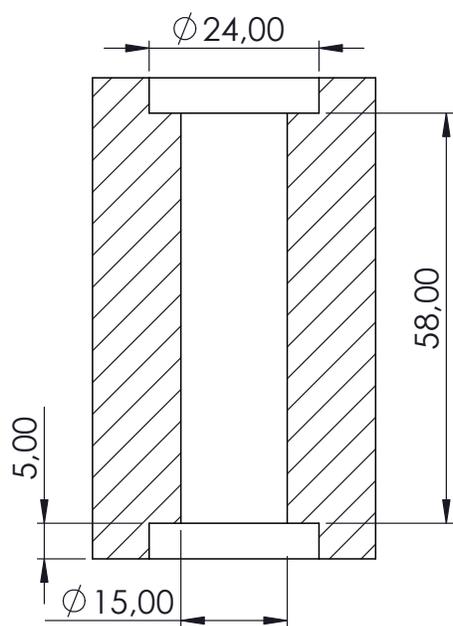
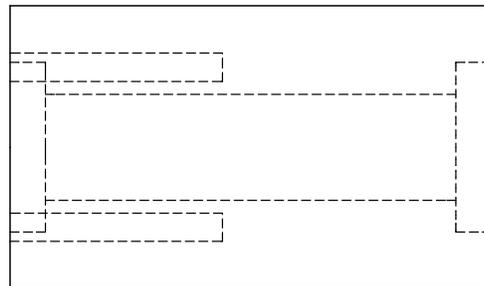
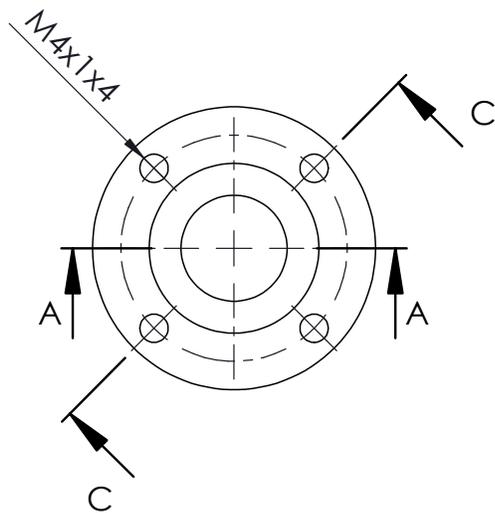
UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

EDICIÓN  
1

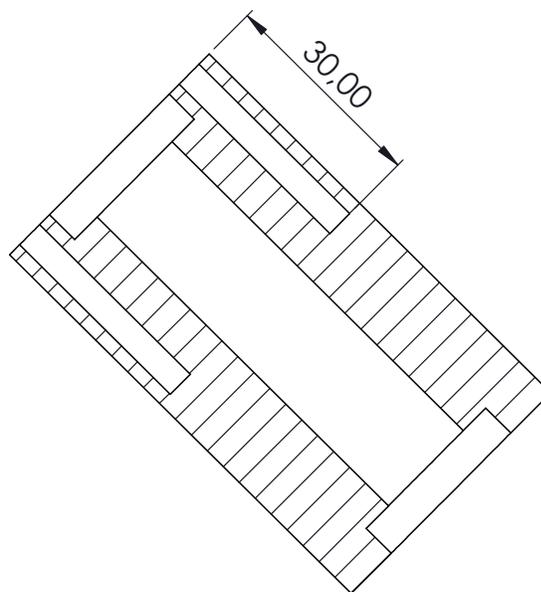
HOJA N°  
13

N° HOJAS  
55

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE



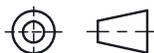
SECCIÓN A-A



SECCIÓN C-C



Est. Super.  
DIN 140  
ESCALA  
1:1  
Tol.gen.  
Tol.geom.  
Tol.dimen.  
ISO2768  
ISO1101  
ISO286-1



FECHA

DIB.	18/08/2023
REV.	22/08/2023
APRO.	22/08/2023

F16 - CUERPO DE RODILLO

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

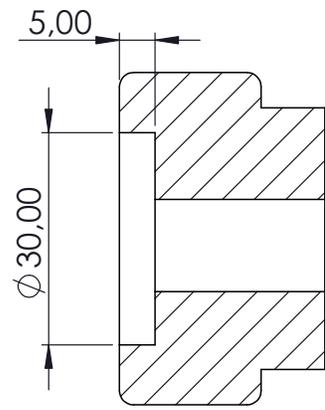
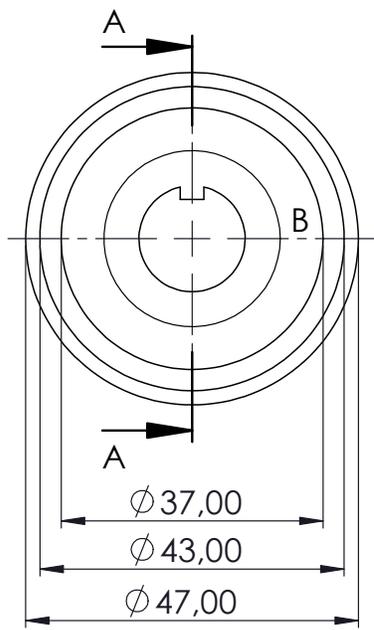
EDICIÓN  
1

HOJA N°  
14

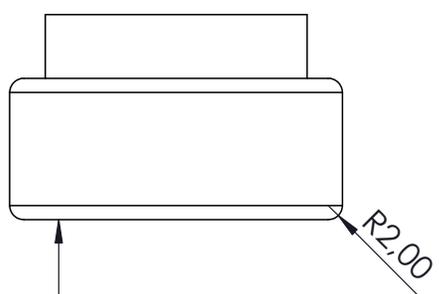
N° HOJAS  
55

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR

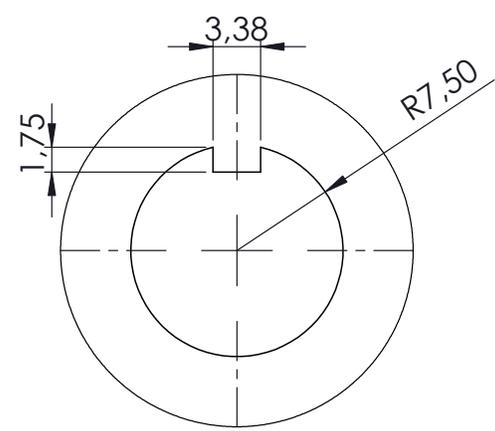
REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE



SECCIÓN A-A

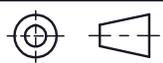


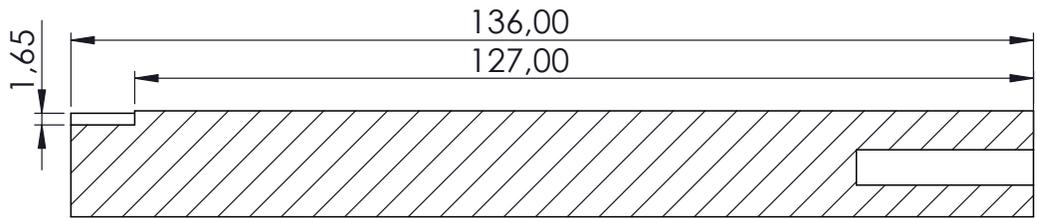
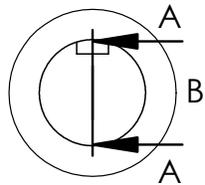
0.05



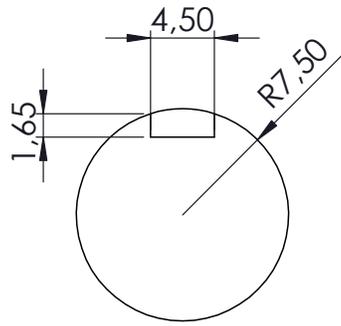
DETALLE B  
ESCALA 2 : 1



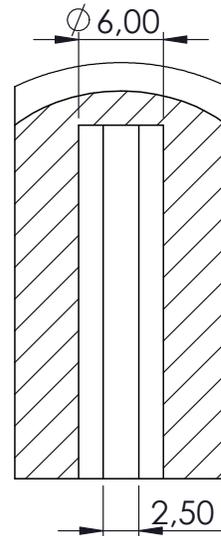
	Est. Super.			F19 - RODILLO DE CONTACTO CON CHAVETA	EDICIÓN 1
	DIN 140				
	ESCALA 1:1	FECHA		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	HOJA N° 15
	Tol.gen.	DIB.	18/08/2023		
	Tol.geom.	REV.	22/08/2023		
Tol.dimen.	APRO.	22/08/2023	N° HOJAS 55		
ISO2768					
ISO1101					
ISO286-1					
DIBUJADO POR:	JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR				
REVISADO POR:	ING. MARLON QUINDE				



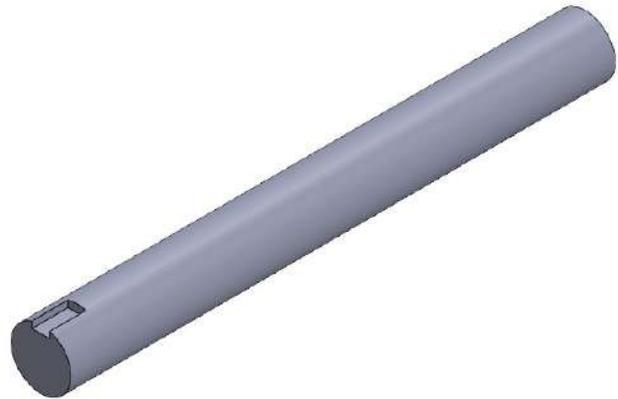
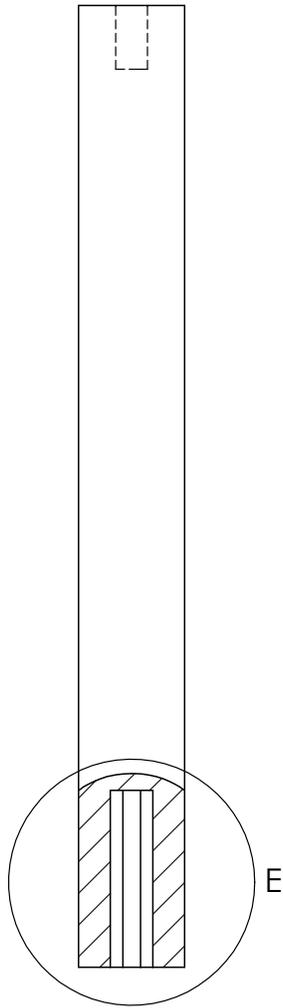
SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 1



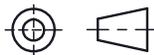
DETALLE B  
ESCALA 2 : 1



DETALLE E  
ESCALA 2 : 1



Est. Super.
DIN 140
ESCALA
1:1
Tol.gen.
Tol.geom.
Tol.dimen.
ISO2768
ISO1101
ISO286-1



FECHA

DIB.	18/08/2023
REV.	22/08/2023
APRO.	22/08/2023

F20 - EJE DE RODILLO CON  
RASGO DE CHAVETA

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

EDICIÓN  
1

HOJA N°  
16

N° HOJAS  
55

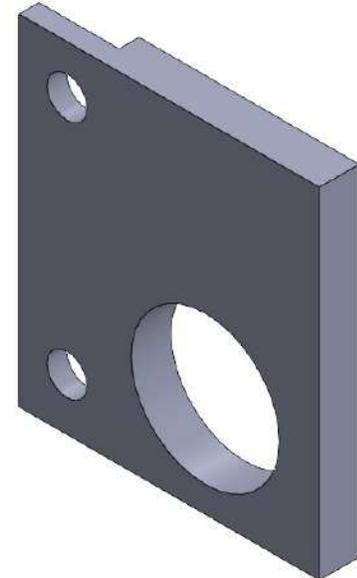
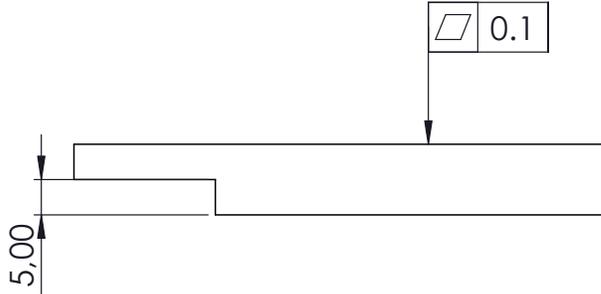
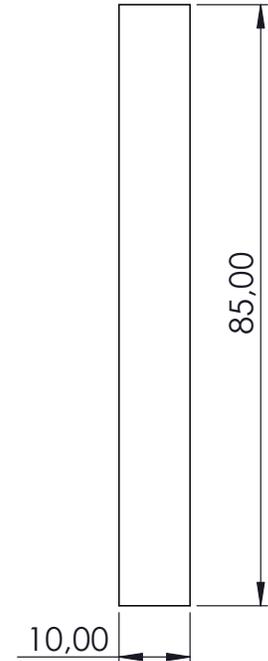
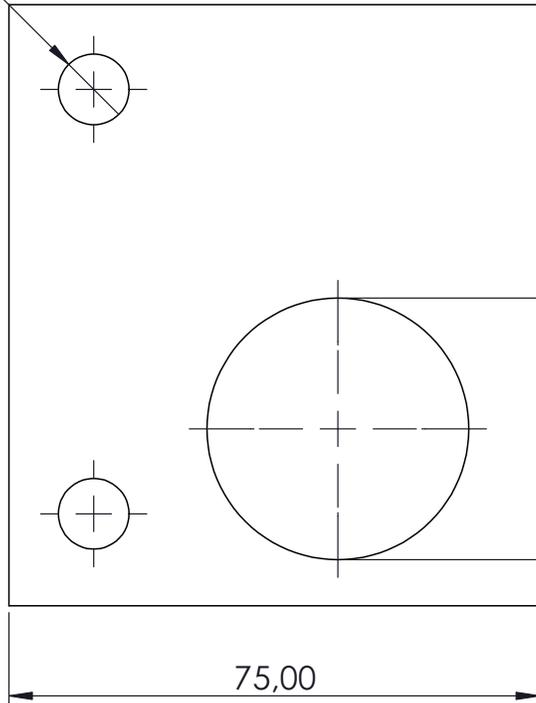
DIBUJADO POR:

JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR

REVISADO POR:

ING. MARLON QUINDE

M10x1.5x2



Est. Super.		
DIN 140		
ESCALA	FECHA	
1:1	DIB.	18/08/2023
Tol.gen.	REV.	22/08/2023
Tol.geom.	APRO.	22/08/2023
Tol.dimen.		
ISO2768		
ISO1101		
ISO286-1		

PLACA

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

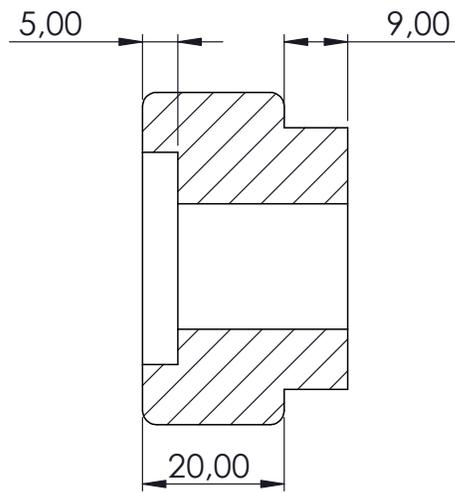
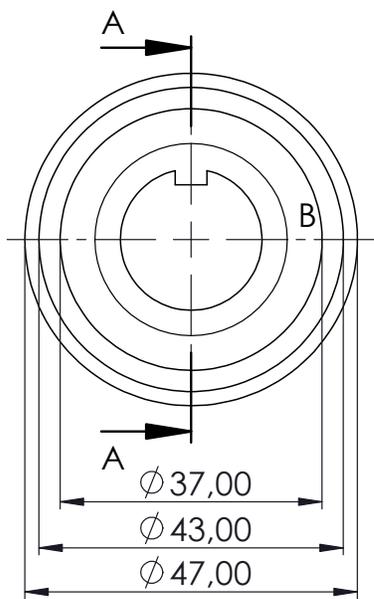
EDICIÓN  
1

HOJA N°  
17

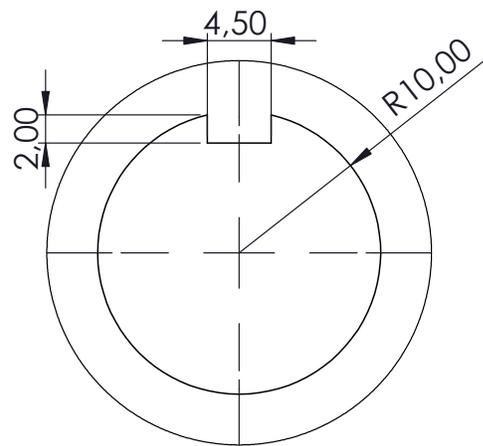
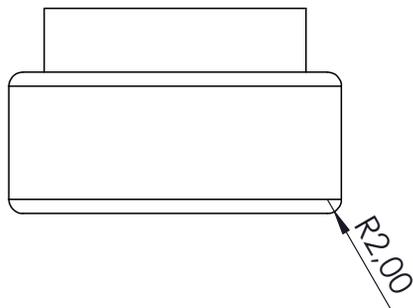
N° HOJAS  
55

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR

REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

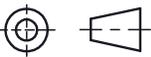


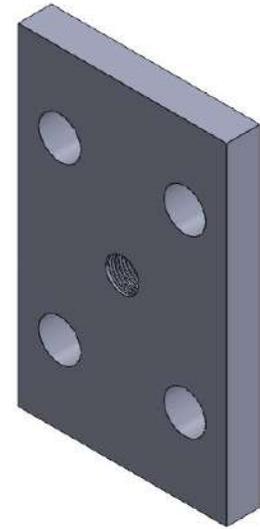
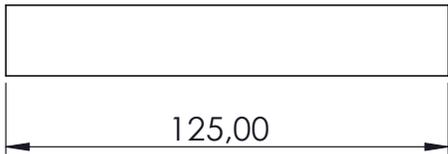
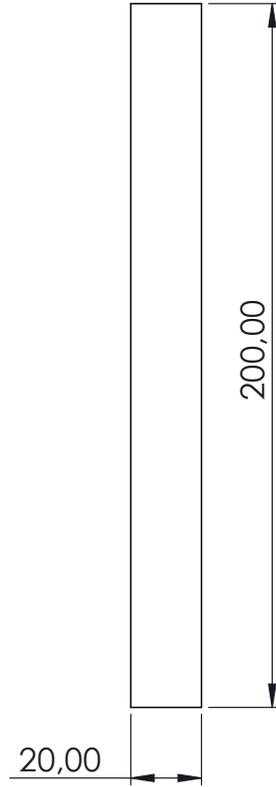
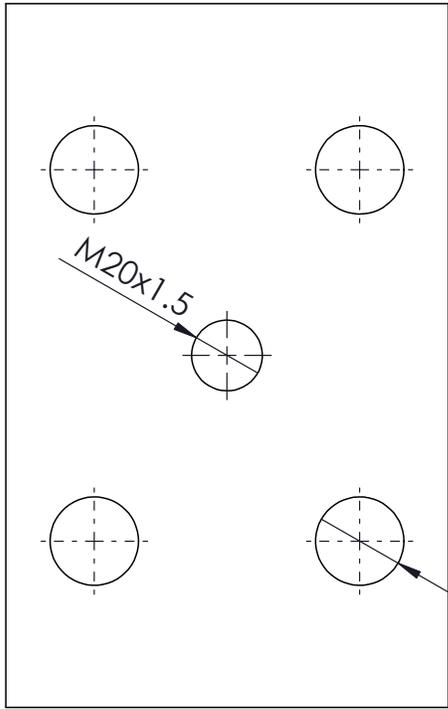
SECCIÓN A-A

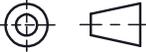


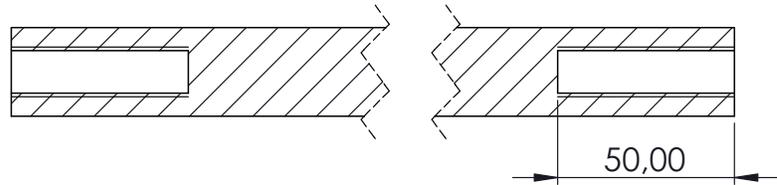
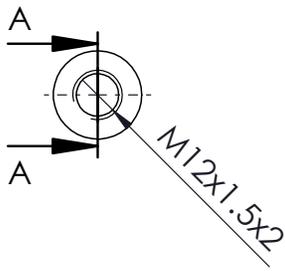
DETALLE B  
ESCALA 2 : 1



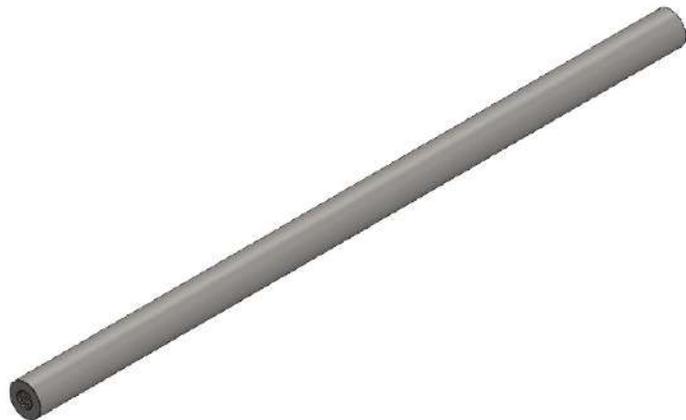
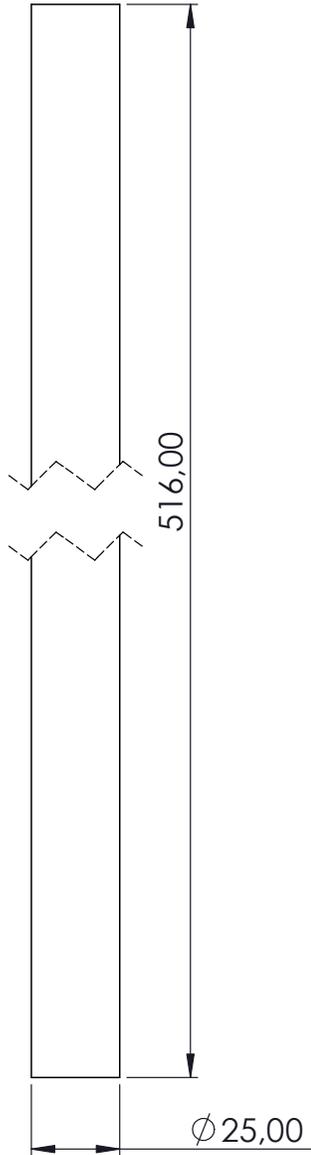
	Est. Super.			W4 - RODILLO DE CONTACTO CON CHAVETA	EDICIÓN 1
	DIN 140				
	ESCALA 1:1	FECHA		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	HOJA N° 18
	Tol.gen.	DIB.	18/08/2023		
	Tol.geom.	REV.	22/08/2023		
	Tol.dimen.	APRO.	22/08/2023		
ISO2768			N° HOJAS 55		
ISO1101					
ISO286-1					
DIBUJADO POR:	JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR				
REVISADO POR:	ING. MARLON QUINDE				



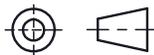
	Est. Super.			W5 - BASE MOVIL	EDICIÓN 1
	DIN 140				
	ESCALA 1:2	FECHA		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	HOJA N° 19
	Tol.gen.	DIB.	18/08/2023		
	Tol.geom.	REV.	22/08/2023		
	Tol.dimen.	APRO.	22/08/2023		
ISO2768			N° HOJAS 55		
ISO1101					
ISO286-1					
DIBUJADO POR:	JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR				
REVISADO POR:	ING. MARLON QUINDE				



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 2



Est. Super.  
DIN 140  
ESCALA  
1:5  
Tol.gen.  
Tol.geom.  
Tol.dimen.  
ISO2768  
ISO1101  
ISO286-1



FECHA

DIB.	18/08/2023
REV.	22/08/2023
APRO.	22/08/2023

W9 - EJE GUIA

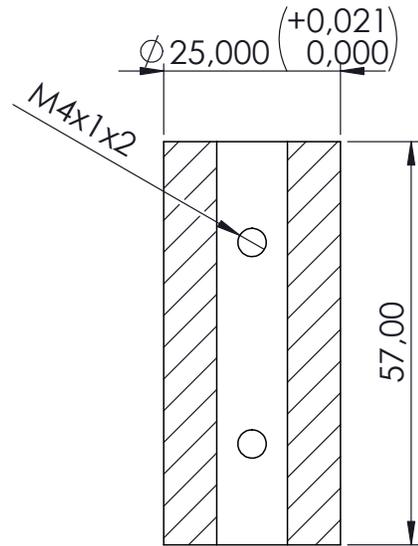
UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

EDICIÓN  
1

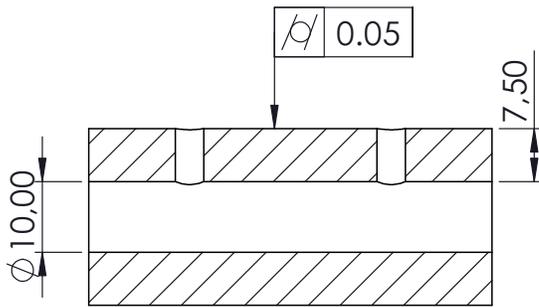
HOJA N°  
20

N° HOJAS  
55

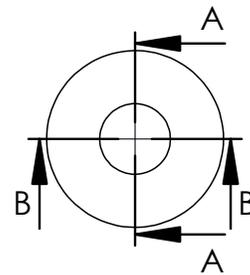
DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE



SECCIÓN B-B



SECCIÓN A-A



Est. Super.		
DIN 140		
ESCALA	FECHA	
1:1	DIB.	18/08/2023
Tol.gen.	REV.	22/08/2023
Tol.geom.	APRO.	22/08/2023
Tol.dimen.		
ISO2768		
ISO1101		
ISO286-1		

W12 - BULÓN

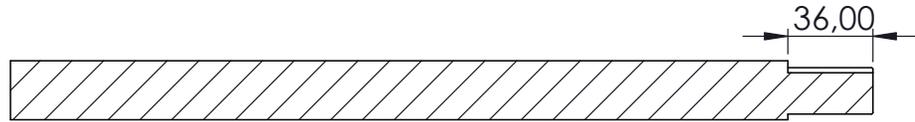
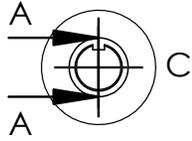
EDICIÓN  
1

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

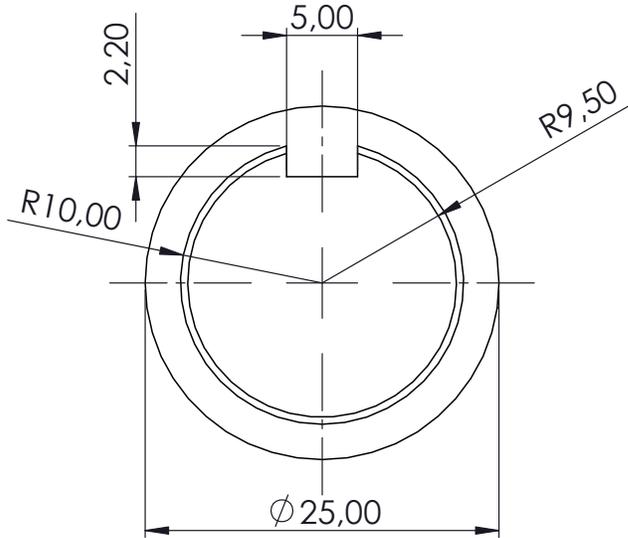
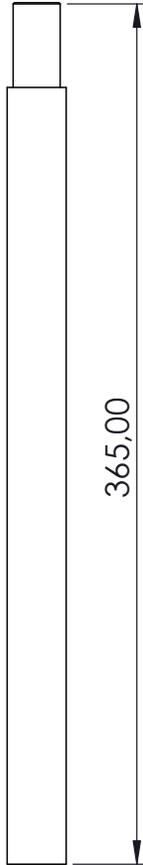
HOJA N°  
21

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
 REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

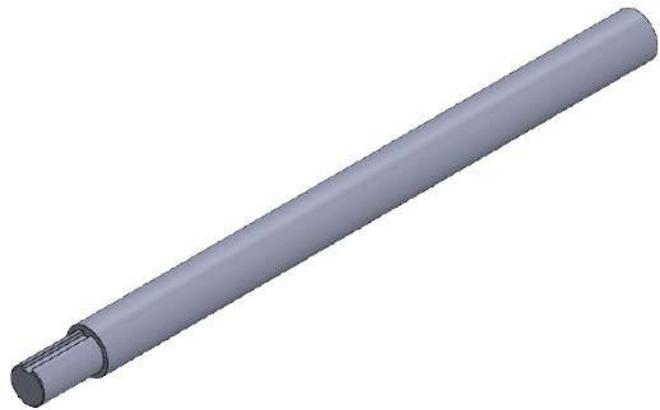
N° HOJAS  
55



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 3



DETALLE C  
ESCALA 2 : 1



Est. Super.		
DIN 140		
ESCALA	FECHA	
1:3	DIB.	18/08/2023
Tol.gen.	REV.	22/08/2023
Tol.geom.	APRO.	22/08/2023
Tol.dimen.		
ISO2768		
ISO1101		
ISO286-1		

W13 - EJE CON RASGO DE CHAVETA

EDICIÓN  
1

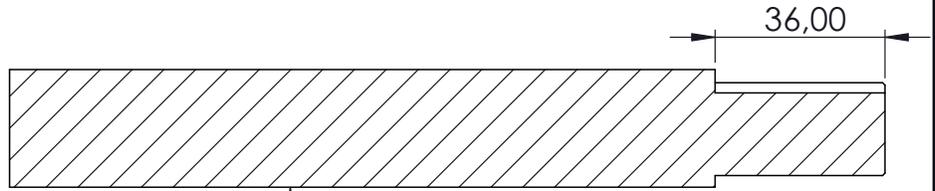
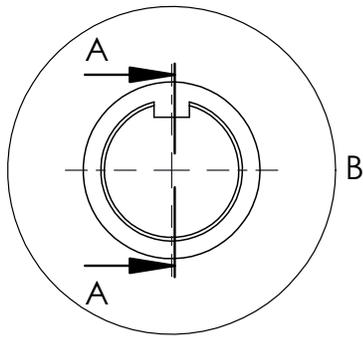
UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

HOJA N°  
22

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR

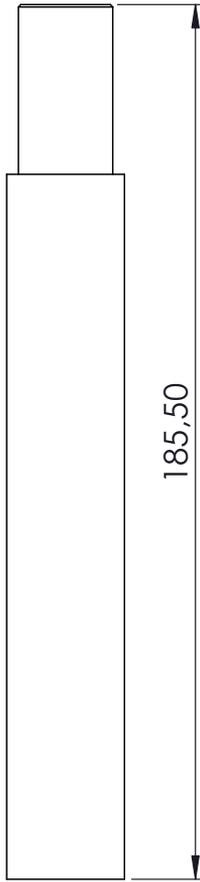
REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

N° HOJAS  
55

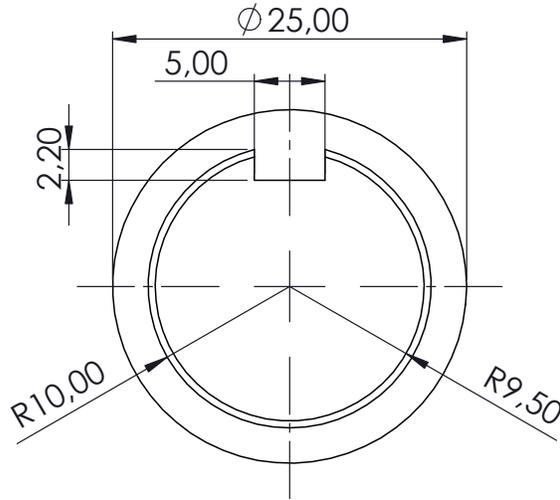


SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 1.5

$\phi$  0.05



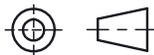
185,50



DETALLE B  
ESCALA 2 : 1



Est. Super.  
DIN 140  
ESCALA  
1:2  
Tol.gen.  
Tol.geom.  
Tol.dimen.  
ISO2768  
ISO1101  
ISO286-1



FECHA

DIB.	15/08/2023
REV.	22/08/2023
APRO.	22/08/2023

W14 - EJE CON RASGO DE CHAVETA

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

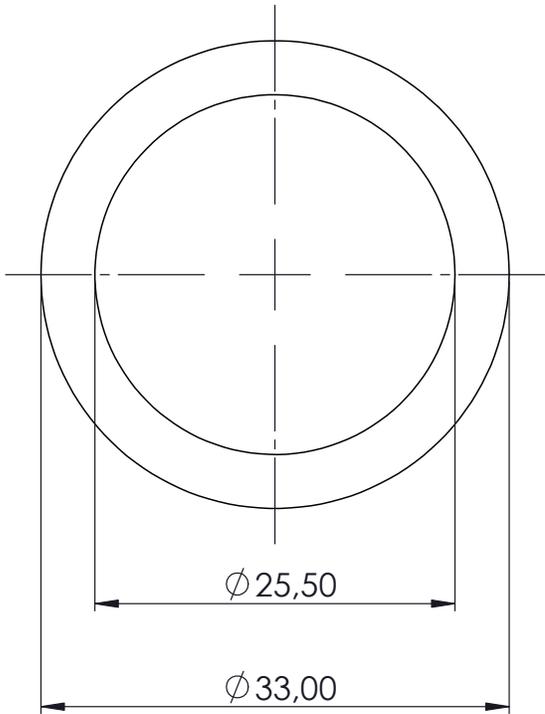
EDICIÓN  
1

HOJA N°  
23

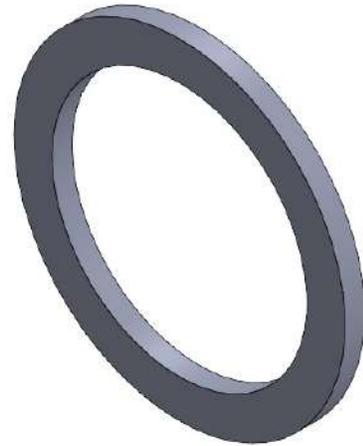
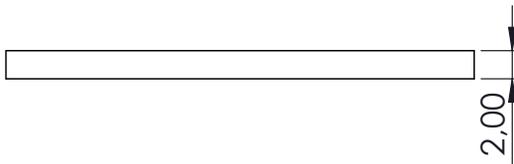
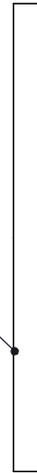
N° HOJAS  
55

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR

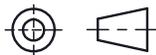
REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE



0.1



Est. Super.  
DIN 140  
ESCALA  
1:1  
Tol.gen.  
Tol.geom.  
Tol.dimen.  
ISO2768  
ISO1101  
ISO286-1



FECHA

DIB.	18/08/2023
REV.	22/08/2023
APRO.	22/08/2023

W16 - ANILLO

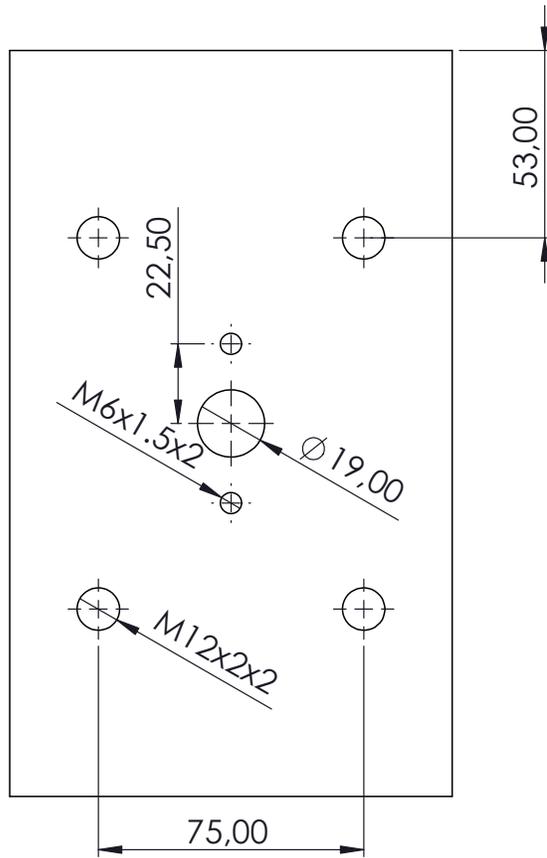
EDICIÓN  
1

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

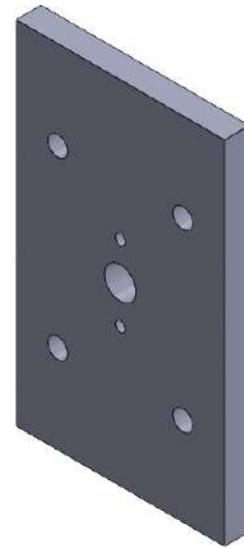
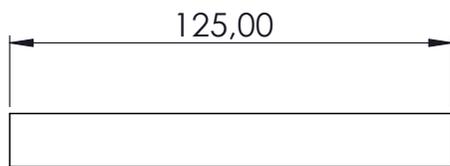
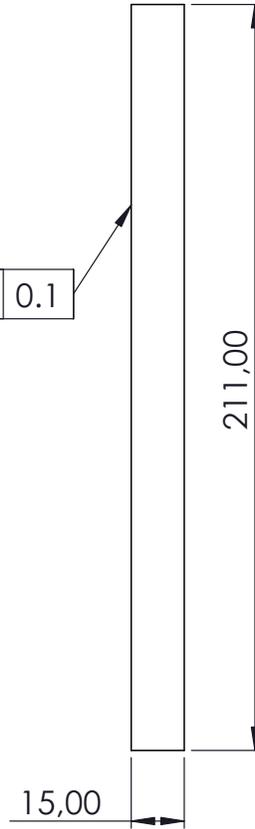
HOJA N°  
24

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

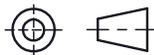
N° HOJAS  
55



0.1



Est. Super.  
DIN 140  
ESCALA  
1:2  
Tol.gen.  
Tol.geom.  
Tol.dimen.  
ISO2768  
ISO1101  
ISO286-1



FECHA

DIB.	18/08/2023
REV.	22/08/2023
APRO.	22/08/2023

W20 - BASE EXTERNA

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

EDICIÓN  
1

HOJA N°  
25

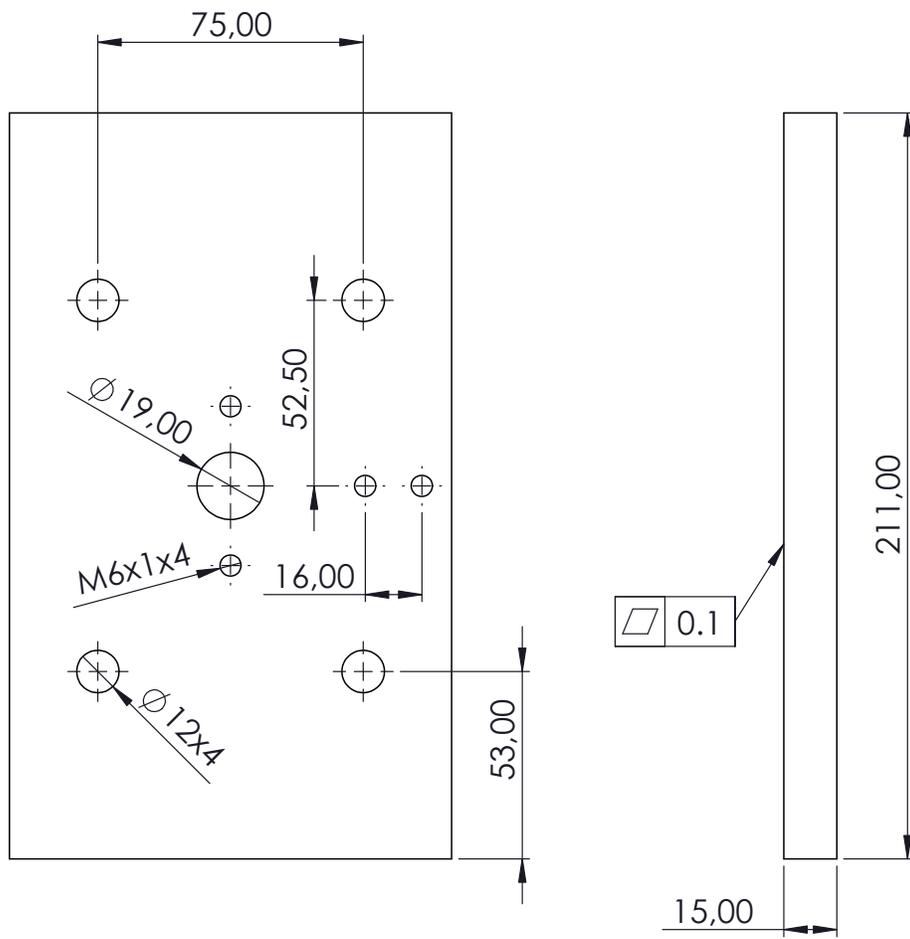
N° HOJAS  
55

DIBUJADO POR:

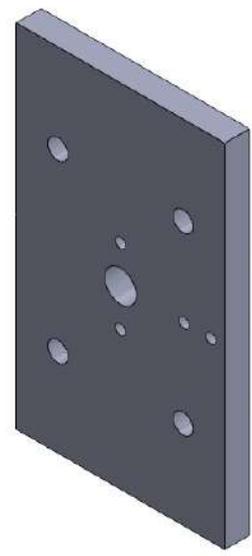
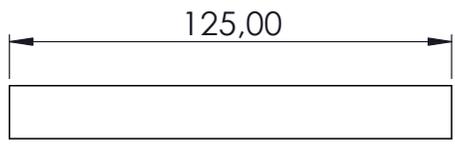
JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR

REVISADO POR:

ING. MARLON QUINDE



0.1



Est. Super.		
DIN 140		
ESCALA	FECHA	
1:2		
Tol.gen.	DIB.	18/08/2023
Tol.geom.		22/8/2023
Tol.dimen.	APRO.	22/08/2023
ISO2768		
ISO1101		
ISO286-1		

W21 - BASE EXTERNA

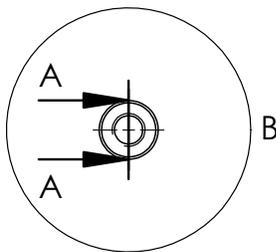
EDICIÓN 1

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

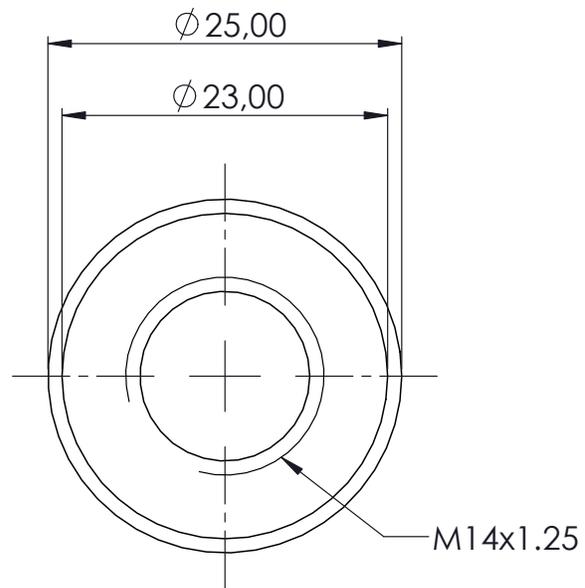
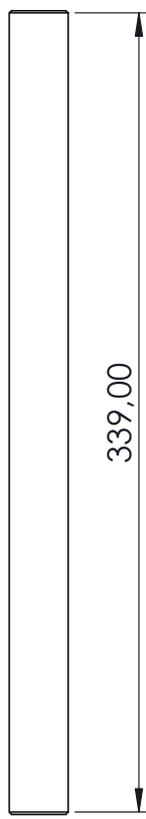
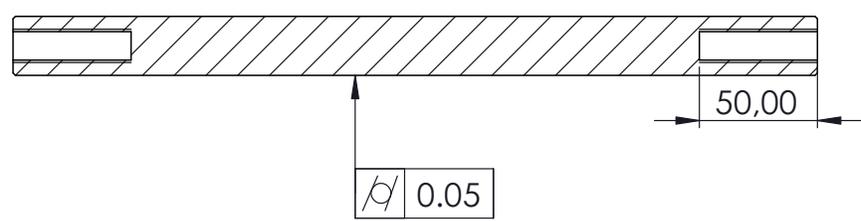
HOJA N° 26

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
 REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

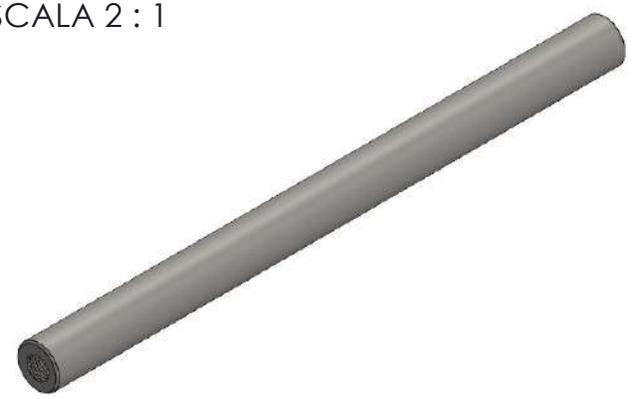
N° HOJAS 55



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 3



DETALLE B  
ESCALA 2 : 1



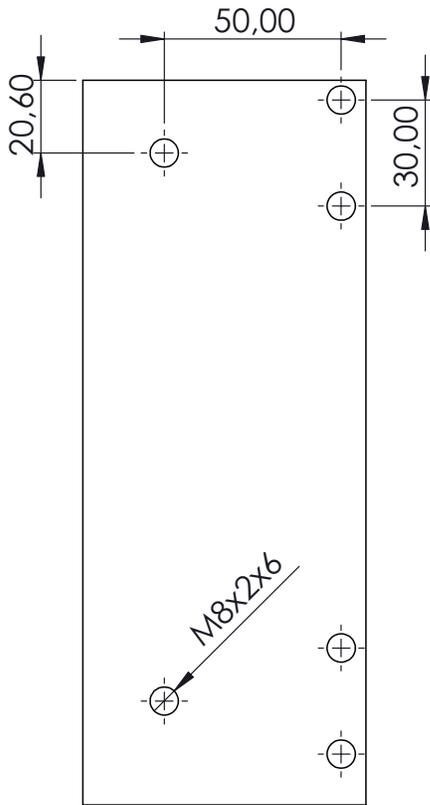
Est. Super.		
DIN 140		
ESCALA	FECHA	
1:3	DIB.	18/08/2023
Tol.gen.	REV.	22/08/2023
Tol.geom.	APRO.	22/08/2023
Tol.dimen.		
ISO2768		
ISO1101		
ISO286-1		

W22 - EJE GUIA	
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	

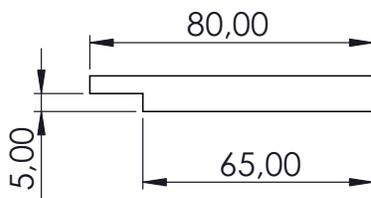
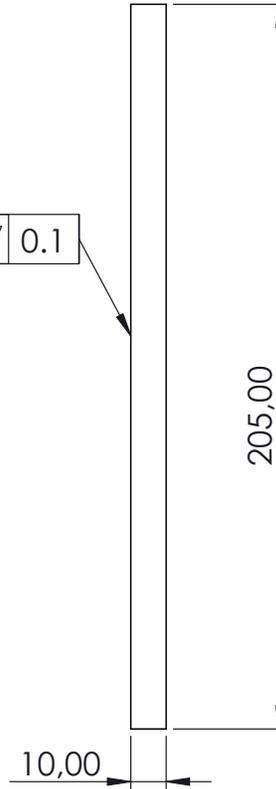
EDICIÓN 1
HOJA N° 27
N° HOJAS 55

DIBUJADO POR:  
REVISADO POR:

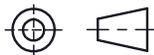
JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
ING. MARLON QUINDE



0.1



Est. Super.
DIN 140
ESCALA
1:2
Tol.gen.
Tol.geom.
Tol.dimen.
ISO2768
ISO1101
ISO286-1



FECHA

DIB.	18/08/2023
REV.	22/08/2023
APRO.	22/08/2023

W24 - PLACA DE UNIÓN

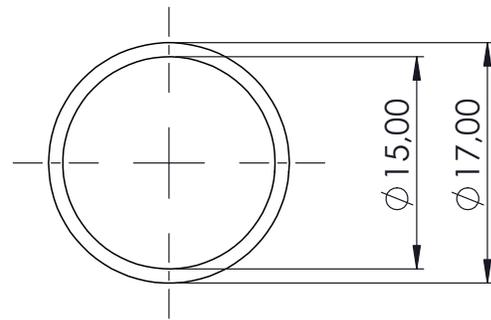
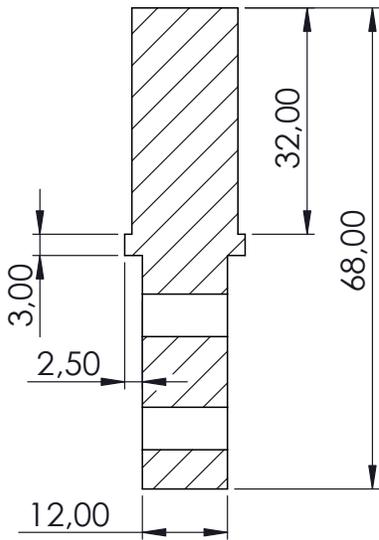
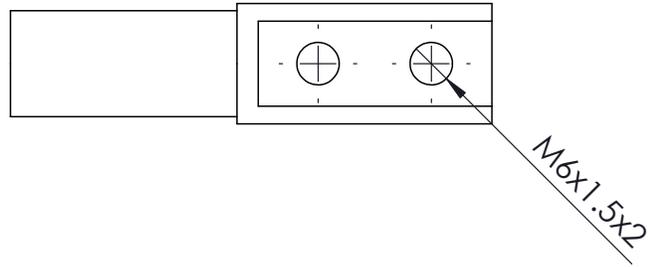
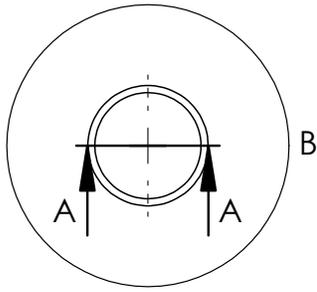
UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

EDICIÓN  
1

HOJA N°  
28

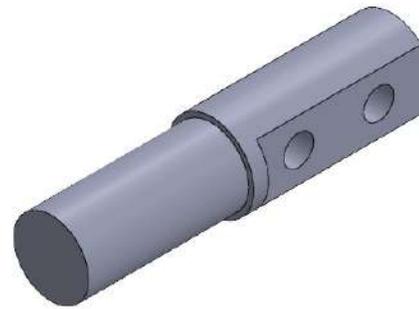
N° HOJAS  
55

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
 REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

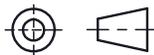


DETALLE B  
ESCALA 2 : 1

SECCIÓN A-A



Est. Super.  
DIN 140  
ESCALA  
1:1  
Tol.gen.  
Tol.geom.  
Tol.dimen.  
ISO2768  
ISO1101  
ISO286-1



FECHA

DIB.	18/08/2023
REV.	22/08/2023
APRO.	22/08/2023

W25 - EJE DE ANCLAJE

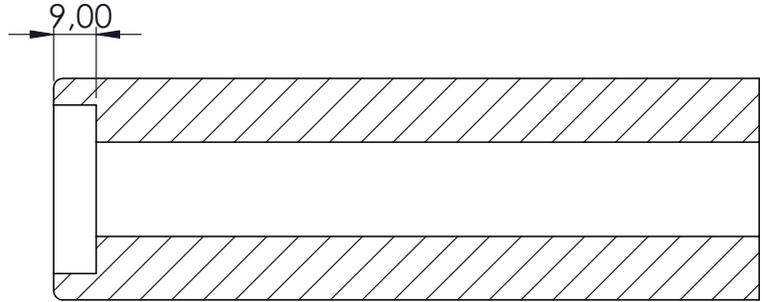
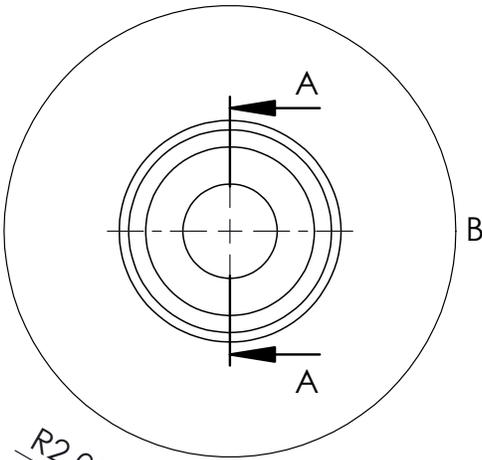
UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

EDICIÓN  
1

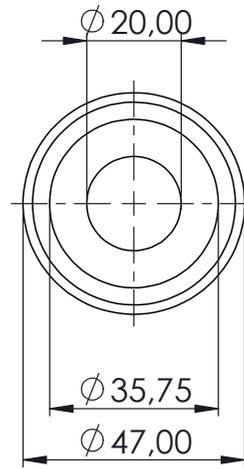
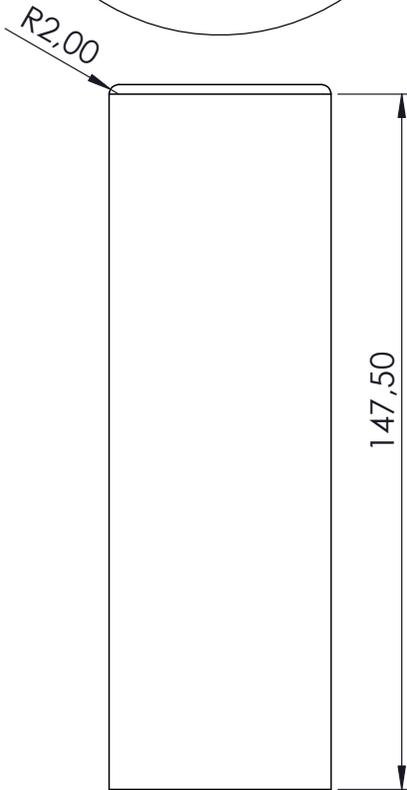
HOJA N°  
29

N° HOJAS  
55

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE



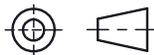
SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 1.5



DETALLE B  
ESCALA 2 : 3



Est. Super.  
DIN 140  
ESCALA  
1:2  
Tol.gen.  
Tol.geom.  
Tol.dimen.  
ISO2768  
ISO1101  
ISO286-1



FECHA

DIB.	18/08/2023
REV.	22/08/2023
APRO.	22/08/2023

W26 - CUERPO DE RODILLO

EDICIÓN  
1

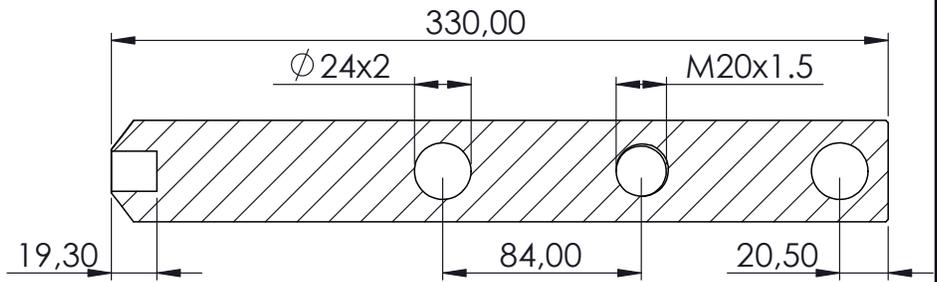
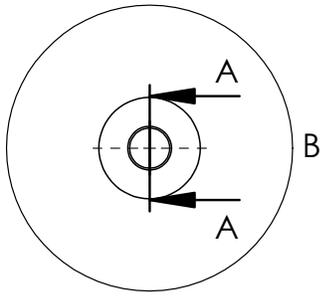
UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

HOJA N°  
30

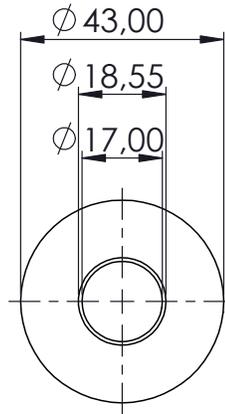
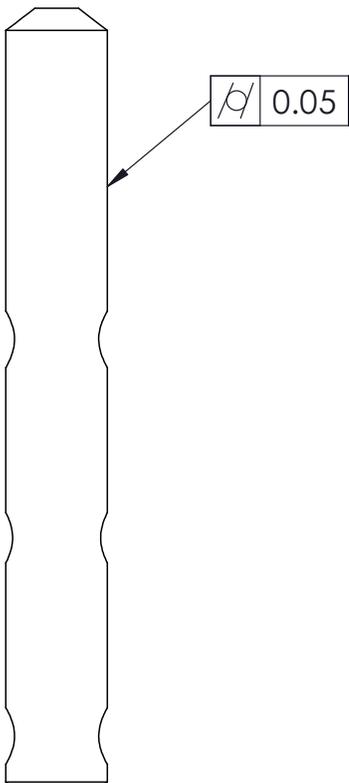
DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR

REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

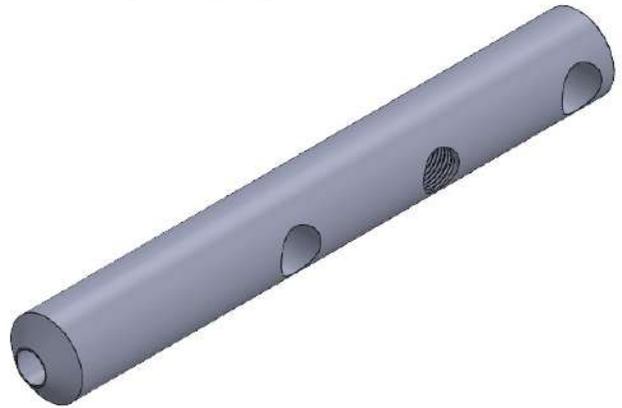
N° HOJAS  
55



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 3



DETALLE B  
ESCALA 2 : 3



Est. Super.		
DIN 140		
ESCALA 1:3	FECHA	
Tol.gen.	DIB.	18/08/2023
Tol.geom.	REV.	22/08/2023
Tol.dimen.	APRO.	22/08/2023
ISO2768		
ISO1101		
ISO286-1		

W28 - EJE MOVIL

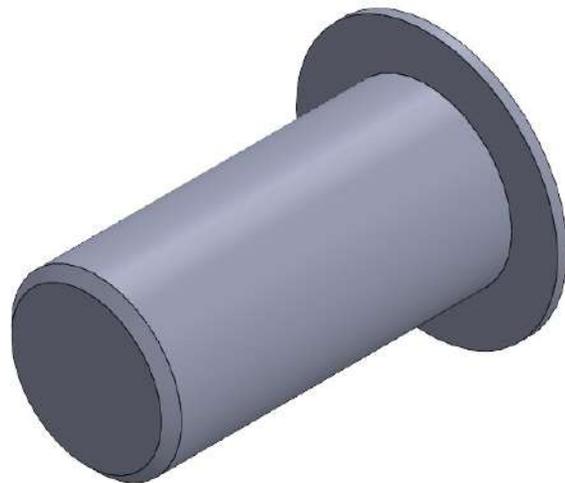
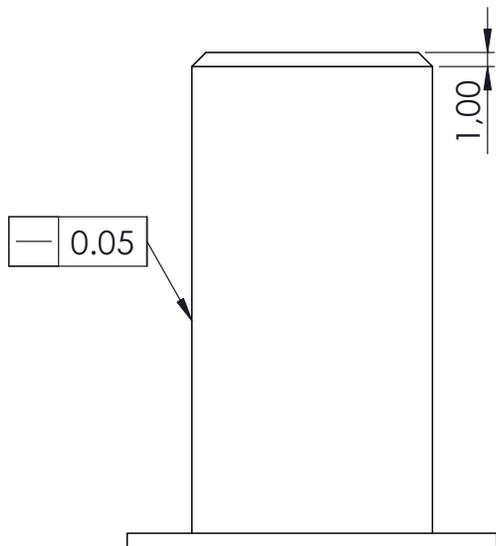
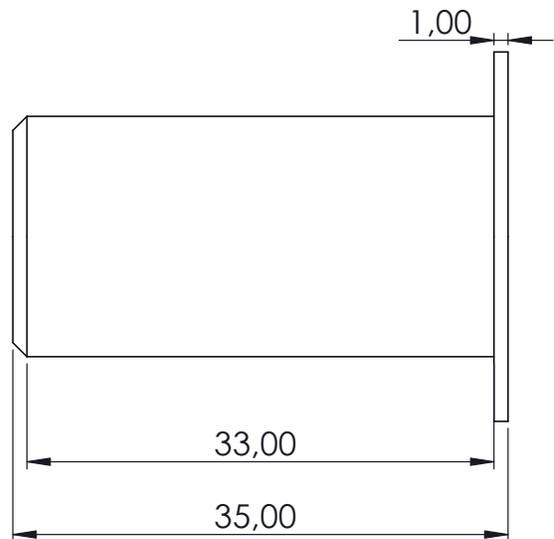
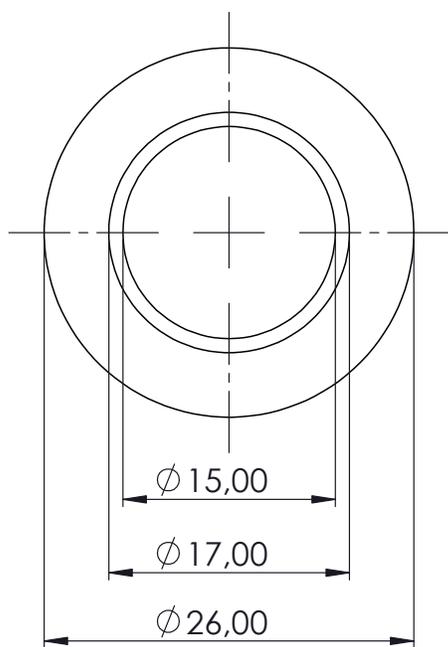
EDICIÓN 1

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

HOJA N° 31

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
 REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

N° HOJAS 55



Est. Super.		
DIN 140		
ESCALA	FECHA	
1:1	DIB.	18/08/2023
Tol.gen.	REV.	22/08/2023
Tol.geom.	APRO.	22/08/2023
Tol.dimen.		
ISO2768		
ISO1101		
ISO286-1		

W29 - JUNTA

EDICIÓN  
1

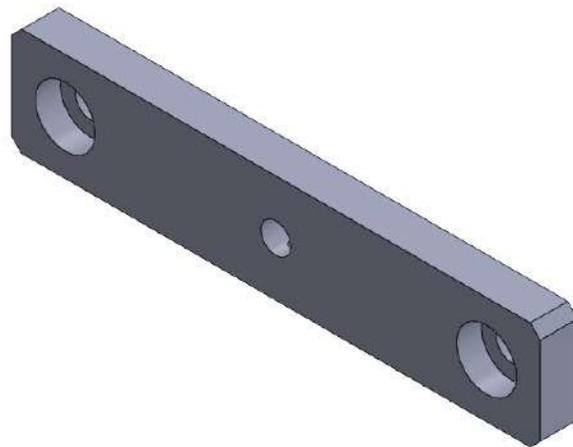
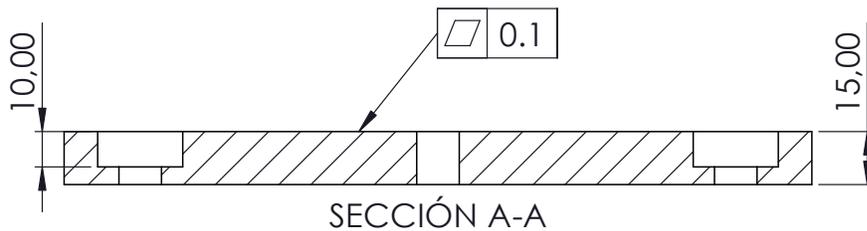
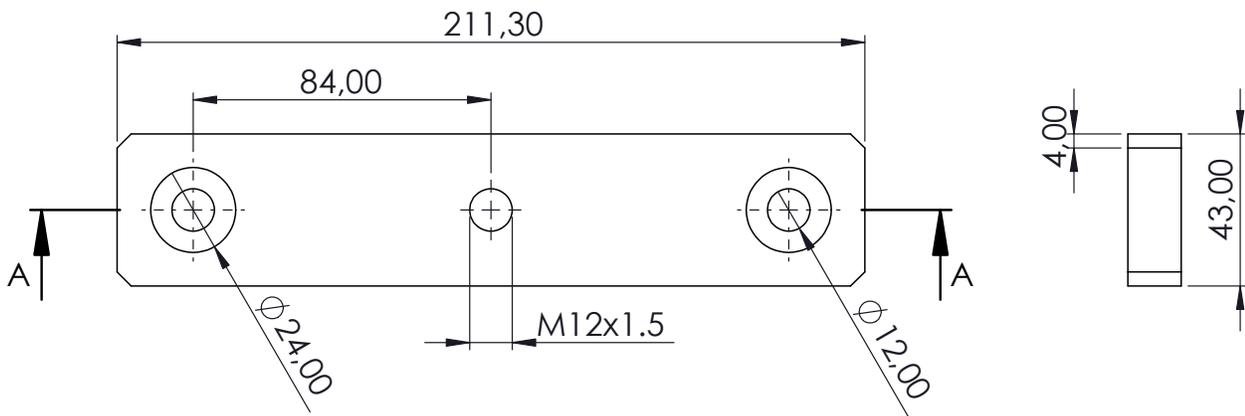
UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

HOJA N°  
32

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR

REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

N° HOJAS  
55



Est. Super.		
DIN 140		
ESCALA	FECHA	
1:2		
Tol.gen.	DIB.	18/08/2023
Tol.geom.		24/08/2023
Tol.dimen.	REV.	24/08/2023
ISO2768		24/08/2023
ISO1101	APRO.	24/08/2023
ISO286-1		24/08/2023

W30 - SOPORTE EXTREMO

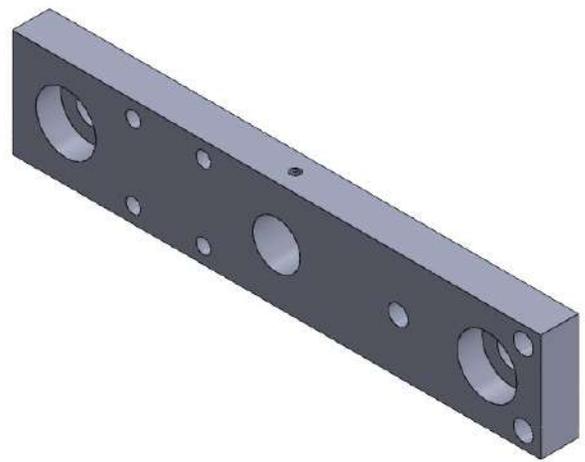
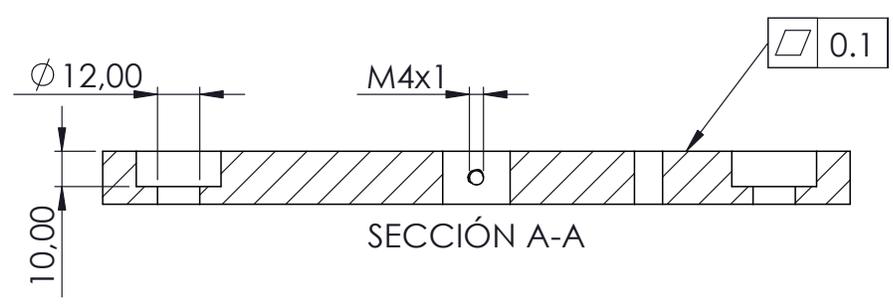
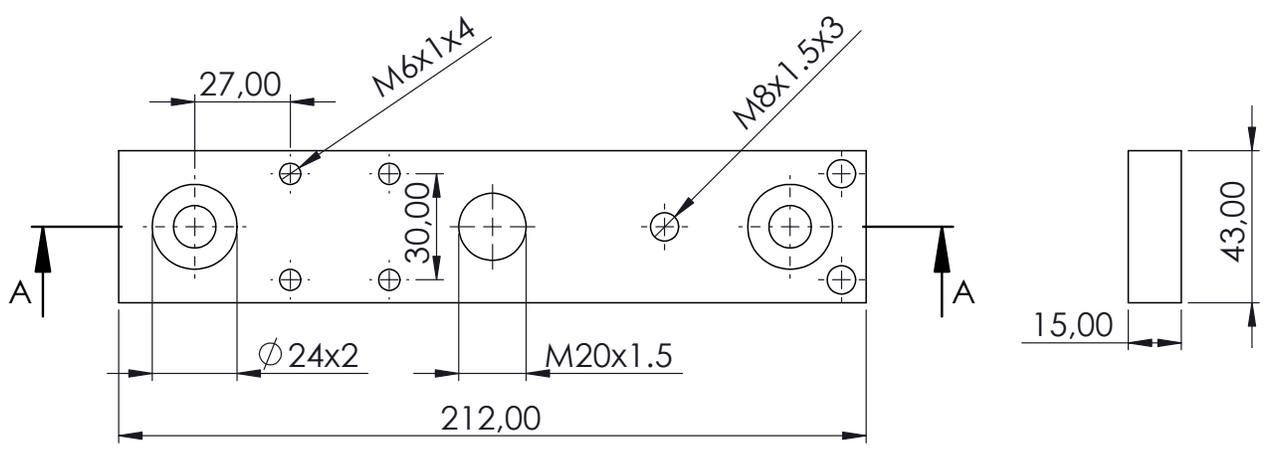
EDICIÓN  
1

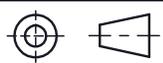
UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

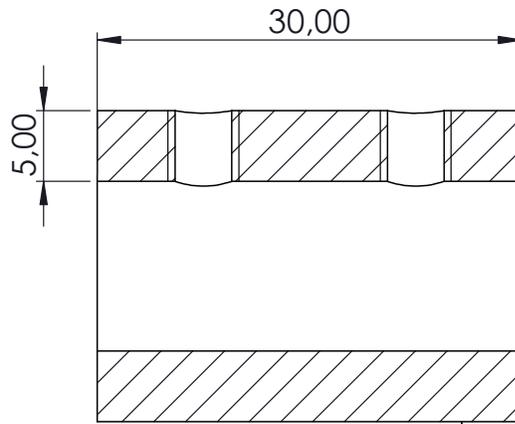
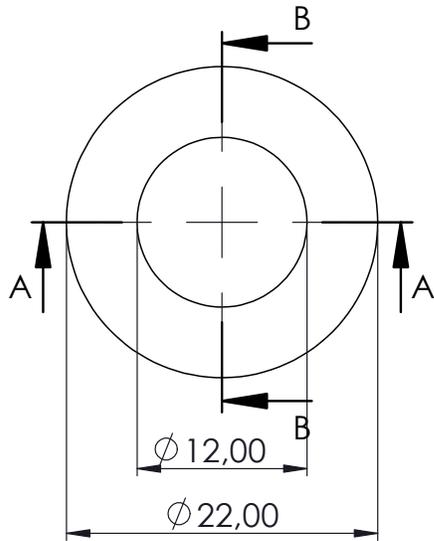
HOJA N°  
33

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
 REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

N° HOJAS  
55

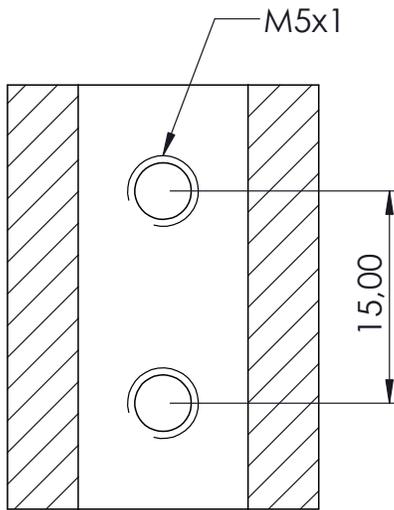


	Est. Super.			W31 - SOPORTE EXTREMO	EDICIÓN 1
	DIN 140				
	ESCALA 1:2	FECHA		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	HOJA N° 34
	Tol.gen.	DIB.	20/08/2023		
	Tol.geom.	REV.	24/08/2023		
	Tol.dimen.	APRO.	24/08/2023		
ISO2768			N° HOJAS 55		
ISO1101					
ISO286-1					
DIBUJADO POR:	JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR				
REVISADO POR:	ING. MARLON QUINDE				



SECCIÓN B-B

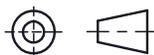
$\square$  0.1



SECCIÓN A-A



Est. Super.  
DIN 140  
ESCALA  
2:1  
Tol.gen.  
Tol.geom.  
Tol.dimen.  
ISO2768  
ISO1101  
ISO286-1



FECHA

DIB. 20/08/2023  
REV. 24/08/2023  
APRO. 24/08/2023

W34 - BULÓN DE UNIÓN

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

EDICIÓN  
1

HOJA N°  
35

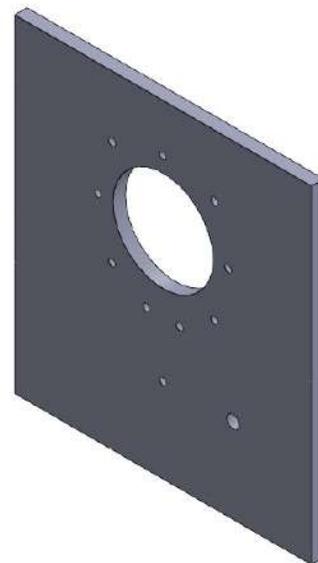
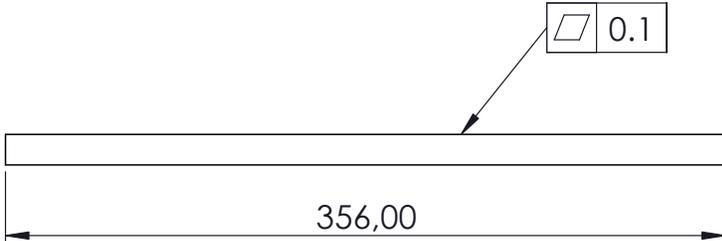
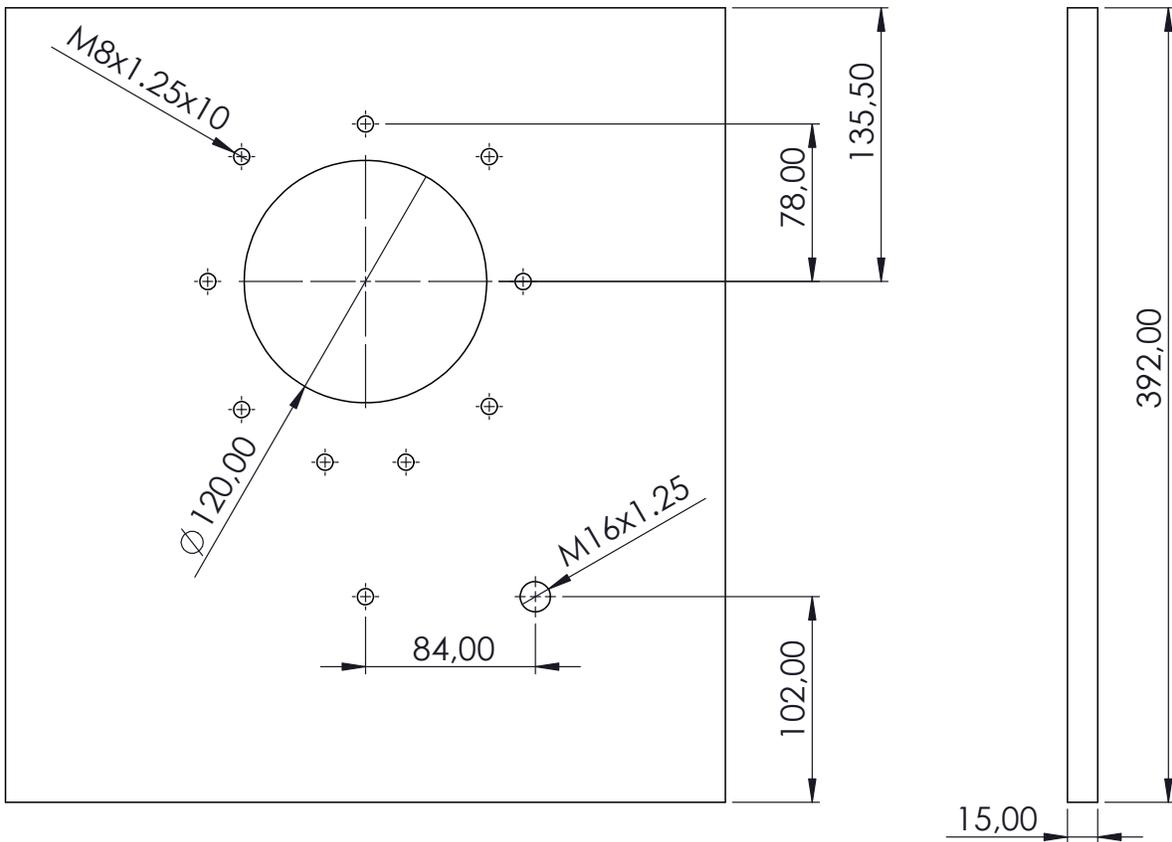
N° HOJAS  
55

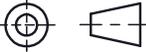
DIBUJADO POR:

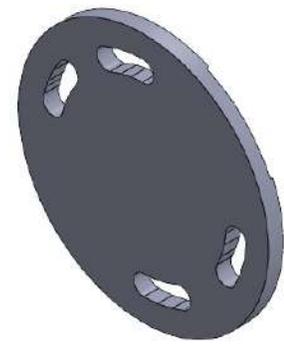
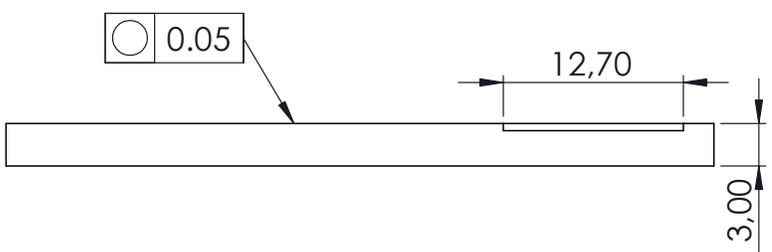
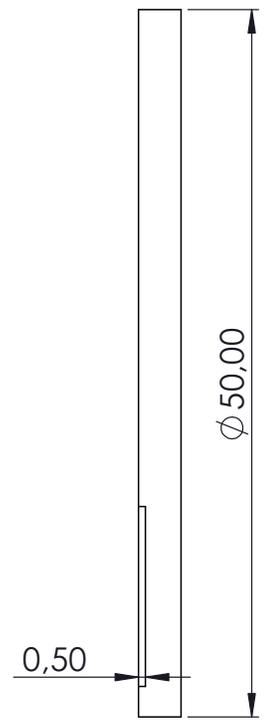
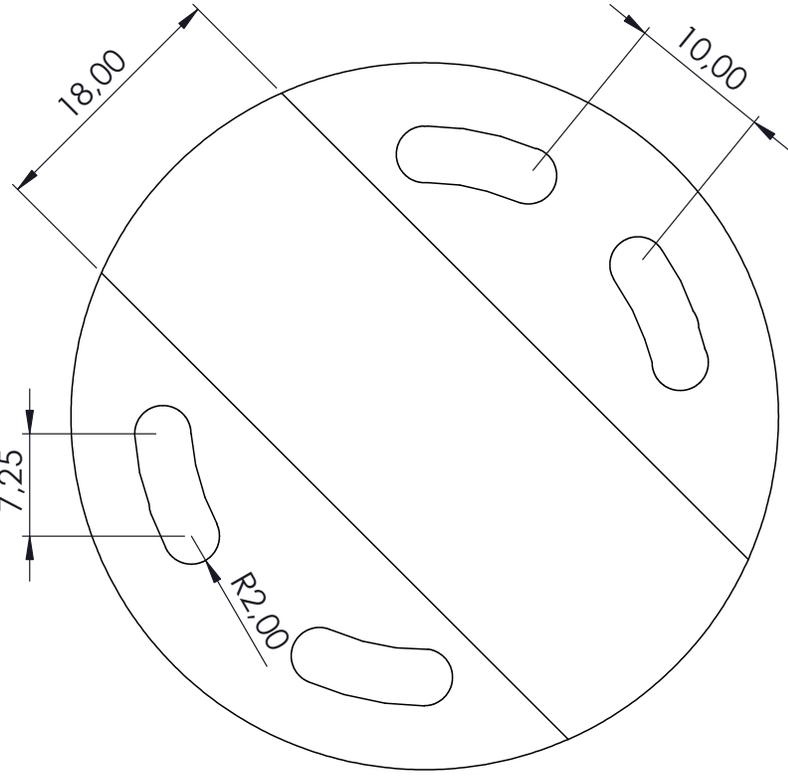
JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR

REVISADO POR:

ING. MARLON QUINDE



	Est. Super.			E4 - BASE	EDICIÓN 1
	DIN 140				
	ESCALA 1:4	FECHA		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	HOJA N° 36
	Tol.gen.	DIB.	18/08/2023		
	Tol.geom.	REV.	22/08/2023		
	Tol.dimen.	APRO.	22/08/2023		
ISO2768			N° HOJAS 55		
ISO1101					
ISO286-1					
DIBUJADO POR:	JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR				
REVISADO POR:	ING. MARLON QUINDE				



Est. Super.		
DIN 140		
ESCALA	FECHA	
1:1	DIB.	18/08/2023
Tol.gen.	REV.	22/08/2023
Tol.geom.	APRO.	22/08/2023
Tol.dimen.		
ISO2768		
ISO1101		
ISO286-1		

E6 - TAPA DE POLEA DENTADA

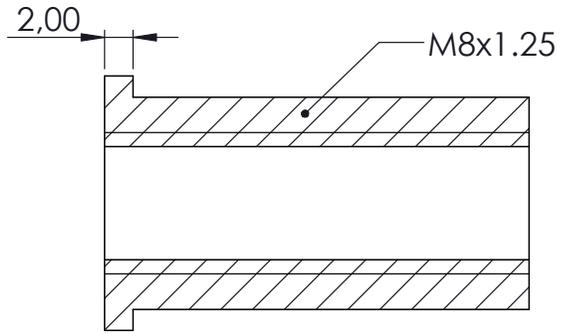
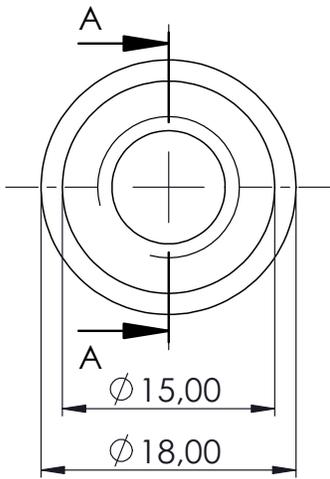
EDICIÓN 1

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

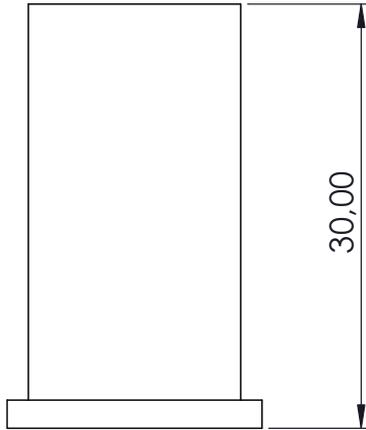
HOJA N° 37

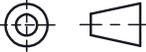
DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
 REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

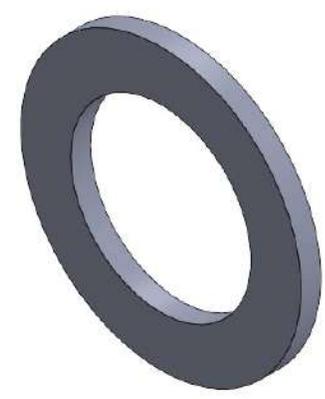
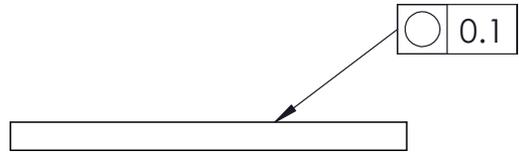
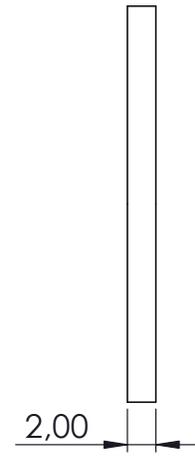
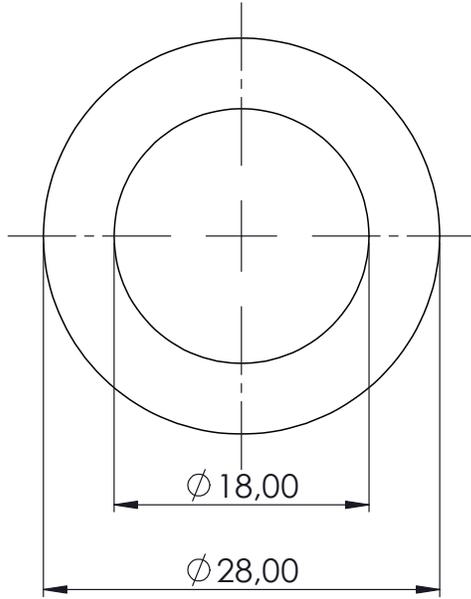
N° HOJAS 55



SECCIÓN A-A



	Est. Super.			E8 - JUNTA DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO	EDICIÓN 1
	DIN 140				
	ESCALA 2:1	FECHA		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	HOJA N° 38
	Tol.gen.	DIB.	18/08/2023		
	Tol.geom.	REV.	22/08/2023		
	Tol.dimen.	APRO.	22/08/2023		
ISO2768			N° HOJAS 55		
ISO1101					
ISO286-1					
DIBUJADO POR:	JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR				
REVISADO POR:	ING. MARLON QUINDE				



Est. Super.		
DIN 140		
ESCALA	FECHA	
2:1	DIB.	18/08/2023
Tol.gen.	REV.	22/08/2023
Tol.geom.	APRO.	22/08/2023
Tol.dimen.		
ISO2768		
ISO1101		
ISO286-1		

E7 - ANILLO DE UNIÓN

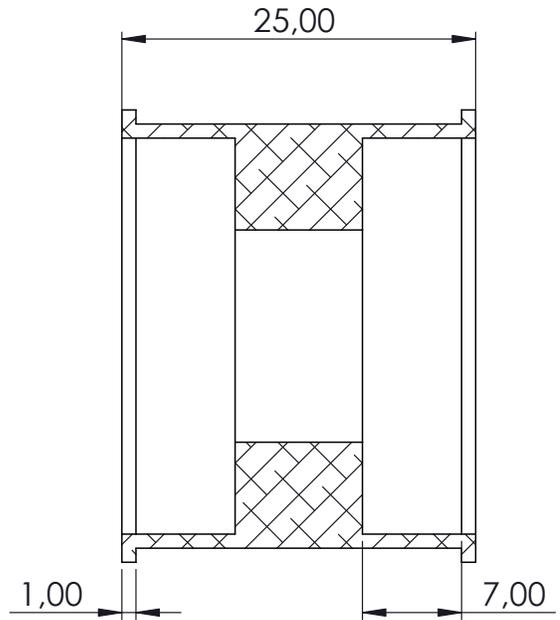
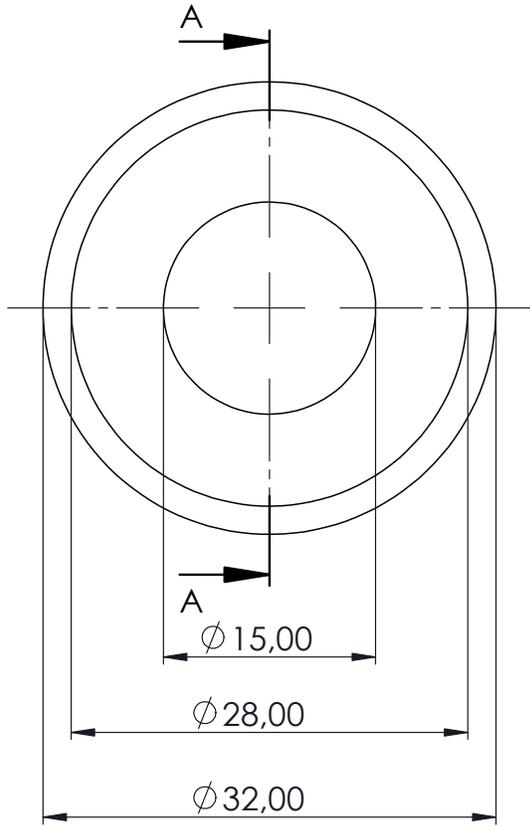
EDICIÓN  
1

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

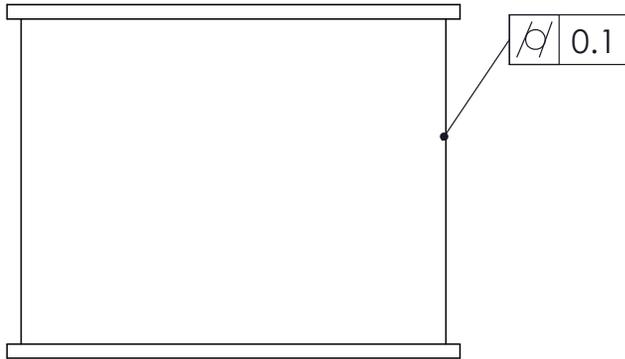
HOJA N°  
39

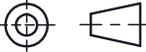
DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
 REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

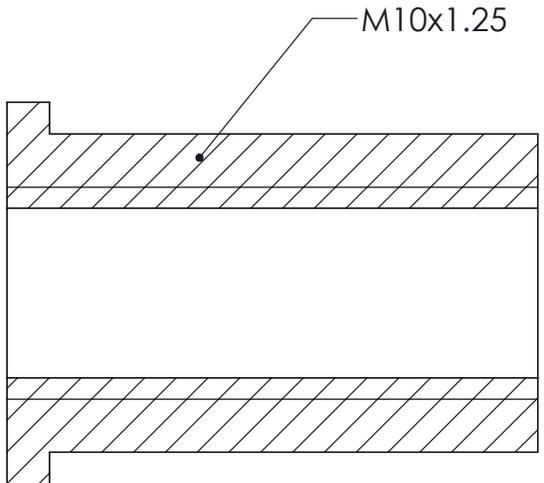
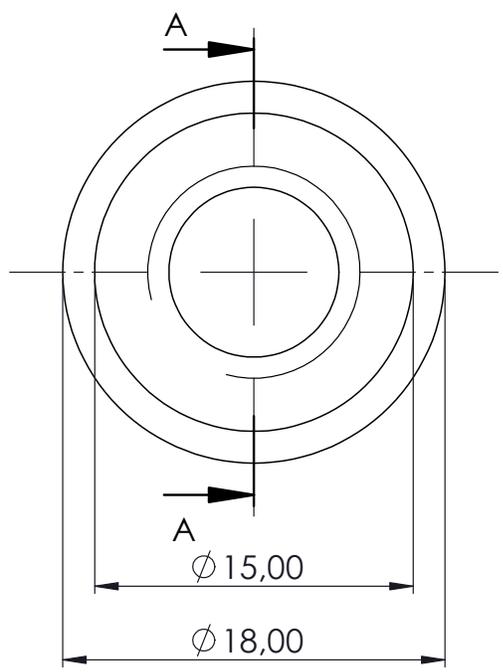
N° HOJAS  
55



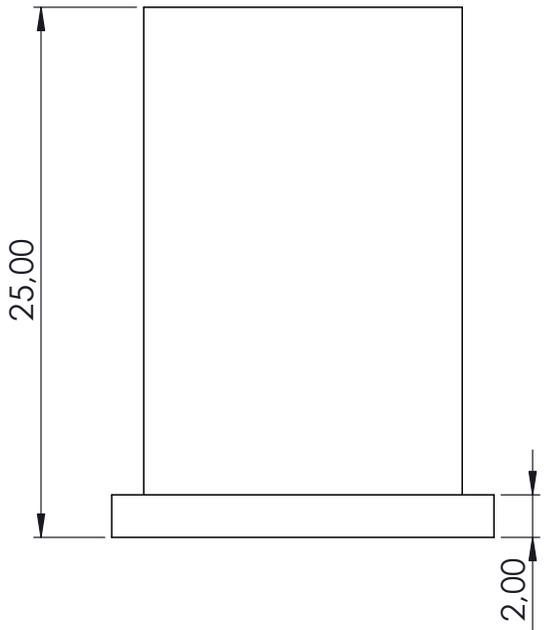
SECCIÓN A-A

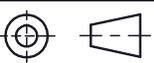


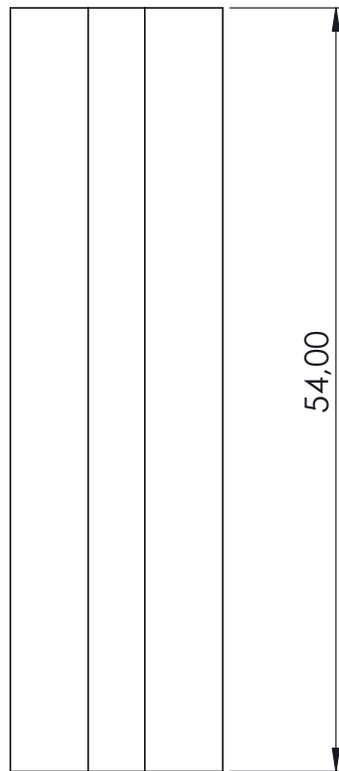
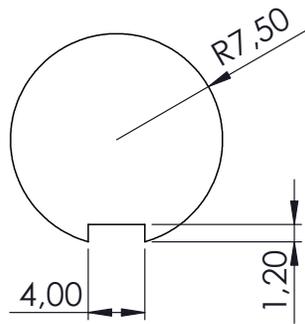
	Est. Super.			E9 - CUERPO DE RODAMIENTO TENSOR	EDICIÓN 1
	DIN 140				
	ESCALA 2:1	FECHA		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	HOJA N° 40
	Tol.gen.	DIB.	18/08/2023		
	Tol.geom.	REV.	22/08/2023		
	Tol.dimen.	APRO.	22/08/2023		
ISO2768			N° HOJAS 55		
ISO1101					
ISO286-1					
DIBUJADO POR:	JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR				
REVISADO POR:	ING. MARLON QUINDE				



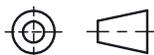
SECCIÓN A-A  
ESCALA 3 : 1



	Est. Super.			E10 - JUNTA DE TRANSMICIÓN	EDICIÓN 1
	DIN 140				
	ESCALA 3:1	FECHA		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	HOJA N° 41
	Tol.gen.	DIB.	18/08/2023		
	Tol.geom.	REV.	22/08/2023		
	Tol.dimen.	APRO.	22/08/2023		
ISO2768			N° HOJAS 55		
ISO1101					
ISO286-1					
DIBUJADO POR:	JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR				
REVISADO POR:	ING. MARLON QUINDE				



Est. Super.  
DIN 140  
ESCALA  
3:1  
Tol.gen.  
Tol.geom.  
Tol.dimen.  
ISO2768  
ISO1101  
ISO286-1



FECHA

DIB.	18/08/2023
REV.	22/08/2023
APRO.	22/08/2023

E13 - EJE CON RASGO DE CHAVETA

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

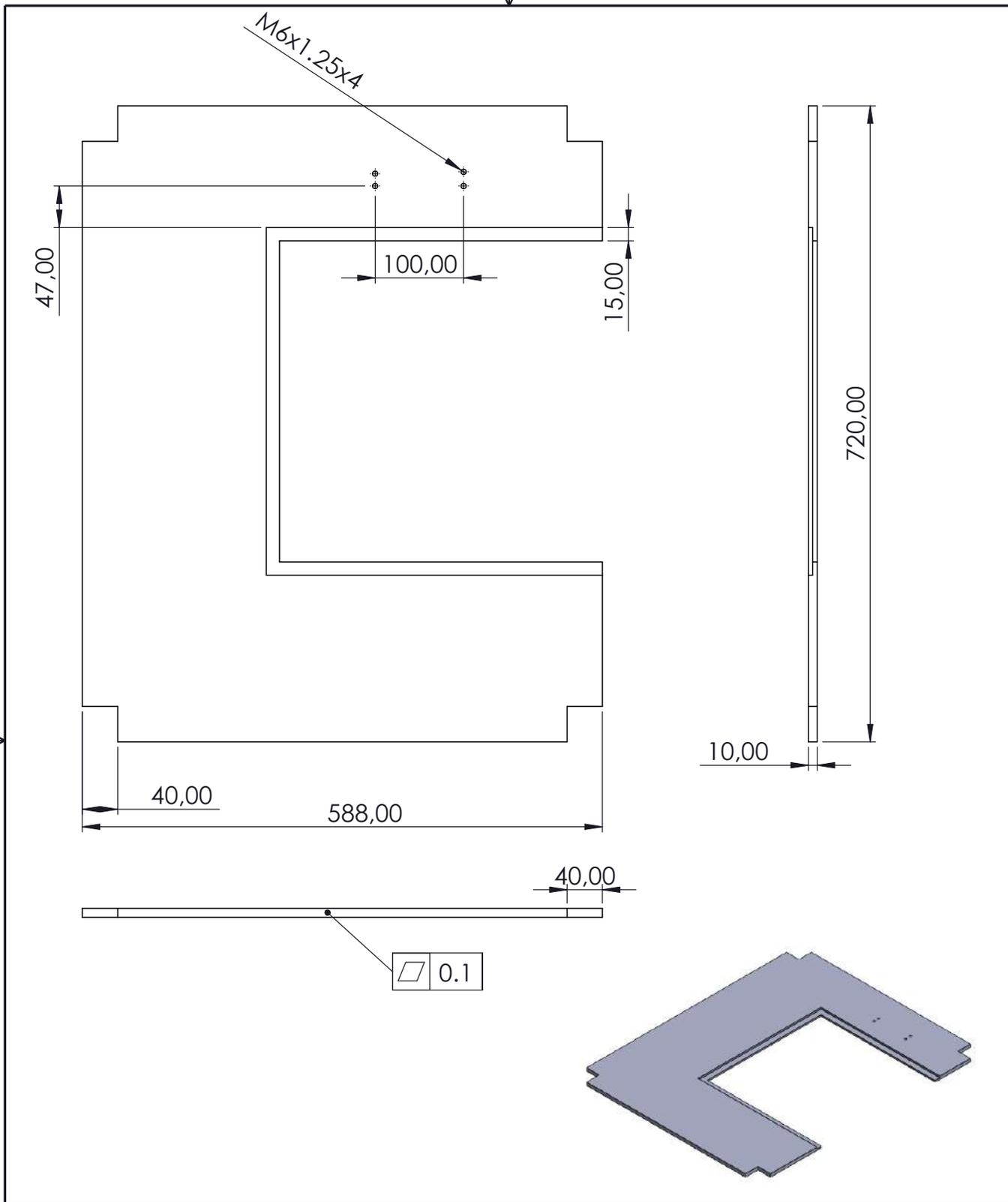
EDICIÓN  
1

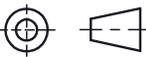
HOJA N°  
42

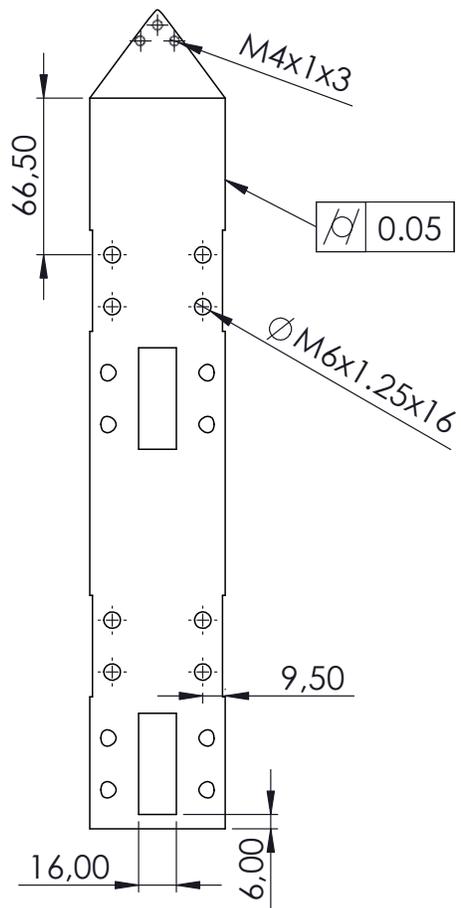
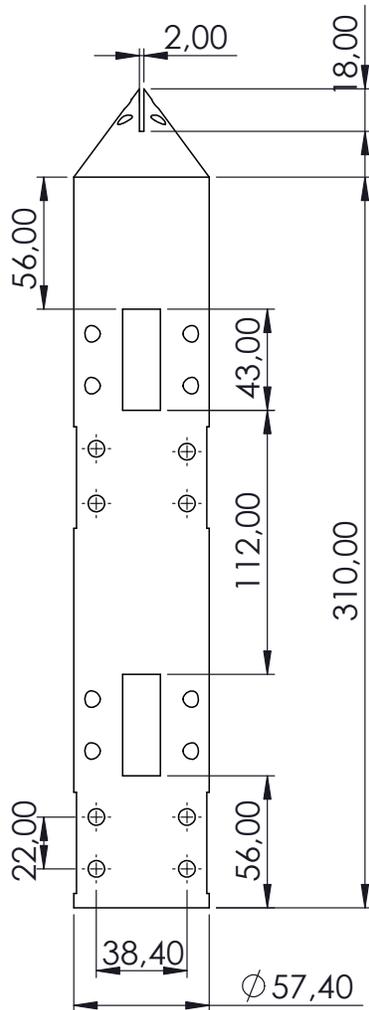
N° HOJAS  
55

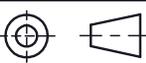
DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR

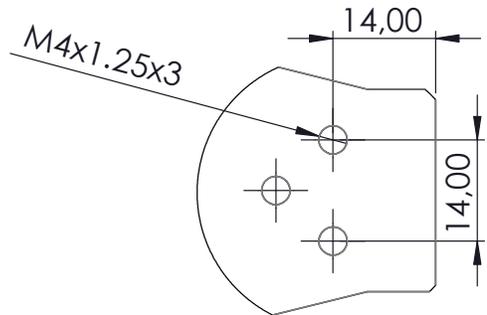
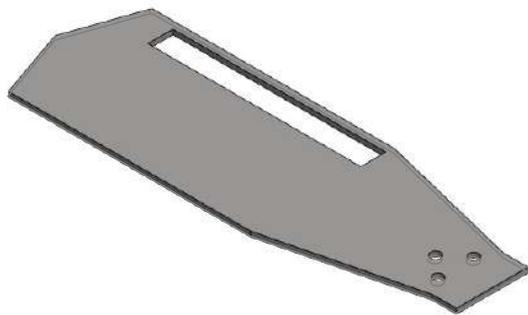
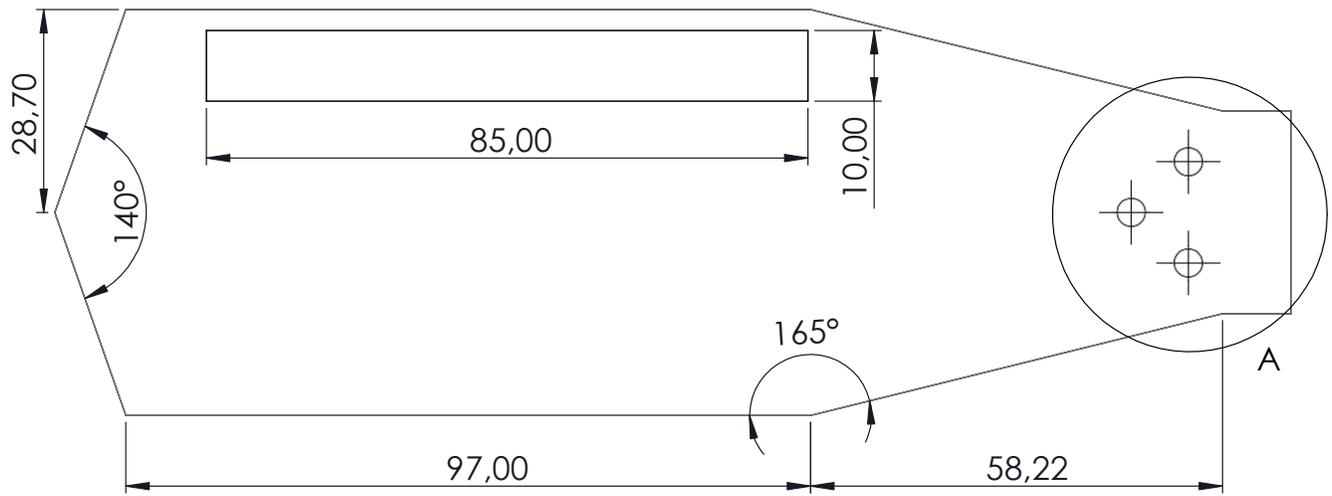
REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE



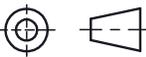
	Est. Super.			PLACA BASE DE CUCHILLAS	EDICIÓN 1
	DIN 140				
	ESCALA 1:6	FECHA		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	HOJA N° 43
	Tol.gen.	DIB.	18/08/2023		
	Tol.geom.	REV.	22/08/2023		
	Tol.dimen.	APRO.	22/08/2023		
ISO2768			N° HOJAS 55		
ISO1101					
ISO286-1					
DIBUJADO POR:	JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR				
REVISADO POR:	ING. MARLON QUINDE				

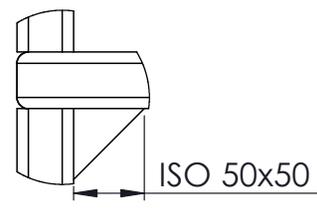
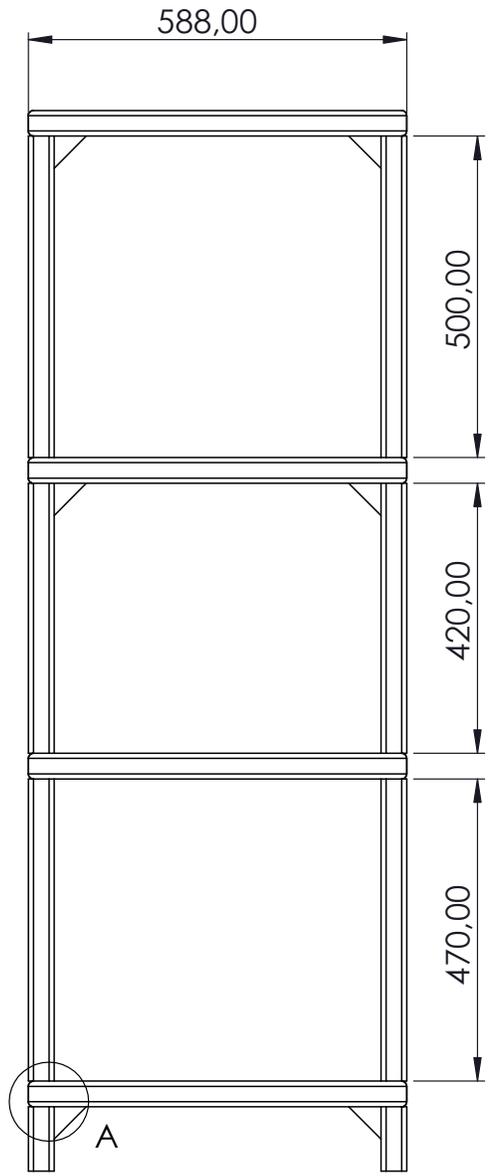
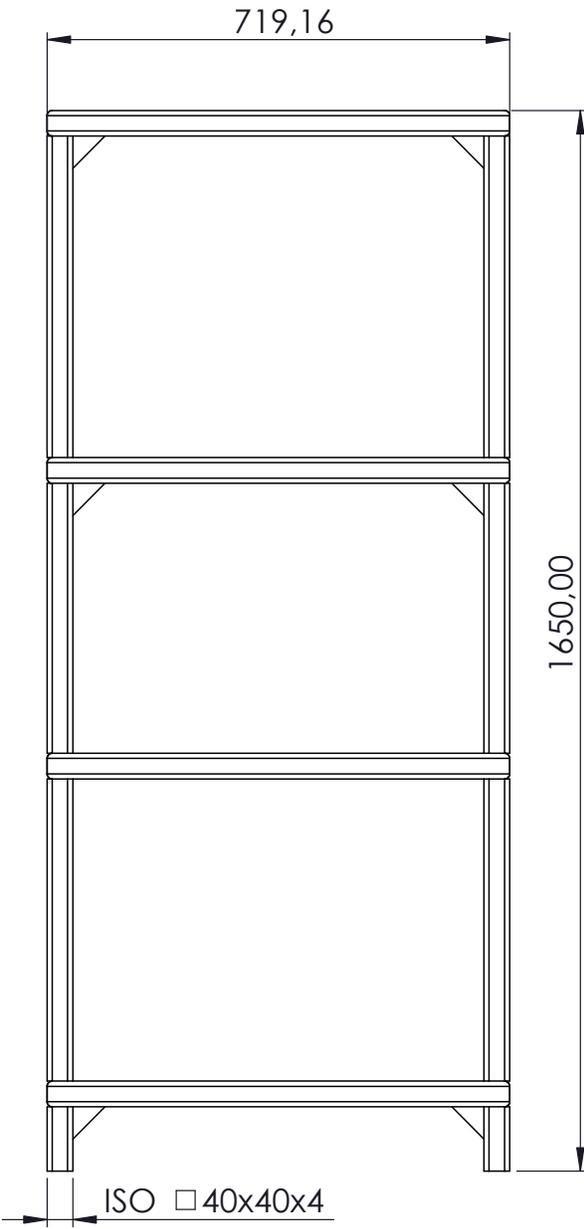


	Est. Super.			MANDRIL	EDICIÓN 1
	DIN 140				
	ESCALA 1:3	FECHA		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	HOJA N° 44
	Tol.gen.	DIB.	18/08/2023		
	Tol.geom.	REV.	22/08/2023		
Tol.dimen.	APRO.	22/08/2023	N° HOJAS 55		
ISO2768	DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR				
ISO1101	REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE				
ISO286-1					

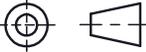


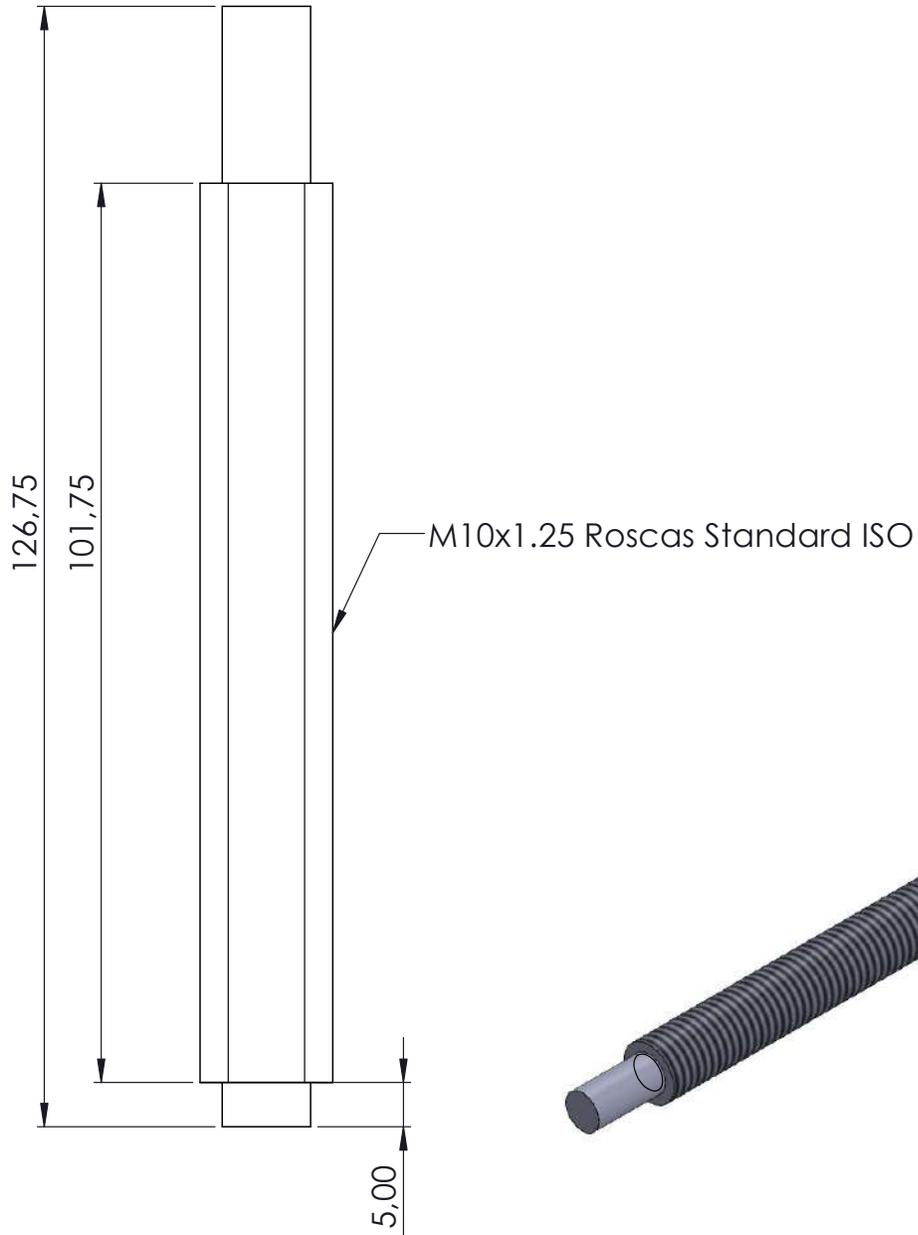
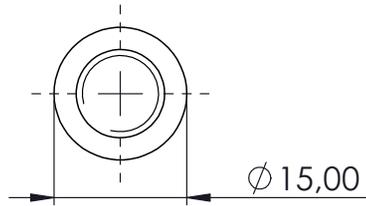
DETALLE A  
ESCALA 1 : 1

	Est. Super.			PLACA DE SENSADO DE FAJILLA	EDICIÓN 1
	DIN 140				
	ESCALA 1:1	FECHA		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	HOJA N° 45
	Tol.gen.	DIB.	18/08/2023		
	Tol.geom.	REV.	22/08/2023		
	Tol.dimen.	APRO.	22/08/2023		
ISO2768			N° HOJAS 55		
ISO1101					
ISO286-1					
DIBUJADO POR:	JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR				
REVISADO POR:	ING. MARLON QUINDE				

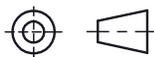


DETALLE A  
ESCALA 1 : 5

	Est. Super.			ESTRUCTURA DE ENFAJILLADORA	EDICIÓN 1
	DIN 140				
	ESCALA 1:10	FECHA		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	HOJA N° 45
	Tol.gen.	DIB.	18/08/2023		
	Tol.geom.	REV.	22/08/2023		
	Tol.dimen.	APRO.	22/08/2023		
ISO2768			N° HOJAS 55		
ISO1101					
ISO286-1					
DIBUJADO POR:	JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR				
REVISADO POR:	ING. MARLON QUINDE				



Est. Super.  
DIN 140  
ESCALA  
1:2  
Tol.gen.  
Tol.geom.  
Tol.dimen.  
ISO2768  
ISO1101  
ISO286-1



FECHA

DIB. 18/08/2023  
REV. 24/08/2023  
APRO. 24/08/2023

F14 - EJE ROSCADO

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

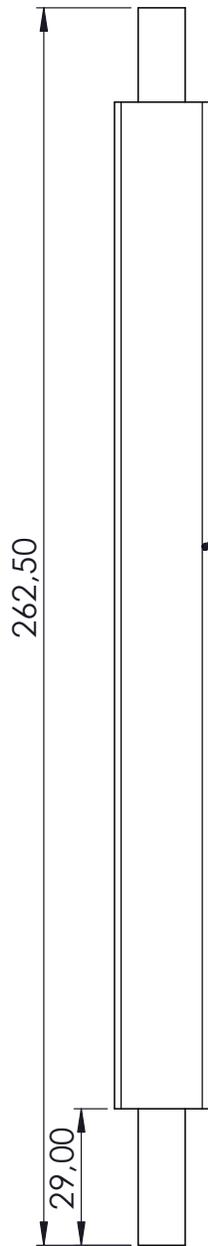
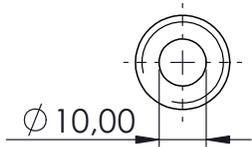
EDICIÓN  
1

HOJA N°  
46

N° HOJAS  
55

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR

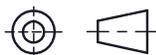
REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE



M20x2.5 Roscas Standard ISO



Est. Super.  
DIN 140  
ESCALA  
1:2  
Tol.gen.  
Tol.geom.  
Tol.dimen.  
ISO2768  
ISO1101  
ISO286-1



FECHA

DIB.	18/08/2023
REV.	24/08/2023
APRO.	24/08/2023

W10 - EJE ROSCADO

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

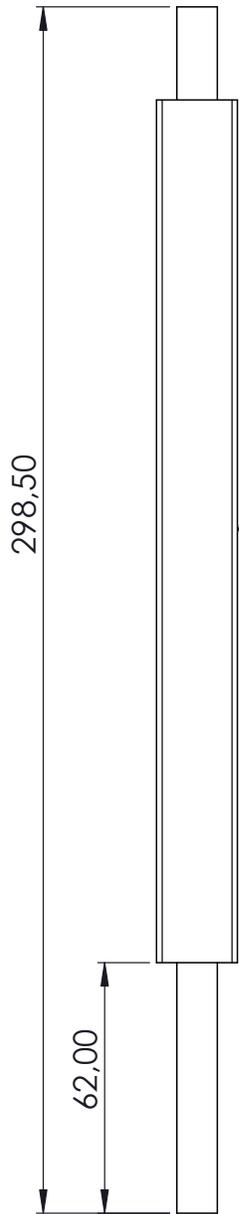
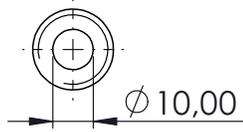
EDICIÓN  
1

HOJA N°  
47

N° HOJAS  
55

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR

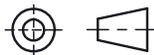
REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE



M20x2.5 Roscas Standard ISO



Est. Super.
DIN 140
ESCALA
1:2
Tol.gen.
Tol.geom.
Tol.dimen.
ISO2768
ISO1101
ISO286-1



FECHA

DIB.	18/08/2023
REV.	24/08/2023
APRO.	24/08/2023

W11 - EJE ROSCADO

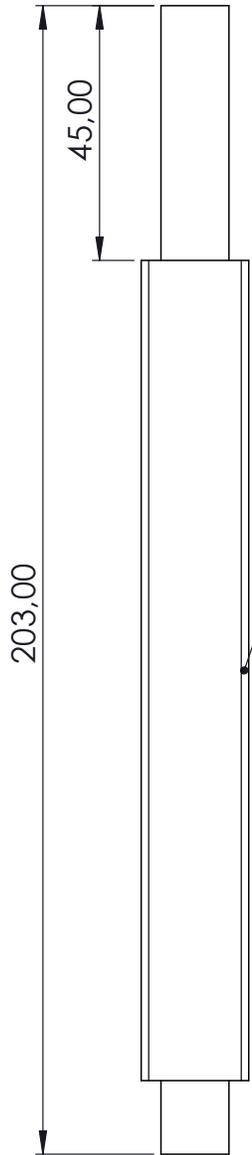
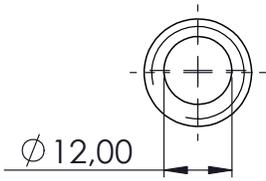
EDICIÓN  
1

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

HOJA N°  
48

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
 REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

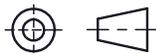
N° HOJAS  
55



M18x1.5 Roscas Standard ISO



Est. Super.  
DIN 140  
ESCALA  
1:2  
Tol.gen.  
Tol.geom.  
Tol.dimen.  
ISO2768  
ISO1101  
ISO286-1



FECHA

DIB. 18/08/2023  
REV. 24/08/2023  
APRO. 24/08/2023

W32 - EJE ROSCADO

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

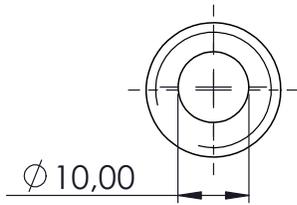
EDICIÓN  
1

HOJA N°  
49

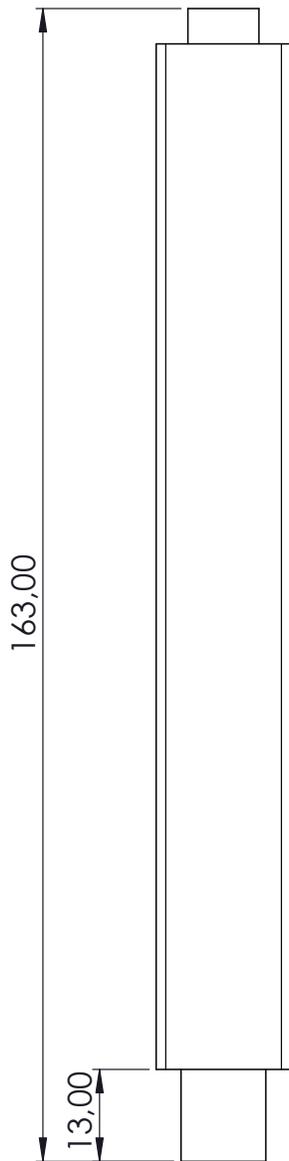
N° HOJAS  
55

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR

REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE



Ø 10,00



163,00

13,00

M18x1.5 Roscas Standard ISO



Est. Super.

DIN 140

ESCALA

1:1

Tol.gen.

Tol.geom.

Tol.dimen.

ISO2768

ISO1101

ISO286-1



FECHA

DIB.

18/08/2023

REV.

24/08/2023

APRO.

24/08/2023

W33 - EJE ROSCADO

EDICIÓN  
1

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

HOJA N°  
50

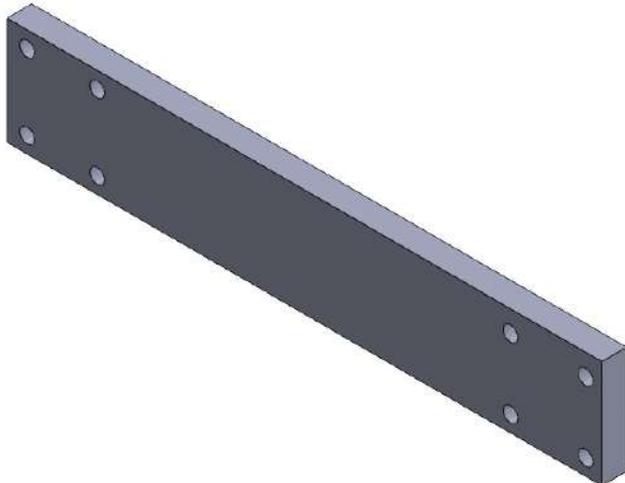
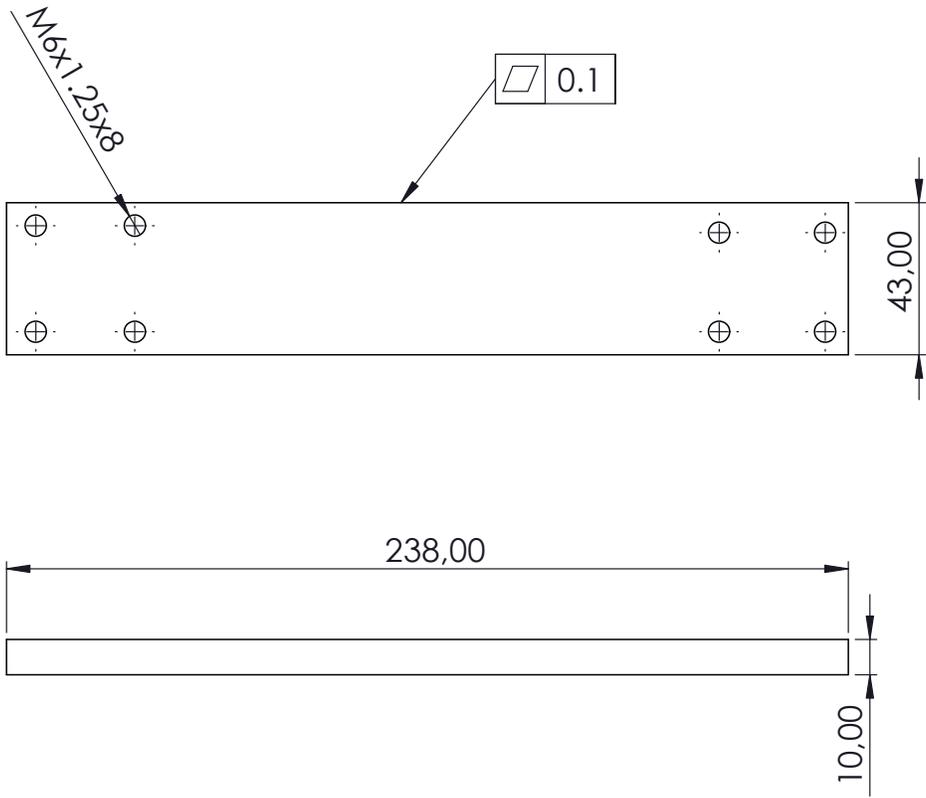
N° HOJAS  
55

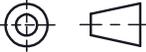
DIBUJADO POR:

JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR

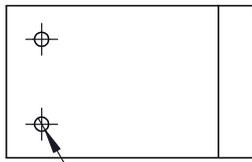
REVISADO POR:

ING. MARLON QUINDE



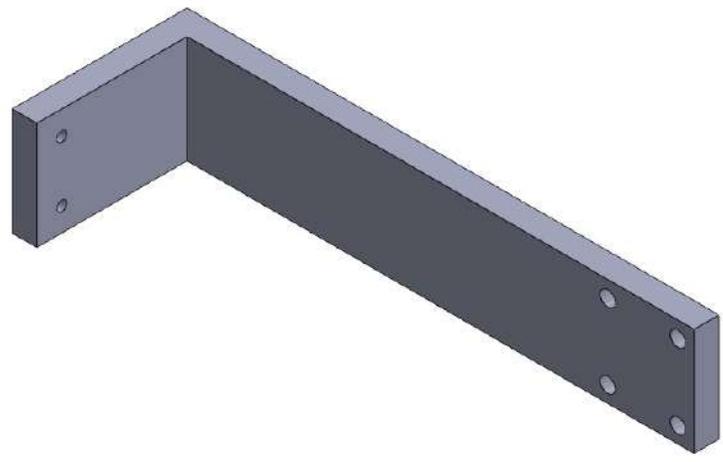
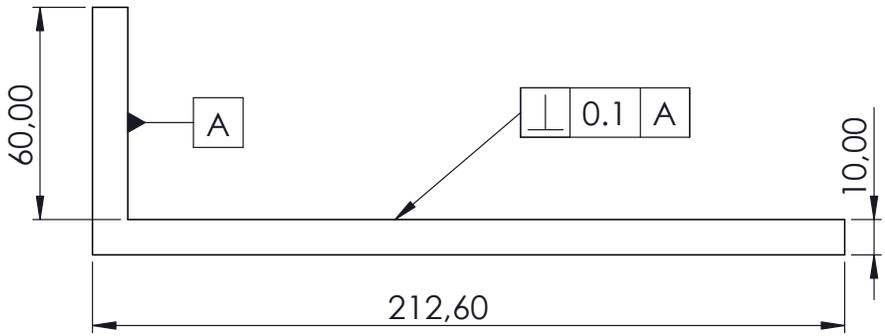
	Est. Super.			ANCLAJE RODILLOS - SENSOR	EDICIÓN 1
	DIN 140				
	ESCALA 1:1	FECHA		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	HOJA N° 51
	Tol.gen.	DIB.	18/08/2023		
	Tol.geom.	REV.	24/08/2023		
	Tol.dimen.	APRO.	24/08/2023		
ISO2768			N° HOJAS 55		
ISO1101					
ISO286-1					
DIBUJADO POR:	JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR				
REVISADO POR:	ING. MARLON QUINDE				

10,00



M6x1.5x4

MAX1.25x2



Est. Super.	DIN 140		DIB.	18/08/2023
ESCALA	1:2			
Tol.gen.	FECHA		REV.	24/08/2023
Tol.geom.	DIB.		APRO.	24/08/2023
Tol.dimen.	REV.			
ISO2768	APRO.			
ISO1101				
ISO286-1				

BASE EN L DEL SENSOR DE FAJILLAS

EDICIÓN 1

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

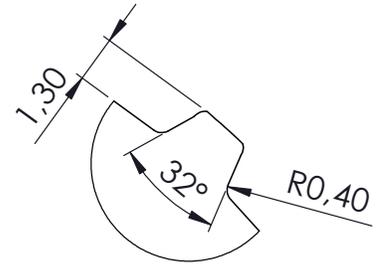
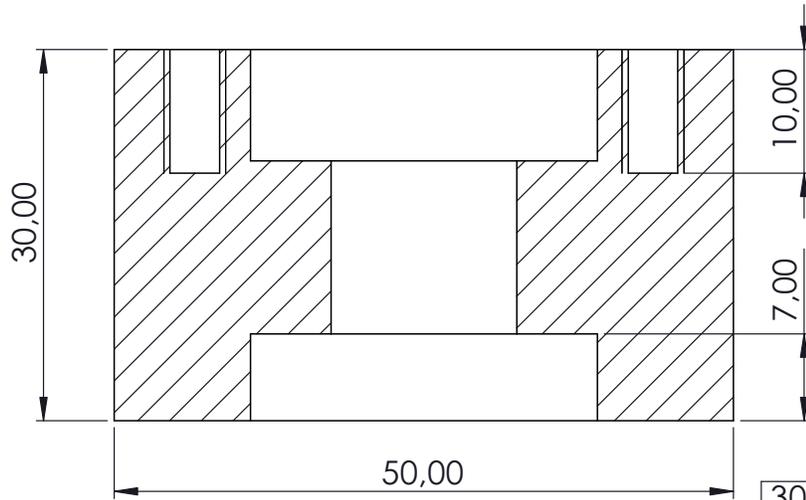
HOJA N° 52

DIBUJADO POR:  
REVISADO POR:

JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
ING. MARLON QUINDE

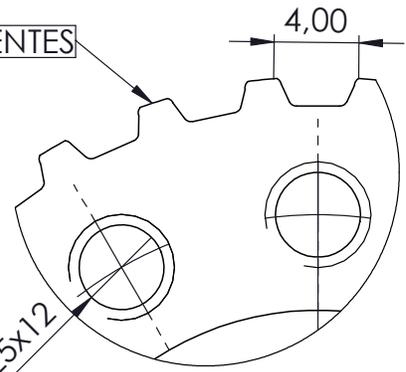
N° HOJAS 55

SECCIÓN A-A  
ESCALA 1.75 : 1

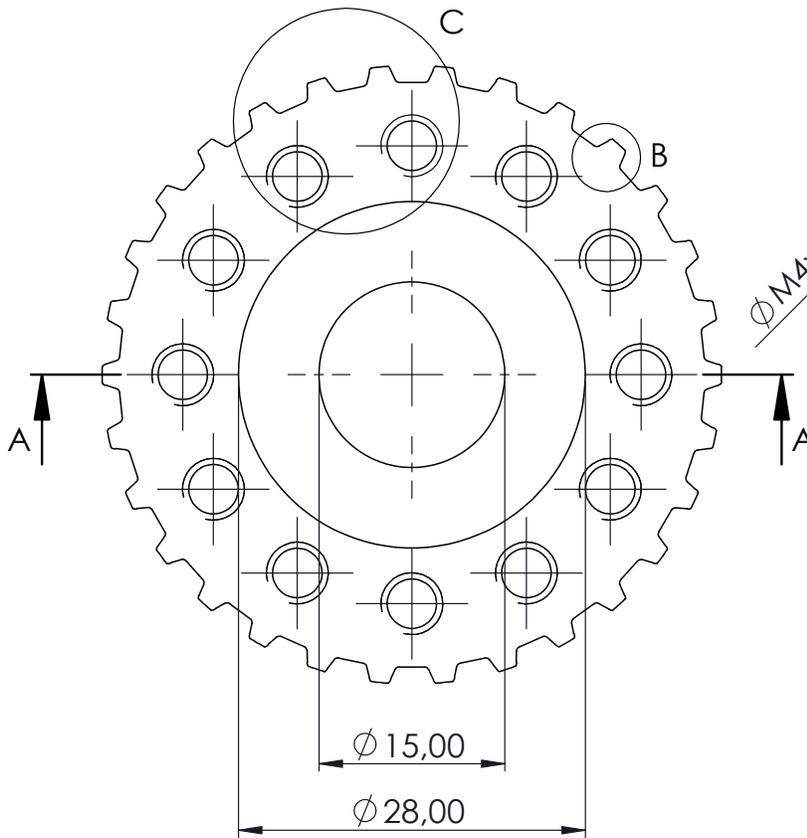


DETALLE B  
ESCALA 5 : 1

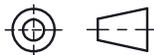
30 DIENTES



DETALLE C  
ESCALA 3 : 1



Est. Super.  
DIN 140  
ESCALA  
1:1  
Tol.gen.  
Tol.geom.  
Tol.dimen.  
ISO2768  
ISO1101  
ISO286-1



FECHA

DIB.	18/08/2023
REV.	24/08/2023
APRO.	24/08/2023

E1 - POLEA DENTADA DE  
SINCRONIZACIÓN

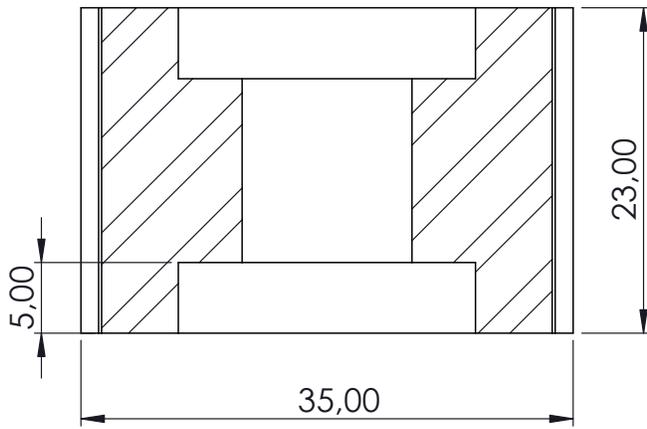
EDICIÓN  
1

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

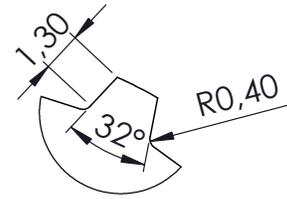
HOJA N°  
53

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

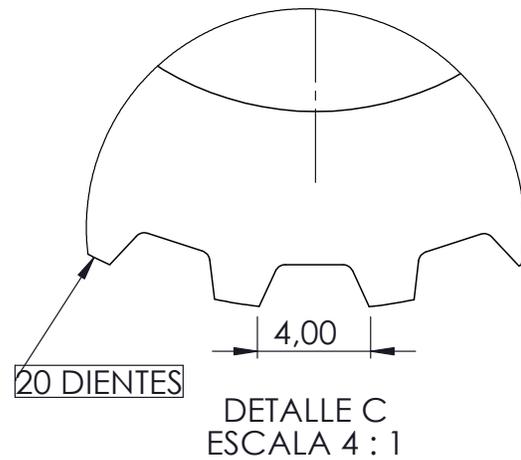
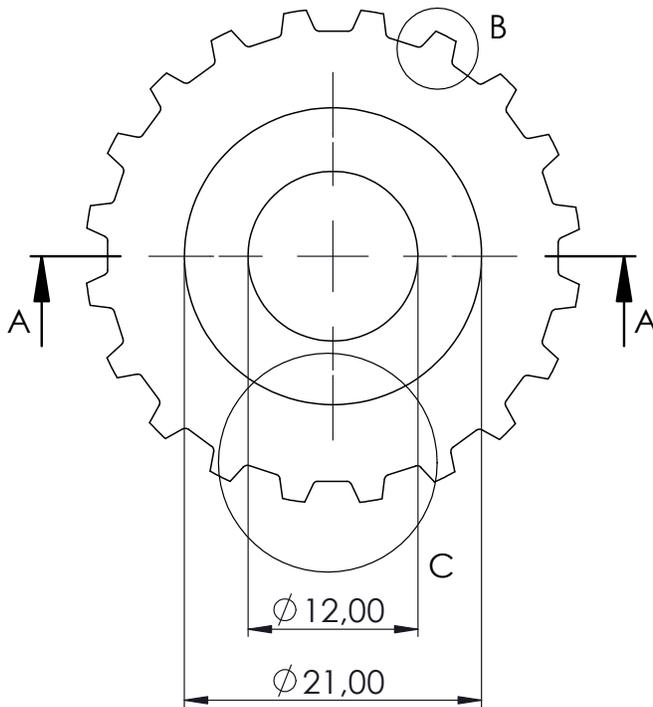
N° HOJAS  
55



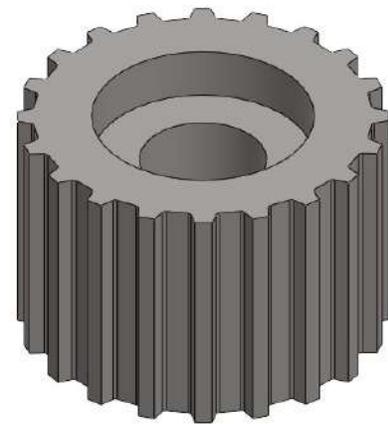
SECCIÓN A-A  
ESCALA 2 : 1



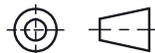
DETALLE B  
ESCALA 4 : 1



DETALLE C  
ESCALA 4 : 1



Est. Super.  
DIN 140  
ESCALA  
2:1  
Tol.gen.  
Tol.geom.  
Tol.dimen.  
ISO2768  
ISO1101  
ISO286-1



FECHA

DIB.	18/08/2023
REV.	24/08/2023
APRO.	24/08/2023

E3 - POLEA DENTADA  
DE SINCRONIZACIÓN

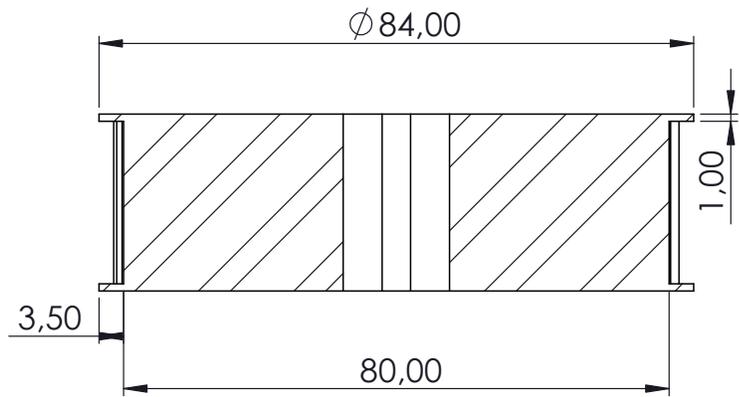
EDICIÓN  
1

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

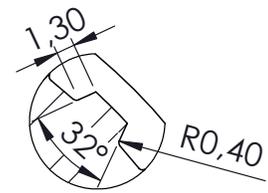
HOJA N°  
54

DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

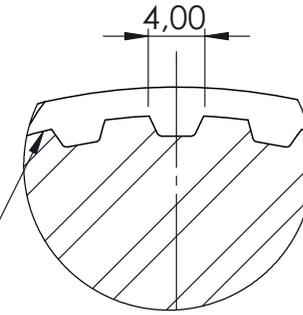
N° HOJAS  
55



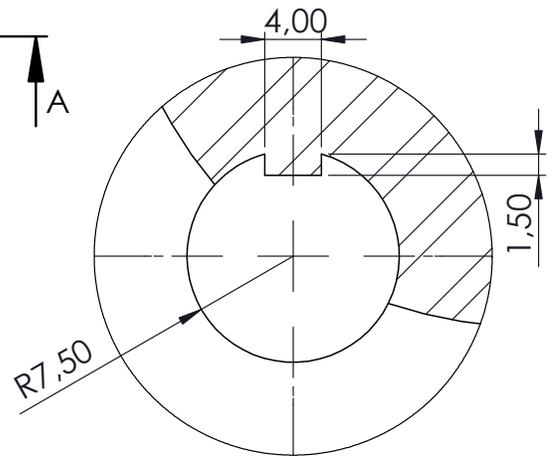
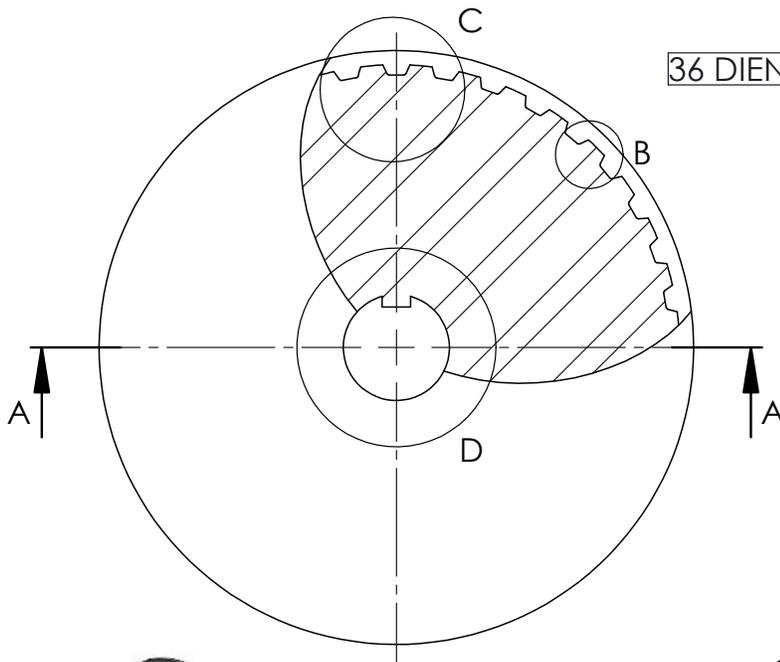
SECCIÓN A-A



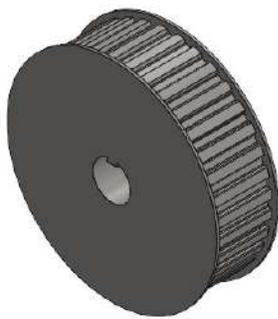
DETALLE B  
ESCALA 2 : 1



DETALLE C  
ESCALA 2 : 1



DETALLE D  
ESCALA 2 : 1



Est. Super.		
DIN 140		
ESCALA 1:1	FECHA	
Tol.gen.	DIB.	18/07/2021
Tol.geom.	REV.	24/07/2021
Tol.dimen.	APRO.	24/07/2021
ISO2768		
ISO1101		
ISO286-1		

E2 - POLEA DE SINCRONIZACIÓN  
CON CHAVETA

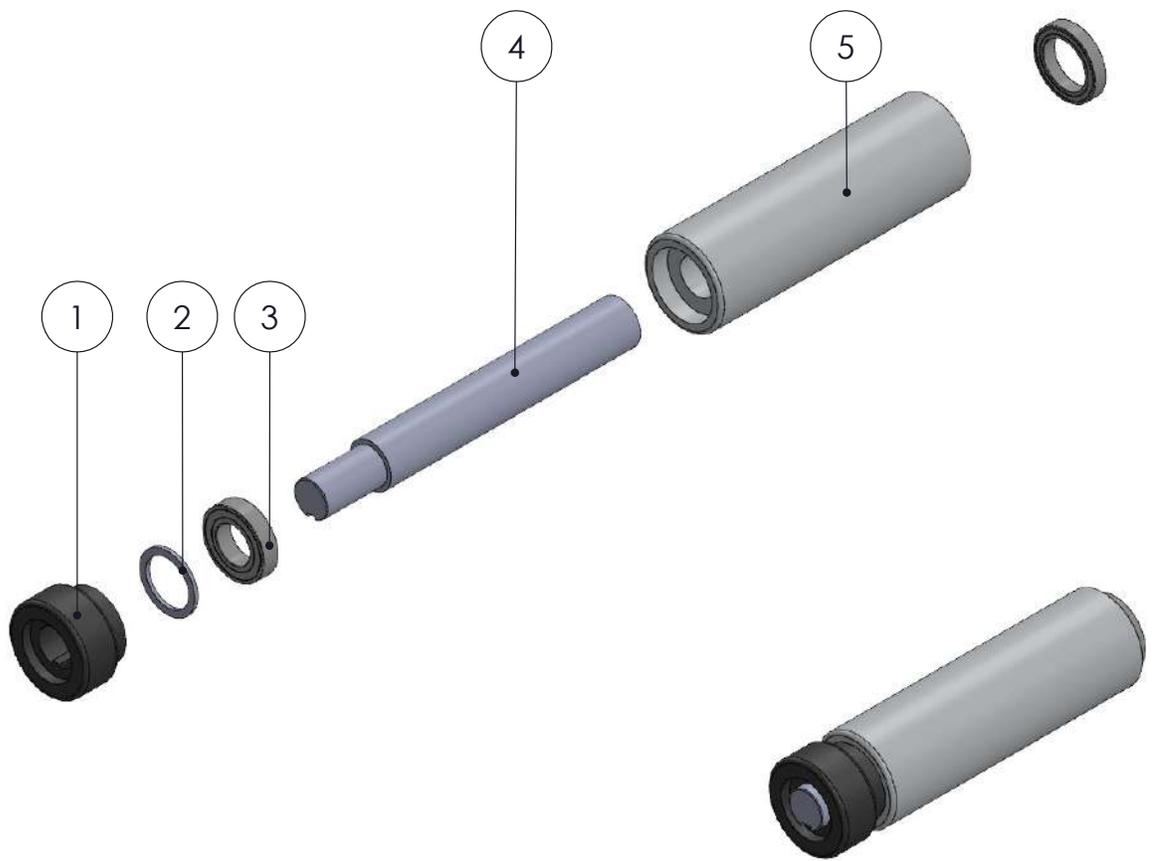
EDICIÓN  
1

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

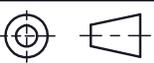
HOJA N°  
55

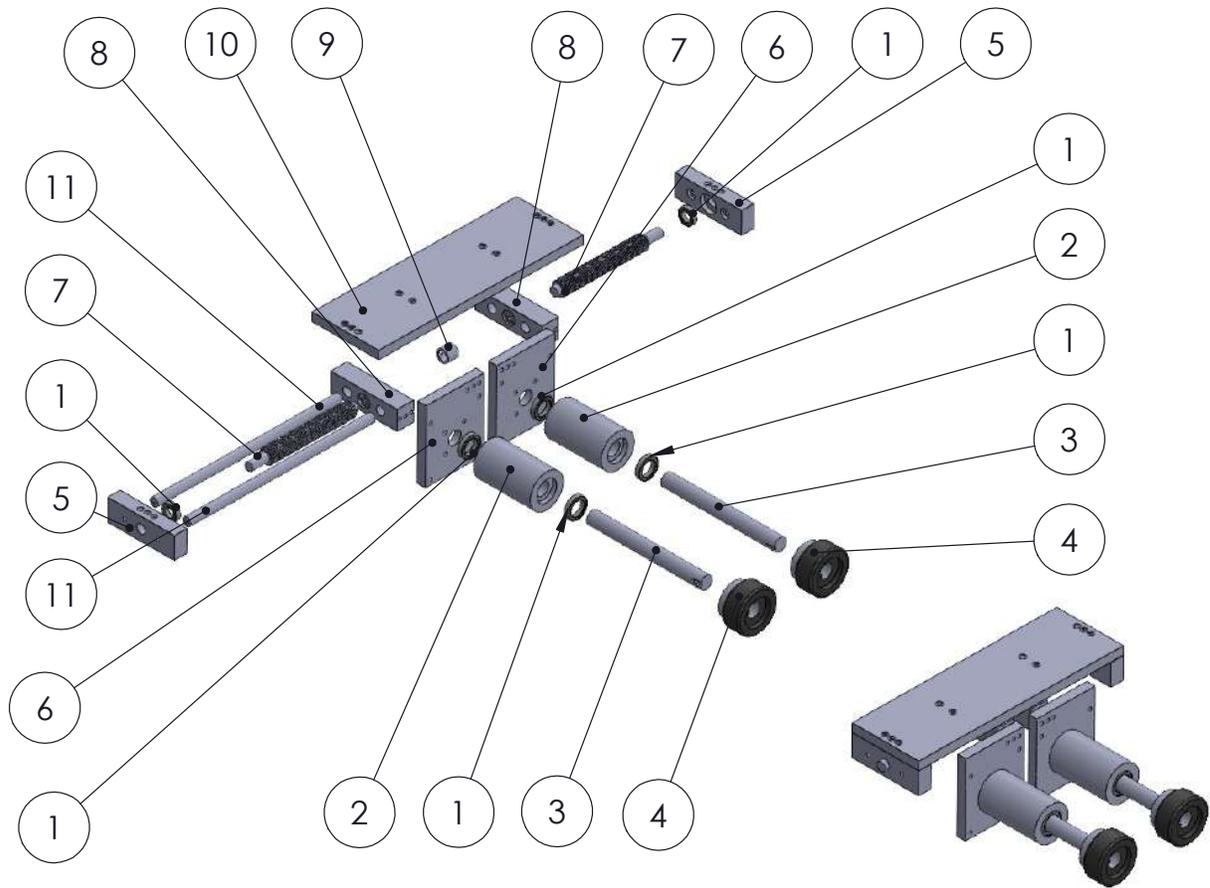
DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

N° HOJAS  
55

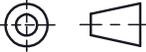


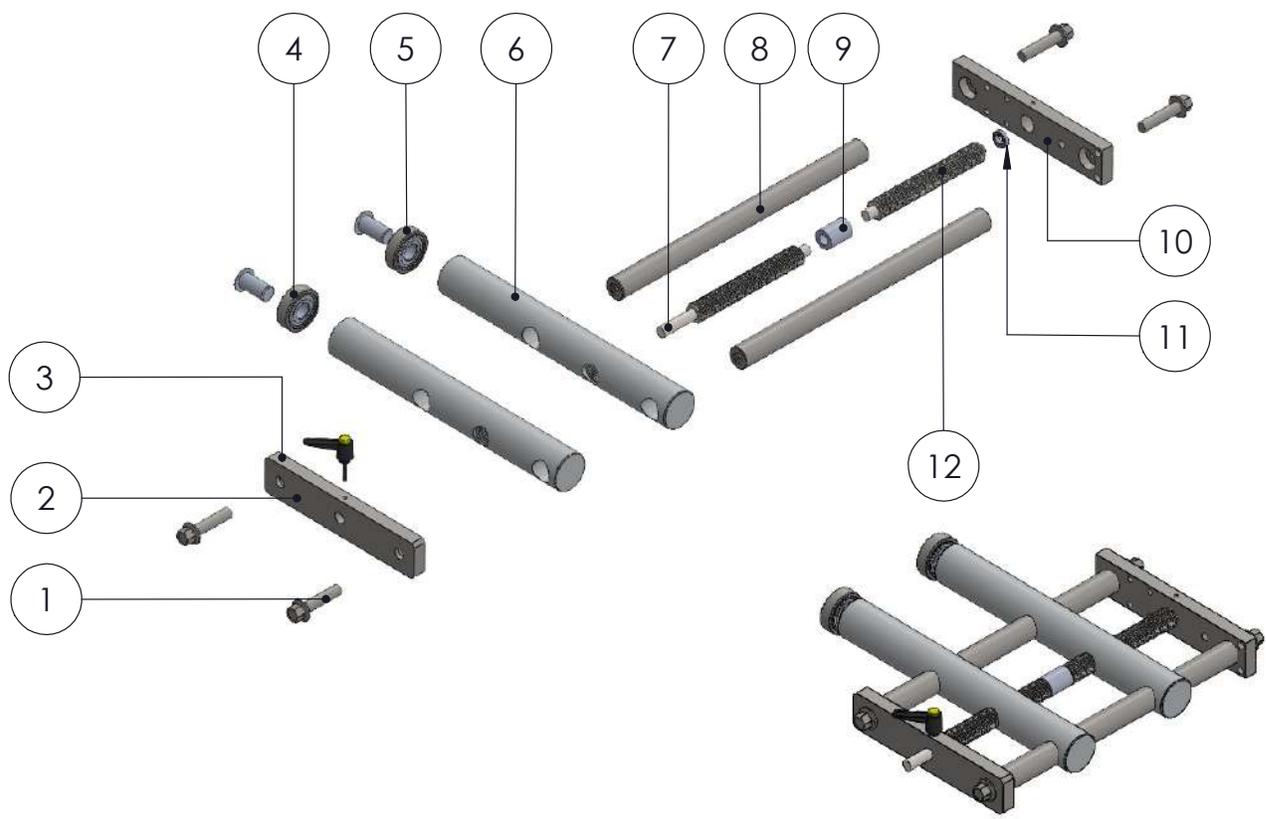
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	W4	Rodillo de contacto con chaveta	1
2	W16	Anillo	1
3	6805JZZ	Rodamiento rigido de bolas	2
4	W14	Eje con rasgo de chaveta	1
5	W26	Cuerpo de rodillo	1

	Est. Super.		VISTA EXPLOSIONADA RODILLO	EDICIÓN 1
	DIN 140			
	ESCALA 1:3	FECHA	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	HOJA N° 01
	Tol.gen.	DIB.		
	Tol.geom.	REV.		20/08/2023
	Tol.dimen.	APRO.		20/08/2023
ISO2768			N° HOJAS 55	
ISO1101				
ISO286-1				
DIBUJADO POR:	JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR			
REVISADO POR:	ING. MARLON QUINDE			

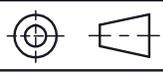


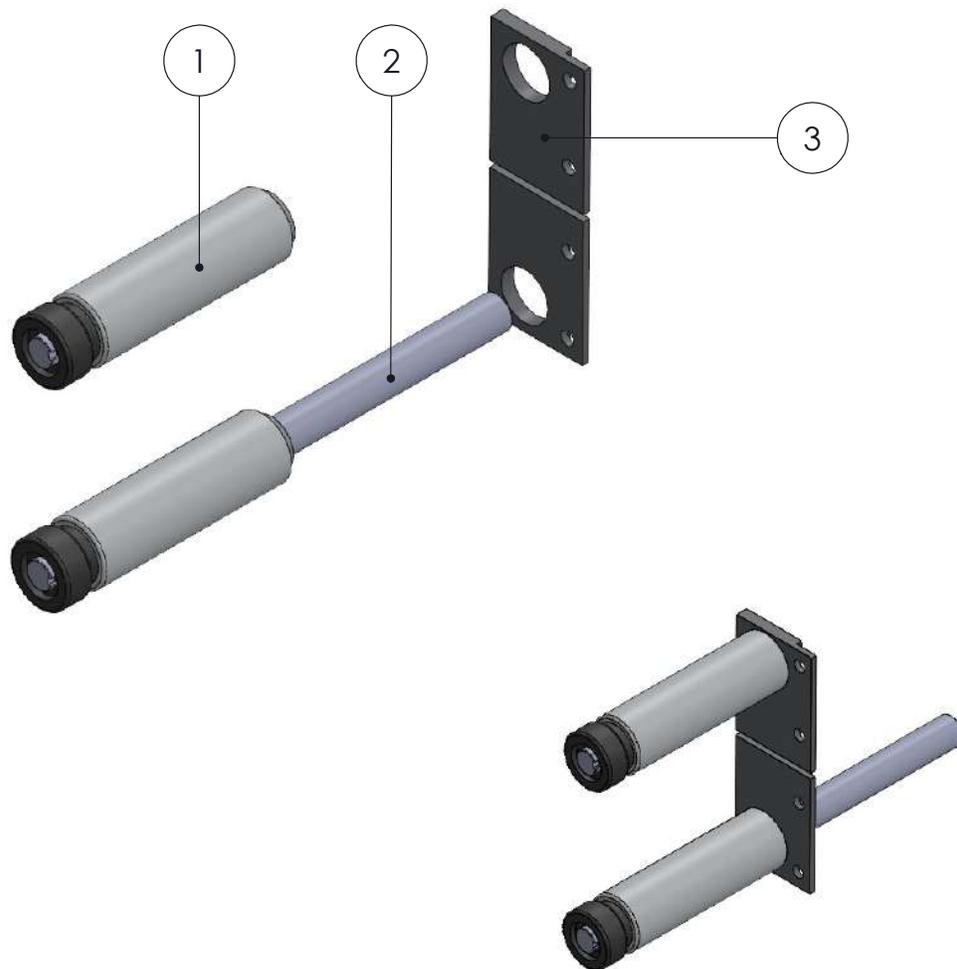
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	6802ZZ	Rodamiento rigido de bolas	6
2	F16	Cuerpo de rodillo	2
3	F20	Eje de rodillo con rasgo de chaveta	2
4	F19	Rodillo de contacto con chaveta	2
5	F5	Soporte extremo	2
6	F6	Placa movil de unión	2
7	F14	Eje roscado	2
8	F8	Cabezal movil	2
9	bulon	Bulón de unión	1
10	F4	Base de fijación	1
11	F13	Eje guia	2

	Est. Super.		<b>VISTA EXPLOSIONADA - CONJUNTO RODILLOS DE ALTA VELOCIDAD</b>	<b>EDICIÓN 1</b>
	DIN 140			
	ESCALA	FECHA	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>	<b>HOJA N° 02</b>
	1:6	DIB. 15/08/2023		
	Tol.gen.	REV. 20/08/2023		<b>N° HOJAS 55</b>
	Tol.geom.	APRO. 20/08/2023		
Tol.dimen.				
ISO2768				
ISO1101				
ISO286-1				
DIBUJADO POR:	JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR			
REVISADO POR:	ING. MARLON QUINDE			

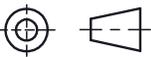


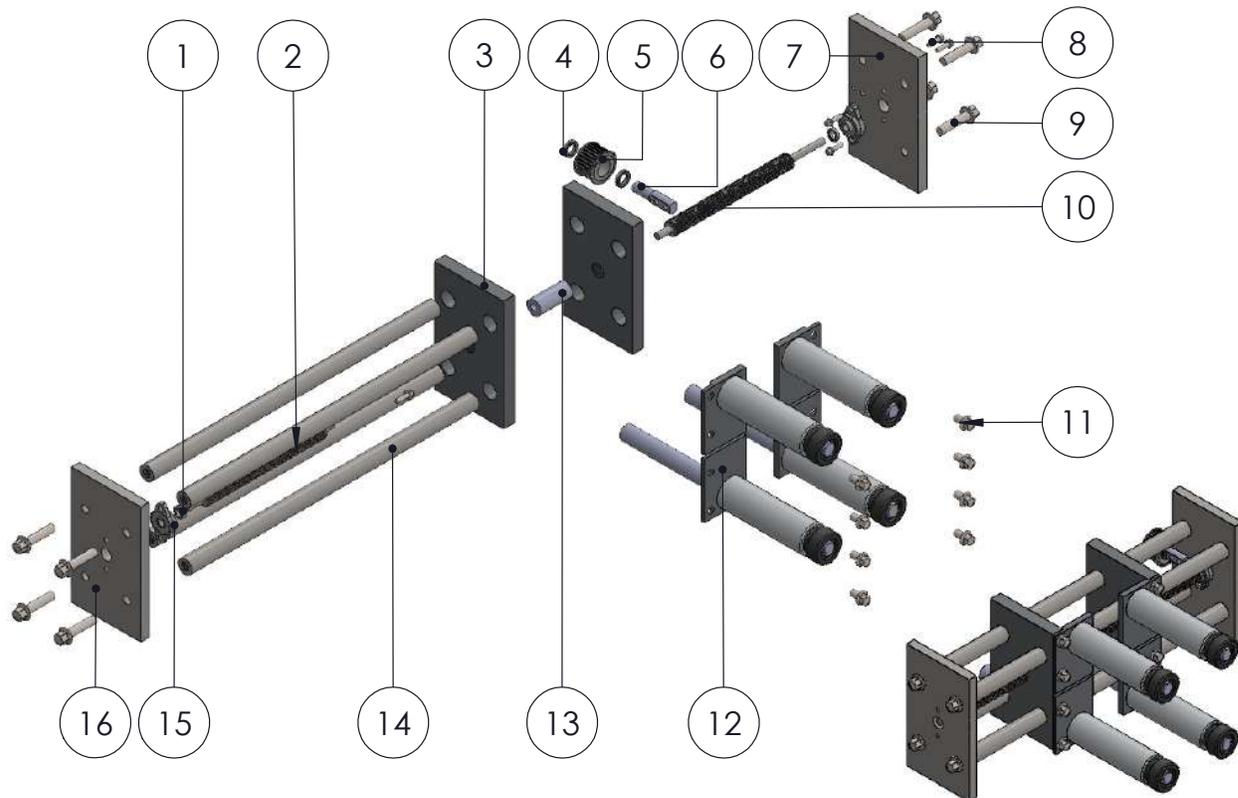
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Perno	Perno M12 x 1.75 x 50 ANSI METRIC	4
2	W30	Soporte extremo	1
3	T1	Palanca de sujeción	1
4	W28	Eje móvil	2
5	6303ZZ	Rodamineto rígido de bolas	2
6	W29	Junta	2
7	W32	Eje roscado (filete derecho)	1
8	W22	Eje guía	2
9	W34	Bulon de unión	1
10	W31	Soporte extremo	1
11	6805JRZZ	Rodamiento rígido de bolas	1
12	W33	Eje roscado (filete derecho)	1

	Est. Super.		<b>VISTA EXPLOSIONADA - CONJUNTO DE RODILLOS SECUNDARIOS</b>	<b>EDICIÓN 1</b>	
	DIN 140				
	ESCALA 1:5	FECHA			
	Tol.gen.	DIB.	14/08/2023	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>	<b>HOJA N° 03</b>
	Tol.geom.	REV.	20/08/2023		
Tol.dimen.	APRO.	20/03/2023	<b>N° HOJAS 55</b>		
ISO2768	DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR				
ISO1101	REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE				
ISO286-1					



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	C1	Conjunto de rodillos principal	2
2	W13	Eje de transmisión de movimiento	1
3	W37	Placas móviles	2

	Est. Super.		VISTA EXPLOSIONADA - SUBCONJUNTO DE RODILLOS PRINCIPAL	EDICIÓN 1
	DIN 140			
	ESCALA 1:4	FECHA	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	HOJA N° 04
	Tol.gen.	DIB.		
	Tol.geom.	REV.		20/08/2023
	Tol.dimen.	APRO.		20/08/2023
ISO2768			N° HOJAS 55	
ISO1101				
ISO286-1				
DIBUJADO POR:	JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR			
REVISADO POR:	ING. MARLON QUINDE			



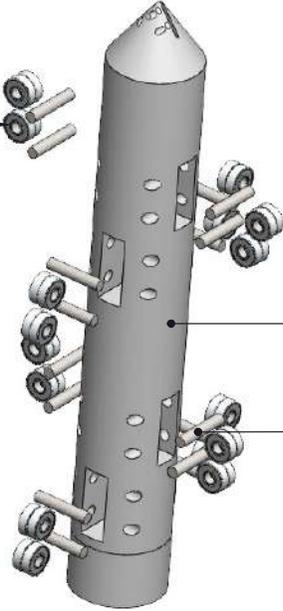
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	6800ZZ	Rodamiento rigido de bolas	2
2	W10	Eje roscado (filete izquierdo)	1
3	W5	Base movil	2
4	6802ZZ	Rodamiento rigido de bolas	2
5	K28S5M250AF	Polea de sincronización	1
6	W25	Eje de anclaje	1
7	W21	Base externa	1
8	Perno	Perno M6 x 1x 20 ANSI METRIC	6
9	Perno	Perno M12 x 1.75 x 50 ANSI METRIC	8
10	W11	Eje roscado (filete derecho)	2
11	Perno	Perno M10 x 1.5 x 16 ANSI METRIC	8
12	Subconjunto	Subconjunto principal	2
13	W12	Bulón	1
14	W9	Eje guia	4
15	UFL000J	Chumacera de pared	2
16	W20	Base externa	1

	Est. Super.		<b>VISTA EXPLOSIONADA - RODILLOS PRINCIPALES</b>	<b>EDICIÓN 1</b>	
	DIN 140				
	ESCALA 1:9	FECHA		<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>	<b>HOJA N° 05</b>
	Tol.gen.	DIB.			
	Tol.geom.	REV.			1/07/2021
	Tol.dimen.	APRO.			1/07/2021
ISO2768			<b>N° HOJAS 55</b>		
ISO1101					
ISO286-1					
DIBUJADO POR:	<b>JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR</b>				
REVISADO POR:	<b>ING. MARLON QUINDE</b>				

2



1



3

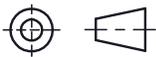
4



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	607ZZ	Rodamiento rigido de bolas de carga mixta	32
2	Placa de sensado	Placa de sensado de fajilla	1
3	Mandril	Cuerpo de mandril	1
4	Pasador	Pasador	16



Est. Super.  
DIN 140  
ESCALA  
1:4



FECHA

VISTA EXPLOSIONADA - MANDRIL

EDICIÓN  
1

Tol.gen.  
Tol.geom.  
Tol.dimen.  
ISO2768  
ISO1101  
ISO286-1

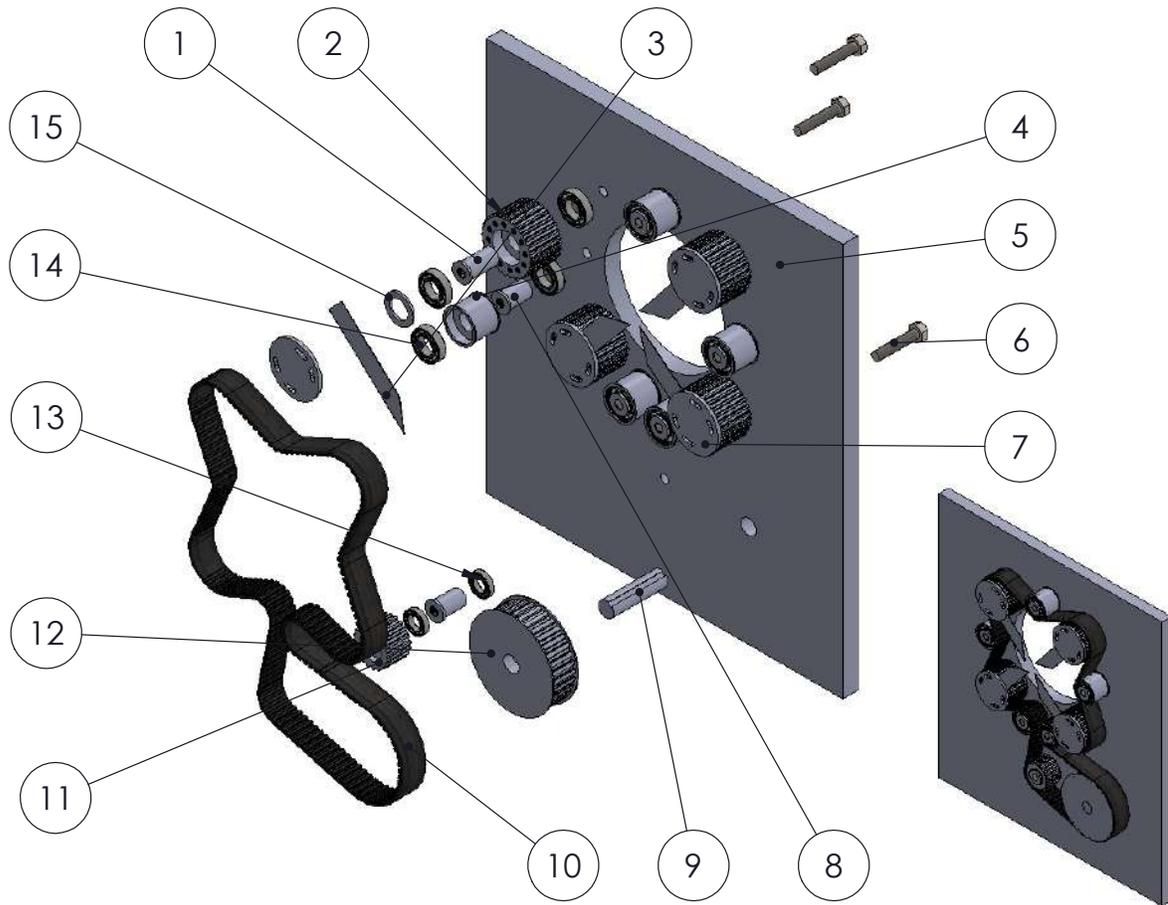
DIB. 15/08/2023  
REV. 20/08/2023  
APRO. 20/08/2023

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA

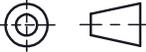
HOJA N°  
06

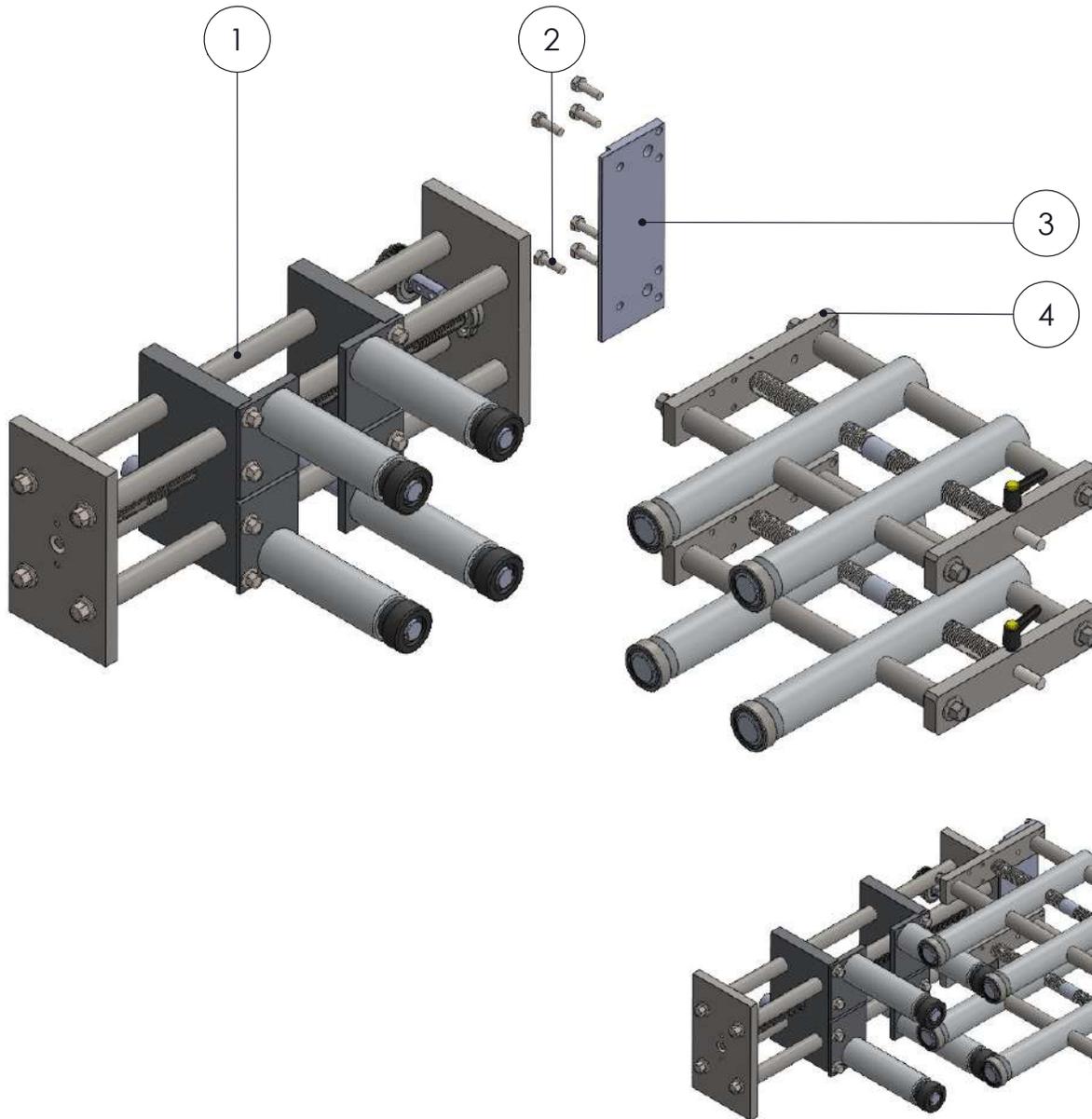
DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR  
REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE

N° HOJAS  
55

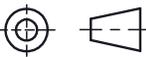


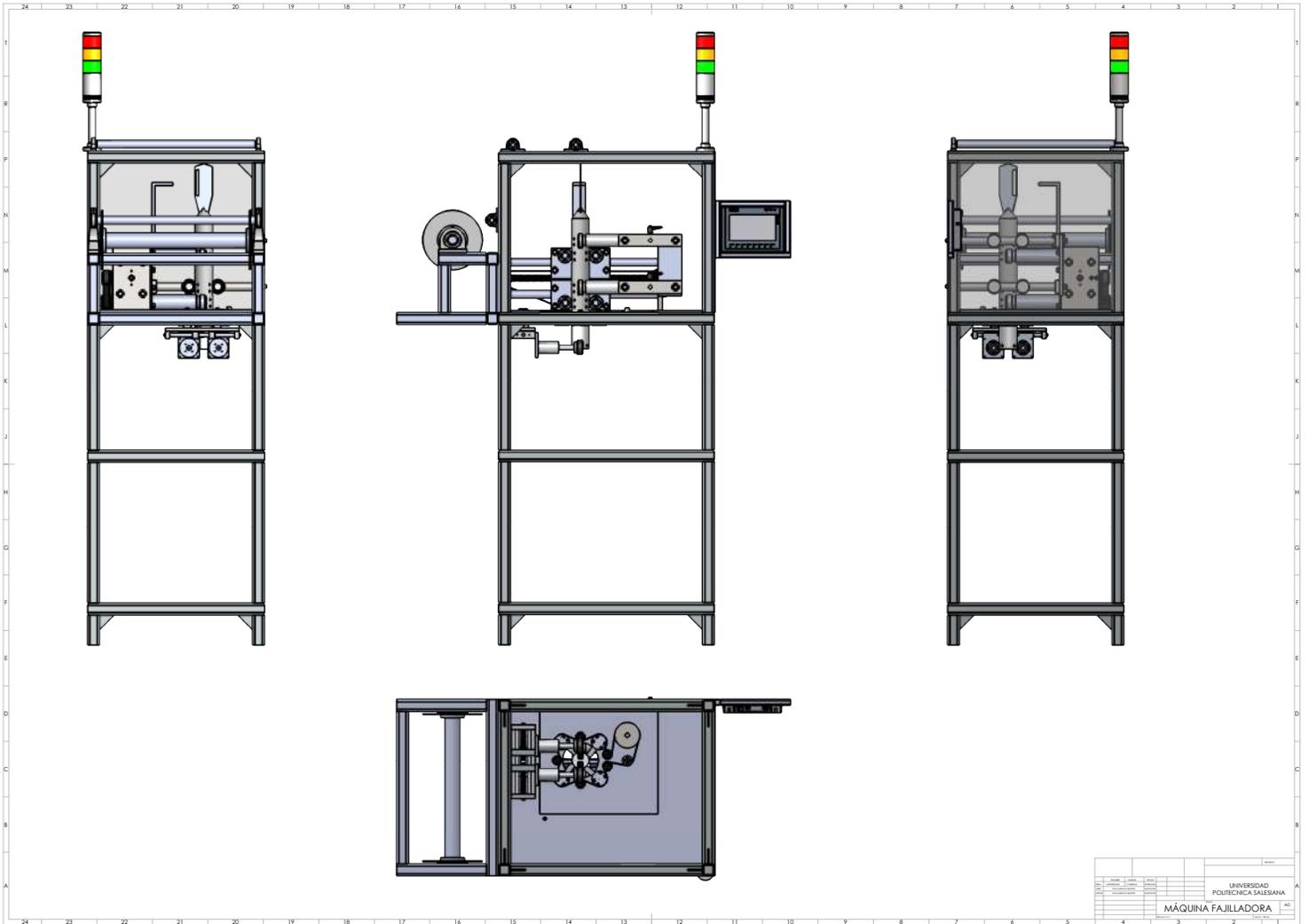
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	E8	Junta de transmisión	4
2	E1	Polea de sincronización	4
3	Cuchilla	Cuchilla	4
4	E9	Cuerpo de rodamiento tensor	5
5	E4	Base	1
6	Perno	Perno- M8 x 1.25 x 40 ANSI METRIC	10
7	E6	Tapa de polea dentada	4
8	E10	Junata de transmisión	6
9	E13	Eje con rasgo de chaveta	1
10	CUERPO_CORREA	Correa dentada /565-M5-25 / 210	1
11	E3	Polea de sincronización	1
12	E2	Polea de sincronización con chaveta	1
13	6801Z	Rodamiento rigido de bolas	2
14	6902Z	Rodamiento rigido de bolas	18
15	E7	Anillo de unión	4

	Est. Super.		<b>VISTA EXPLOSIONADA - SISTEMA DE CUCHILLAS</b>	<b>EDICIÓN 1</b>	
	DIN 140				
	ESCALA 1:5	FECHA		<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>	<b>HOJA N° 07</b>
	Tol.gen.	DIB.			
	Tol.geom.	REV.			20/08/2023
	Tol.dimen.	APRO.			20/08/2023
ISO2768			<b>N° HOJAS 55</b>		
ISO1101					
ISO286-1					
DIBUJADO POR:		JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR			
REVISADO POR:		ING. MARLON QUINDE			



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	C1	Conjunto de rodillos principales	1
2	Perno	Perno M8 x 1.25 x 25 ANSI METRIC	6
3	W24	Placa de unión	1
3	C2	Conjunto de rodillo secundarios	2

	Est. Super.		VISTA EXPLOSIONADA - CONJUNTO RODILLOS	EDICIÓN 1
	DIN 140			
	ESCALA 1:15	FECHA	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	HOJA N° 36
	Tol.gen.	DIB.		
	Tol.geom.	REV.		27/08/2023
	Tol.dimen.	APRO.		27/08/2023
ISO2768			N° HOJAS 55	
ISO1101				
ISO286-1				
DIBUJADO POR: JOSUÉ RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ Y PAUL HEREDIA PAUCAR				
REVISADO POR: ING. MARLON QUINDE				



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	
MÁQUINA FAJILLADORA	
AUTOR: [ ]	
FECHA: [ ]	
ESCALA: [ ]	
MATERIAL: [ ]	
OTROS: [ ]	

## **Anexo D: Hoja de datos del motor de cuchillas**



Figura similar  
Figure similar

Referencia : 1FK2104-5AK11-0SA0  
Article No. :

Número de pedido del cliente :  
Client order no. :  
N°. de pedido Siemens :  
Order no. :  
Número de oferta :  
Offer no. :  
Nota :  
Remarks :

N°. de ítem :  
Item no. :  
Número de envío :  
Consignment no. :  
Proyecto :  
Project :

### Datos básicos del motor Basic motor data

Tipo de motor Motor type	Motor síncrono excitado por imanes permanentes, Refrigeración natural, IP65 Permanent-magnet synchronous motor, Natural cooling, IP65
Tipo motor Motor type	High Dynamic
Par a rotor parado Static torque	2,40 Nm
Intensidad a rotor parado Static current	4,4 A
Par máximo Maximum torque	7,60 Nm
Intensidad máxima Maximum current	16,0 A
Velocidad máxima Maximum speed	8.000 r/min
Momento de inercia del rotor Rotor moment of inertia	0,6500 kgcm <sup>2</sup>
Peso Weight	3,7 kg

### Datos asignados Rated data

SINAMICS S210, 3AC 400V SINAMICS S210, 3AC 400V	
Velocidad nominal Rated speed	6.000 r/min
Par asignado Rated torque	1,70 Nm
Corriente asignada Rated current	3,2 A
Potencia asignada Rated power	1,07 kW

### Sistema de encoder Encoder system

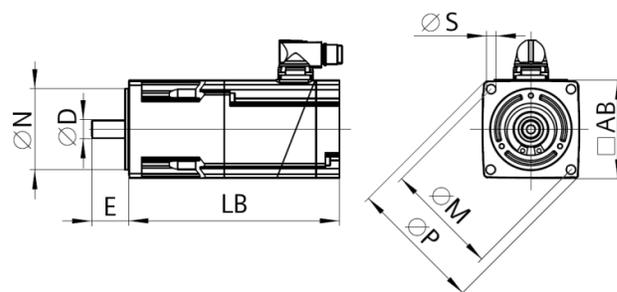
Sistema de encoder Encoder system	Encóder AS22DQC: absoluto monovuelta 22 bits Encoder AS22DQC: Absolute encoder single turn 22 bit
--------------------------------------	--

### Conexión del motor Motor connection

Tipo de conexión Connection type	OCC para S210 OCC for S210
Tamaño de conector Connector size	M17

### Datos mecánicos Mechanical data

Forma constructiva según Code I Design acc. to Code I	IM B5 (IM V1, IM V3)
Nivel de intensidad de vibración Vibration severity grade	Nivel A Grade A
Altura de eje Shaft height	40
Tamaño de brida (AB) Flange size (AB)	80 mm
Borde de centrado (N) Centering ring (N)	70 mm
Agujeros en círculo (M) Hole circle (M)	90 mm
Orificio de atornillado (S) Screw-on hole (S)	6,5 mm
Longitud constructiva (LB) Overall length (LB)	170 mm
Diámetro del eje (D) Diameter of shaft (D)	19 mm
Longitud del eje (E) Length of shaft (E)	40 mm
Longitud diagonal de la brida (P) Length of flange diagonal (P)	105 mm
Extremo de eje Shaft end	Eje liso Plain shaft
Color de la caja Color of the housing	Estándar (Antracita, similar a RAL 7016) Standard (Anthracite, similar to RAL 7016)



## **Anexo E: Hoja de datos del motor de rodillos de arrastre**

## Data sheet for SIMOTICS S-1FK2

Article No. : 1FK2103-4AH01-1MA0

Client order no. :  
Order no. :  
Offer no. :  
Remarks :

Item no. :  
Consignment no. :  
Project :



Figure similar

### Basic motor data

Motor type	Permanent-magnet synchronous motor, Natural cooling, IP65
Motor type	High Dynamic
Static torque	1.27 Nm
Static current	1.9 A
Maximum torque	4.05 Nm
Maximum current	7.1 A
Maximum speed	8,000 rpm
Rotor moment of inertia	0.1390 kgcm <sup>2</sup>
Weight	1.6 kg

### Rated data

SINAMICS S210, 3AC 400V

Rated speed	4,500 rpm
Rated torque	1.01 Nm
Rated current	1.6 A
Rated power	0.48 kW

### Encoder system

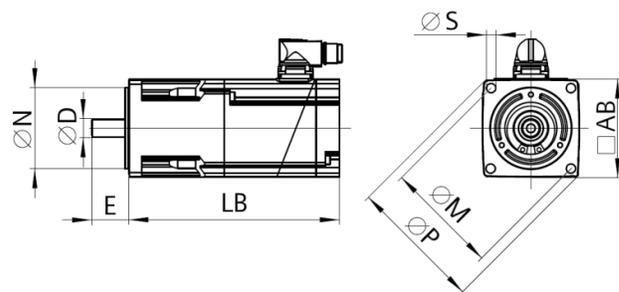
Encoder system	Encoder AM22DQC: Absolute encoder 22 bit + 12 bit multiturn
----------------	---

### Motor connection

Connection type	OCC for S210
Connector size	M17

### Mechanical data

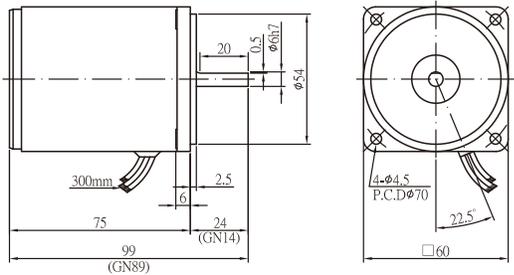
Design acc. to Code I	IM B5 (IM V1, IM V3)
Vibration severity grade	Grade A
Shaft height	30
Flange size (AB)	60 mm
Centering ring (N)	50 mm
Hole circle (M)	70 mm
Screw-on hole (S)	5.4 mm
Overall length (LB)	123 mm
Diameter of shaft (D)	14 mm
Length of shaft (E)	30 mm
Length of flange diagonal (P)	81 mm
Shaft end	Fitted key
Color of the housing	Standard (Anthracite, similar to RAL 7016)



## **Anexo F: Hoja de datos del motor de rodillos de posicionamiento**

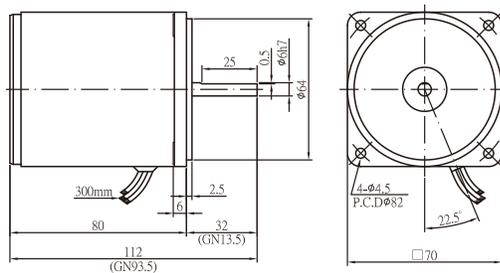
## IK Series INDUCTION MOTOR, LEAD-WIRE TYPE-IP22

■ OUTLINE & SPECIFICATION  
■ UNIT : mm



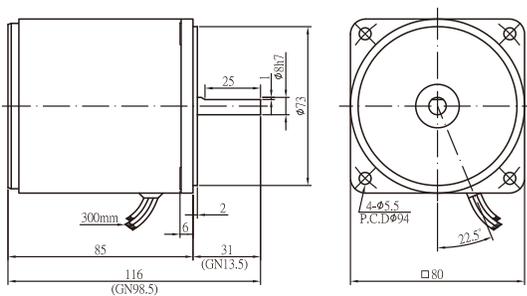
6W

6W MODEL	OUTPUT (W)	VOLTAGE (V)	FREQ. (HZ)	POLE (P)	RATED SPEED (rpm)	RATED TIME	STARTING TORQUE (Kg.cm)	RATED TORQUE (Kg.cm)	RATED CURRENT (A)	CAPACITOR (μF)
2IK6A(GN)-A	6	1ø100/110	50/60	4	1150/1400	Continuous	0.7/0.63	0.51/0.41	0.22/0.21	2.5/300V
2IK6A(GN)-C	6	1ø200/220	50/60	4	1150/1550	Continuous	0.65/0.7	0.51/0.54	0.1/0.1	0.7/450V
2IK6A(GN)-CE	6	1ø230/240	50	4	1100/1200	Continuous	0.74/0.77	0.55/0.5	0.11/0.1	0.7/450V



15W

15W MODEL	OUTPUT (W)	VOLTAGE (V)	FREQ. (HZ)	POLE (P)	RATED SPEED (rpm)	RATED TIME	STARTING TORQUE (Kg.cm)	RATED TORQUE (Kg.cm)	RATED CURRENT (A)	CAPACITY (μF)
3IK15A(GN)-A	15	1ø100/110	50/60	4	1200/1600	Continuous	0.88/1.04	1.22/0.91	0.36/0.35	5/300V
3IK15A(GN)-C	15	1ø200/220	50/60	4	1150/1600	Continuous	0.75/1.1	1.12/0.93	0.18/0.18	1.2/450V
3IK15A(GN)-CE	15	1ø230/240	50	4	1300/1300	Continuous	1.06/1.06	1.14/1.13	0.17/0.17	1.2/450V



25W

25W MODEL	OUTPUT (W)	VOLTAGE (V)	FREQ. (HZ)	POLE (P)	RATED SPEED (rpm)	RATED TIME	STARTING TORQUE (Kg.cm)	RATED TORQUE (Kg.cm)	RATED CURRENT (A)	CAPACITY (μF)
4IK25A(GN)-A	25	1ø100/110	50/60	4	1250/1600	Continuous	1.4/1.4	1.93/1.51	0.57/0.45	6/300V
4IK25A(GN)-C	25	1ø200/220	50/60	4	1250/1600	Continuous	1.57/1.38	1.91/1.52	0.28/0.25	1.5/450V
4IK25A(GN)-CE	25	1ø230/240	50	4	1300/1300	Continuous	1.38/1.55	1.9/1.86	0.25/0.24	1.5/450V
4IK25A(GN)-S	25	3ø220	50/60	4	1300/1550	Continuous	5.12/4.04	1.89/1.56	0.22/0.19	-
4IK25A(GN)-U	25	3ø380	50/60	4	1200/1350	Continuous	3.96/2.97	2.04/1.79	0.11/0.11	-

## **Anexo G: Hoja de datos del servo drive s210**

### 9.2.3 Datos generales, convertidor

Característica	Variante
Tensión de red	1 AC 200 V ... 240 V, ±10 %
Tensión de salida	3 AC 0 V ... tensión de entrada
Frecuencia de entrada	50 Hz ... 60 Hz, ±10 %
Frecuencia de salida	0 ... 550 Hz
Potencia relativa de cortocircuito de la red	RSC ≥ 25
Factor de potencia λ	> 0,9
Categoría de sobretensión según IEC/EN 61800-5-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hasta 2000 m: el aislamiento del convertidor está dimensionado para tensiones de choque según la categoría de sobretensión III.</li> <li>Por encima de 2000 m: las tensiones de choque deben limitarse, p. ej., mediante un transformador aislador, a los valores de la categoría de sobretensión II.</li> </ul>
Frecuencia de pulsación	8 kHz
Intensidad de cortocircuito asignada (SCCR) y protección de derivaciones	≤ 65 kA rms Protección de derivaciones y resistencia a cortocircuitos según UL e IEC  Protective Devices ( <a href="https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109748999">https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109748999</a> )
Grado de protección según EN 60529	IP20 Requiere montaje en armario eléctrico
Alimentación de la electrónica de control	24 V DC, -15 % ... +20 %, I <sub>máx</sub> = 1,6 A con freno, 1,1 A sin freno (PELV o SELV)
Tipo de regulación	Servorregulación
Funciones de protección	Protección contra defecto a tierra, protección contra cortocircuito de salida, protección contra sobretensión/subtensión, detección de I <sub>2</sub> t, protección contra exceso de temperatura IGBT

### Datos técnicos de las entradas digitales

Tipo	Entradas digitales rápidas para detectores, marcas de referencia	Entrada de seguridad (F-DI)	Entrada digital para la vigilancia de temperatura de una resistencia de freno externa
Número	2 (DI 0, DI 1)	1 (DI 2 y DI 3)	1 (DI 4)
• Nivel bajo	-30 V ... +5 V y ≤ 2 mA	-30 V ... +5 V y ≤ 2 mA	-30 V ... +5 V y ≤ 2 mA
• Nivel alto	15 V ... 30 V	15 V ... 30 V	15 V ... 30 V
• Consumo	6 mA	5 mA	6 mA
• Tiempo de retardo, típ. L → H	5 μs	50 μs	5 μs
• Tiempo de retardo, típ. H → L	50 μs	100 μs	50 μs
• Aislamiento galvánico	No	Sí	No
Sección de conexión, máx.	1,5 mm <sup>2</sup>	1,5 mm <sup>2</sup>	1,5 mm <sup>2</sup>

### 9.2.4 Datos específicos, convertidor

Tabla 9-6 S210, IP20, Frame Size A, 1 AC 200 V ... 240 V

Referencia con filtro	6SL3210-5HB10-1UF0	6SL3210-5HB10-2UF0
Intensidad asignada de salida	0,8 A	1,36 A
Intensidad de salida máxima	3,1 A	4,8 A
Potencia asignada	100 W	200 W
Potencia máxima	142 W	303 W
Intensidad asignada de entrada	1,4 A	2,7 A
Intensidad al conectar	8 A	8 A
Fusible según IEC	3NA3 801 (6 A)	3NA3 801 (6 A)
Fusible según UL, clase J	6 A	6 A
Consumo de aire de refrigeración	Refrigeración por convección sin ventilador	Refrigeración por convección sin ventilador
Peso	1,1 kg	1,1 kg

Tabla 9-7 S210, IP20, Frame Size B, 1 AC 200 V ... 240 V

Referencia con filtro	6SL3210-5HB10-4UF0
Intensidad asignada de salida	2,4 A
Intensidad de salida máxima	8,7 A
Potencia asignada	400 W
Potencia máxima	559 W
Intensidad asignada de entrada	5 A
Intensidad al conectar	8 A
Fusible según IEC	3NA3 803 (10 A)
Fusible según UL, clase J	10 A
Consumo de aire de refrigeración	Refrigeración por convección sin ventilador
Peso	1,2 kg

Tabla 9-8 S210, IP20, Frame Size C, 1 AC 200 V ... 240 V

Referencia con filtro	6SL3210-5HB10-8UF0
Intensidad asignada de salida	4,4 A
Intensidad de salida máxima	16 A
Potencia asignada	750 W
Potencia máxima	961 W
Intensidad asignada de entrada	9,3 A
Intensidad al conectar	8 A
Fusible según IEC	3NA3 805 (16 A)
Fusible según UL, clase J	20 A

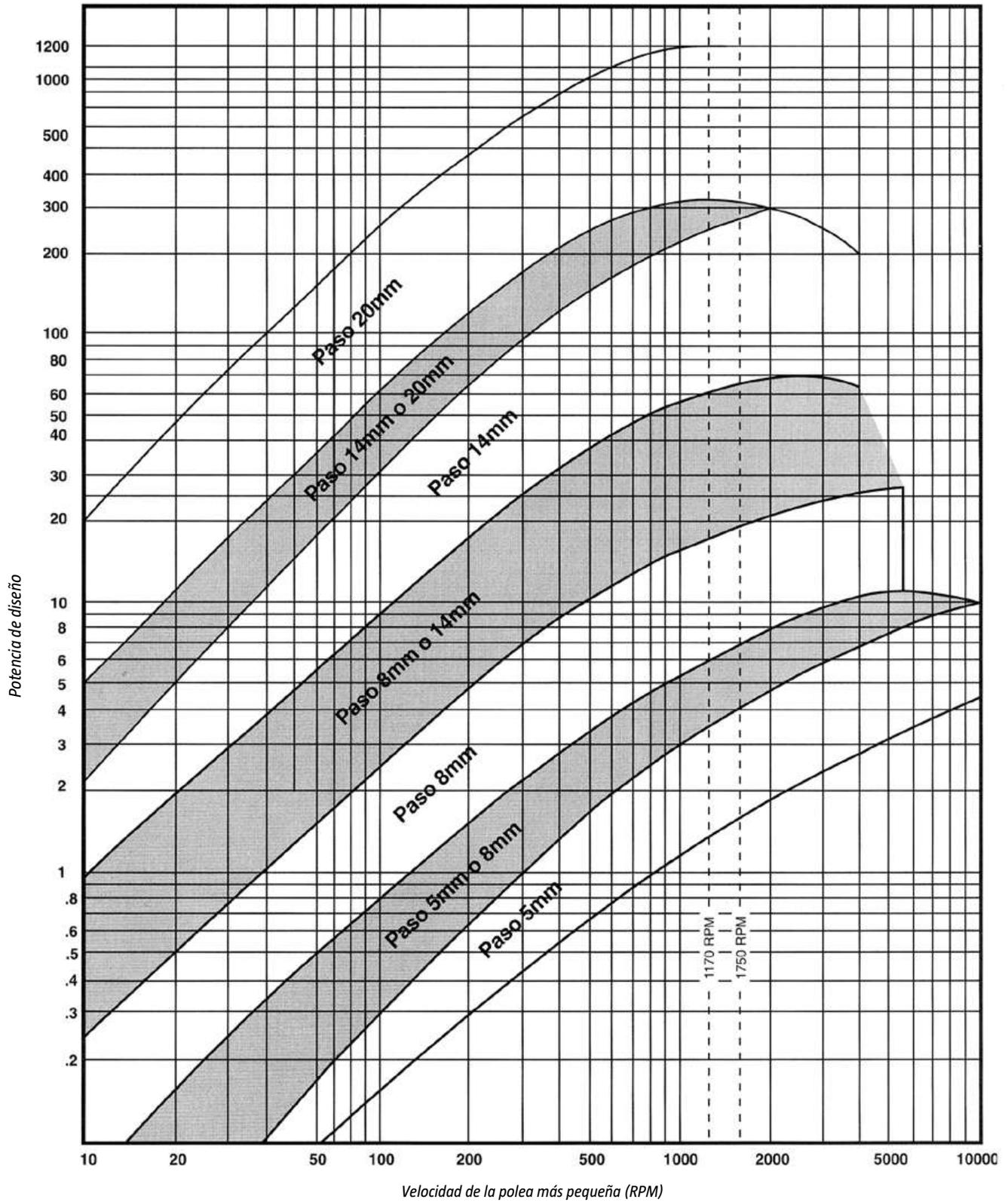
## **Anexo H: Variables del PLC s7-1500 en TIA Portal**

	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...
	PARO_EMERGENCIA	Bool	%I16.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	START	Bool	%M16.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	STOP	Bool	%M16.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	SENSOR_LIMPRESION	Bool	%I16.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	SENSOR_INDUCTIVO	Bool	%I16.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	MOTOR_CUCHILLAS	Bool	%M9.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	MOTOR_RODILLOS	Bool	%M9.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	MOTOR_AVELOCIDAD	Bool	%Q8.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Velocidad	Int	%IW0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	motor banda 2	Bool	%Q16.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	MARCA1	Bool	%M16.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	MARCA2	Bool	%M16.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	SENSOR_PINICIALCHUILLA	Bool	%I16.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	MARCA3	Bool	%M17.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	INDICADOR1	Bool	%M17.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	ReinicapositionCuchilla	Bool	%M17.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	INDICADORINICIO	Bool	%Q8.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	INDICADOR_EMERGENCIA	Bool	%Q8.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	INDICADOR_RESET	Bool	%Q8.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	BOTONCORTA_POSICIONA	Bool	%M6.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	BOTON_ARRASTRE	Bool	%M8.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	AUTO_MANUAL	Bool	%M17.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	MOTORRODILOSARRASTRE	Bool	%Q8.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	MA	Bool	%M17.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	MB	Bool	%M17.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	MC	Bool	%M17.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	MOTORBANDASIMULACION	Bool	%Q8.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	MotorManualRodillo	Bool	%Q9.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	MotorManualCuchillas	Bool	%Q9.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	MotorAVELCIDAD	Bool	%Q9.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	INDICADOR2	Bool	%M17.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	INDICADOR3	Bool	%M18.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	INDICADOR4	Bool	%M18.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

**Anexo I:Tabla de selección de paso para transmisiones sincrónicas del fabricante Intermecc.**

# Tabla de Selección del Paso para Transmisiones Sincrónicas

Tabla 4



**Anexo J: Tabla para selección del factor K  
del fabricante Intermecc.**

# Factores de Servicio Básicos para Máquinas

Tabla 3

TIPO		FACTOR
Agitadores, batidores (Pala o propulsor)	Líquido	1.6
	Semilíquido	1.7
Maquinaria de panadería	Batidoras de masa	1.6
Maquinaria para ladrillos y barro	Taladros, batidoras y granuladores amasaderas	1.7
		2.0
Centrifugadoras		1.9
Compresores	Recíprocos centrífugos	2.2
		1.7
Transportadores	Banda, carga ligera; banda para horno; mineral, carbón, apron cangilón, espiral, helicoidal	1.5
		1.7
		1.8
Ventiladores, Sopladores	Centrífugos, propulsor, ventiladores para minas, sopladores positivos	1.8
		2.0
Generadores y excitadores		1.8
Molinos para de martillos		1.9
Grúas, elevadores		1.8
Maquinaria para lavanderías	General Extractores, lavadoras	1.6
		1.8
Eje de línea		1.7
Máquinas herramientas	Taladros, tornos máquinas de tornillo, esme- ril fresadoras, cepillos, troque- les	1.6
		1.7
		1.7
Molinos	Bola, varilla, granulo, etc.	2.2
Maquinaria para papel	Agitadores, calandrias, secadoras, desfibradoras, bombas nash	1.6
		1.9
Maquinaria para imprentas	Imprentas, periódicos, rotativas, planas, revista; máquinas de linotipo, cortadoras, plegadoras	1.6
Bombas	Centrífugas, engranes rotarias, tubular, reciprocas	1.7
		2.2
Maquinarias para plantas de hule		1.8
Maquinarias para aserraderos		1.8
Cribas	Vibradoras, (agitadoras) tambor, cóni- co	1.7
		1.5
Maquinaria textil	Telares, hilanderías, carretes, urdimbre	1.8
		1.7
Maquinaria para trabajos en madera	Tornos, sierras sinfín, sierras circulares, cepillos	1.4
		1.6

## IMPORTANTE:

Es preferible elegir siempre una transmisión de mayor capacidad a la calculada que una ligeramente inferior. Recuerde que las transmisiones NO deben emplearse como "fusible", pues para ello existen dispositivos mecánicos y eléctricos específicos.

## FACTORES DE SERVICIO ADICIONALES

CONDICIONES DE OPERACIÓN	
Por cada rueda loca	Suma 0.2
Por 10 a 16 horas de servicio	Suma 0.2
Por 16 a 24 horas de servicio	Suma 0.3

SÓLO CORREAS DE 14 mm y 20 mm	
Hasta 200 RPM	Suma 0.3
201 a 400 RPM	Suma 0.2
401 a 600 RPM	Suma 0.1

## TRANSMISIONES DE ACELERACIÓN

Para transmisiones de aceleración, añada al factor básico de servicio el factor adicional mostrado abajo.

Relación de Rango de Aceleración	Factor Adicional
1 a 1.24	ninguno
1.25 a 1.74	.10
1.75 a 2.49	.20
2.50 a 3.49	.30
3.50 o más	.40

Los factores de servicio adicionales se requieren para condiciones poco usuales tales como inversión de carga, carga pesada, freno eléctrico. Estos deben ser determinados por un especialista en transmisión

Formula para el cálculo de la longitud de correas para transmisiones especiales que no se encuentran predeterminadas en este manual.

$$L_p = 2C + 1.57(D+d) + \frac{(D-d)^2}{4C}$$

Donde:

**L<sub>p</sub>**: largo de la correa en pulgadas

**D**: diámetro de la polea mayor en pulgadas

**d**: diámetro de la polea menor en pulgadas

**C**: distancia entre centro en pulgadas

**Anexo K: Tabla para selección para transmisiones síncronas estándar del fabricante Intermecc.**

# Tabla de Selección para Transmisiones Sincrónicas Estandar 5M

*Distancias de centros nominales mm/pulg.*

**Designación de código de la correa mm/pulg.**

Combinación de Poleas																											
Relación de Velocidad	Matriz	Impulsada																									
		No. Dientes	No. Dientes	350	375	400	425	450	475	500	535	585	600	635	670	710	740	800	850	890	950	1000	1050	1125	1195		
1.14	56	64	117.3	132.3	148.9	167.4	184.9	204.9	219.9	249.9	274.9	294.9	324.9	349.9	374.9	412.5	447.5	33.46	35.04	37.40	39.37	41.34	44.29	47.05			
1.15	52	60	109.8	127.3	142.4	159.9	177.4	194.9	214.9	229.9	259.9	284.9	304.9	334.9	359.9	384.9	422.5	457.5	10.82	11.81	12.79	13.78	14.76	16.24	17.62		
1.16	38	44	164.9	179.9	197.4	214.9	232.5	252.5	267.5	297.5	322.5	342.5	372.5	397.5	422.5	460.0	495.0	12.70	13.48	14.66	15.65	16.63	18.11	19.49			
1.17	48	56	137.4	152.4	169.9	187.4	204.9	224.9	239.9	269.9	284.9	314.9	344.9	369.9	394.9	432.5	467.5	11.81	12.40	13.58	14.56	15.55	17.03	18.40			
1.18	68	80	147.4	162.4	179.9	197.4	214.9	234.9	249.9	279.9	304.9	324.9	354.9	379.9	405.0	442.5	477.5	9.44	10.23	11.41	12.40	13.38	14.86	16.24			
1.19	32	38	179.9	194.9	212.4	230.0	247.5	267.5	282.5	312.5	337.5	357.5	387.5	412.5	437.5	475.0	510.0	10.39	13.88	15.06	16.04	17.03	18.50	19.88			
1.20	60	72	152.2	167.2	184.7	202.2	219.7	237.2	254.7	284.7	309.7	329.7	359.7	384.7	422.2	457.2	492.2	10.23	11.02	12.20	13.18	14.17	15.65	17.02			
1.21	56	68	162.2	177.2	194.7	212.2	229.7	247.2	264.7	294.7	319.7	339.7	369.7	394.7	432.2	467.2	502.2	11.41	12.40	13.19	14.37	15.35	16.34	17.81			
1.22	36	44	149.9	164.9	182.4	200.0	217.5	235.0	252.5	282.5	307.5	327.5	357.5	382.5	420.0	455.0	490.0	9.55	10.33	11.51	12.50	13.58	15.06	16.44			
1.23	52	64	122.1	137.1	154.6	172.1	189.6	207.1	224.6	254.6	279.6	299.6	329.6	354.6	392.1	427.1	462.1	11.81	12.80	13.79	14.78	15.77	17.25	18.63			
1.25	72	90	182.2	197.2	214.7	232.2	249.7	267.2	284.7	314.7	339.7	359.7	389.7	414.7	452.2	487.2	522.2	11.51	12.50	13.49	14.48	15.47	16.95	18.33			
	64	80	136.9	151.9	166.9	181.9	196.9	211.9	226.9	256.9	281.9	301.9	331.9	356.9	394.4	429.4	464.4	6.85	7.46	8.63	9.63	10.62	12.10	13.48			
	48	60	182.2	197.2	214.7	232.2	249.7	267.2	284.7	314.7	339.7	359.7	389.7	414.7	452.2	487.2	522.2	11.51	12.50	13.49	14.48	15.47	16.95	18.33			
	32	40	177.4	192.4	209.9	227.4	244.9	262.4	279.9	309.9	334.9	354.9	384.9	410.0	435.0	472.5	507.5	10.43	11.41	12.40	13.38	14.37	15.35	16.83			
	38	48	169.8	184.8	202.3	219.8	237.3	254.8	272.3	302.3	327.3	347.3	377.3	402.3	427.3	464.8	499.8	9.64	10.43	11.41	12.40	13.38	14.37	15.85			
1.26	38	48	169.8	184.8	202.3	219.8	237.3	254.8	272.3	302.3	327.3	347.3	377.3	402.3	427.3	464.8	499.8	9.64	10.43	11.41	12.40	13.38	14.37	15.85			
1.27	44	56	142.2	157.2	174.7	192.2	209.7	227.2	244.7	274.7	299.7	319.7	349.7	374.7	412.2	447.2	482.2	11.51	12.50	13.49	14.48	15.47	16.95	18.33			
1.29	56	72	152.2	167.2	184.7	202.2	219.7	237.2	254.7	284.7	309.7	329.7	359.7	384.7	422.2	457.2	492.2	11.51	12.50	13.49	14.48	15.47	16.95	18.33			
1.30	40	52	134.7	149.7	167.2	184.7	202.2	219.7	237.2	267.2	292.2	312.2	342.2	367.2	404.7	439.7	474.7	10.43	11.41	12.40	13.38	14.37	15.85	17.23			
1.31	52	68	116.8	131.8	149.3	166.8	184.3	201.8	219.3	249.3	274.3	294.3	324.3	349.3	374.3	411.8	446.8	6.58	7.27	8.45	9.44	10.43	11.91	13.29			
1.32	68	90	141.6	156.6	174.1	191.6	209.1	226.6	244.1	274.1	299.1	319.1	349.1	374.1	411.6	446.6	481.6	5.37	6.16	7.34	8.33	9.32	10.80	12.18			
1.33	60	80	141.6	156.6	174.1	191.6	209.1	226.6	244.1	274.1	299.1	319.1	349.1	374.1	411.6	446.6	481.6	5.37	6.16	7.34	8.33	9.32	10.80	12.18			
	48	64	126.9	141.9	159.4	176.9	194.4	211.9	229.4	259.4	284.4	304.4	334.4	359.4	384.4	422.0	457.0	6.28	7.06	8.24	9.23	10.22	11.70	13.08			
	36	48	119.6	132.2	144.7	162.2	174.8	192.3	209.8	239.8	264.8	284.8	314.8	339.8	364.8	402.3	437.3	6.96	7.74	8.92	9.91	10.90	12.38	13.76			
1.36	44	60	106.7	119.3	136.8	154.3	171.8	189.3	206.8	236.8	261.8	281.8	311.8	336.8	361.8	398.8	433.8	6.58	7.36	8.54	9.53	10.52	12.00	13.38			
1.37	38	52	124.5	139.5	157.0	174.5	192.0	209.5	227.0	257.0	282.0	302.0	332.0	357.0	394.5	429.5	464.5	6.58	7.36	8.54	9.53	10.52	12.00	13.38			

# Tabla de Selección para Transmisiones Sincrónicas Estandar 5M

Combinación de Poleas		Distancias de centros nominales mm/pulg.																						
		Designación de código de la correa mm/pulg.																						
Relación de Velocidad	Matriz	Impulsada	350	375	400	425	450	475	500	535	565	600	635	670	710	740	800	850	890	950	1000	1050	1125	1195
No. Dientes	No. Dientes	No. Dientes	13.76	14.76	15.75	17.30	17.72	18.70	19.69	21.06	22.24	23.62	25.00	26.38	27.95	29.13	31.50	33.46	35.04	37.40	39.37	41.34	44.29	47.05
1.38	52	72								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
	32	44								4.38	4.98	5.67	6.37	7.06	7.95	8.44	9.63	10.61	11.4	12.58	13.57	14.55	16.03	17.41
	40	56								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
1.40	40	56								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
	32	44								4.38	4.98	5.67	6.37	7.06	7.95	8.44	9.63	10.61	11.4	12.58	13.57	14.55	16.03	17.41
	40	56								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
1.41	64	90								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
	34	48								4.38	4.98	5.67	6.37	7.06	7.95	8.44	9.63	10.61	11.4	12.58	13.57	14.55	16.03	17.41
	48	68								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
1.42	48	68								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
	56	80								4.38	4.98	5.67	6.37	7.06	7.95	8.44	9.63	10.61	11.4	12.58	13.57	14.55	16.03	17.41
	36	52								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
1.44	36	52								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
	44	64								4.38	4.98	5.67	6.37	7.06	7.95	8.44	9.63	10.61	11.4	12.58	13.57	14.55	16.03	17.41
1.45	44	64								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
	38	56								4.38	4.98	5.67	6.37	7.06	7.95	8.44	9.63	10.61	11.4	12.58	13.57	14.55	16.03	17.41
1.47	38	56								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
	60	90								4.38	4.98	5.67	6.37	7.06	7.95	8.44	9.63	10.61	11.4	12.58	13.57	14.55	16.03	17.41
1.50	60	90								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
	48	72								4.38	4.98	5.67	6.37	7.06	7.95	8.44	9.63	10.61	11.4	12.58	13.57	14.55	16.03	17.41
	40	60								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
1.53	34	52								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
	52	80								4.38	4.98	5.67	6.37	7.06	7.95	8.44	9.63	10.61	11.4	12.58	13.57	14.55	16.03	17.41
1.54	52	80								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
	44	68								4.38	4.98	5.67	6.37	7.06	7.95	8.44	9.63	10.61	11.4	12.58	13.57	14.55	16.03	17.41
1.56	72	112								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
	36	56								4.38	4.98	5.67	6.37	7.06	7.95	8.44	9.63	10.61	11.4	12.58	13.57	14.55	16.03	17.41
1.58	38	60								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
	40	64								4.38	4.98	5.67	6.37	7.06	7.95	8.44	9.63	10.61	11.4	12.58	13.57	14.55	16.03	17.41
1.60	40	64								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
	56	90								4.38	4.98	5.67	6.37	7.06	7.95	8.44	9.63	10.61	11.4	12.58	13.57	14.55	16.03	17.41
1.63	32	52								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
	44	72								4.38	4.98	5.67	6.37	7.06	7.95	8.44	9.63	10.61	11.4	12.58	13.57	14.55	16.03	17.41
1.64	44	72								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
	68	112								4.38	4.98	5.67	6.37	7.06	7.95	8.44	9.63	10.61	11.4	12.58	13.57	14.55	16.03	17.41
1.65	68	112								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
	34	56								4.38	4.98	5.67	6.37	7.06	7.95	8.44	9.63	10.61	11.4	12.58	13.57	14.55	16.03	17.41
1.67	48	80								111.4	126.5	144.1	161.7	179.3	199.4	214.4	244.5	269.5	289.6	319.6	344.6	369.7	407.2	442.2
	36	60								4.38	4.98	5.67	6.37	7.06	7.95	8.44	9.63	10.61	11.4	12.58	13.57	14.55	16.03	17.41

# Tabla de Selección para Transmisiones Sincrónicas Estandar 5M

Combinación de Poleas		Distancias de centros nominales mm/pulg.																																				
		Designación de código de la correa mm/pulg.																																				
Relación de Velocidad	Matriz	No. Dientes		500		535		565		600		635		670		710		740		800		850		890		950		1000		1050		1125		1195				
		No. Dientes																																				
1.68	38	64	95.2	108.0	120.7	138.5	153.6	171.2	188.9	206.5	226.6	241.6	251.7	261.7	271.7	281.7	291.7	301.7	311.7	321.7	331.7	341.7	351.7	361.7	371.7	381.7	391.7	401.7	411.7	421.7	431.7	441.7	451.7	461.7	471.7	481.7	491.7	
1.70	40	68	3.75	4.25	4.75	5.45	6.05	6.74	7.44	8.13	8.92	9.51	10.70	11.89	13.08	14.27	15.46	16.65	17.84	19.03	20.22	21.41	22.60	23.79	24.98	26.17	27.36	28.55	29.74	30.93	32.12	33.31	34.50	35.69	36.88	38.07	39.26	40.45
1.73	52	90			100.0	112.8	130.6	145.8	163.5	181.1	198.7	218.9	233.9	264.1	281.7	306.8	326.8	356.9	381.9	407.0	432.1	457.2	482.3	507.4	532.5	557.6	582.7	607.8	632.9	658.0	683.1	708.2	733.3	758.4	783.5	808.6	833.7	858.8
1.75	64	112					136.6	154.5	174.9	190.1	220.4	245.6	265.8	296.0	321.1	346.2	371.3	396.4	421.5	446.6	471.7	496.8	521.9	547.0	572.1	597.2	622.3	647.4	672.5	697.6	722.7	747.8	772.9	798.0	823.1	848.2	873.3	
1.76	34	60	92.7	105.5	118.2	130.9	148.6	163.7	181.3	198.9	216.5	236.6	251.6	281.7	306.8	326.8	356.9	381.9	407.0	432.1	457.2	482.3	507.4	532.5	557.6	582.7	607.8	632.9	658.0	683.1	708.2	733.3	758.4	783.5	808.6	833.7	858.8	883.9
1.78	36	64	3.84	4.34	4.84	5.54	6.14	6.83	7.53	8.22	9.01	9.61	10.79	11.78	12.57	13.75	14.74	15.72	16.71	17.70	18.69	19.68	20.67	21.66	22.65	23.64	24.63	25.62	26.61	27.60	28.59	29.58	30.57	31.56	32.55	33.54	34.53	35.52
1.79	38	68	4.02	4.52	5.02	5.72	6.42	7.12	7.82	8.52	9.31	9.91	11.09	12.08	12.87	14.05	15.04	16.02	17.01	18.00	18.99	19.98	20.97	21.96	22.95	23.94	24.93	25.92	26.91	27.90	28.89	29.88	30.87	31.86	32.85	33.84	34.83	35.82
1.80	40	72	4.21	4.71	5.21	5.91	6.61	7.31	8.01	8.71	9.41	10.11	11.29	12.28	13.27	14.26	15.25	16.24	17.23	18.22	19.21	20.20	21.19	22.18	23.17	24.16	25.15	26.14	27.13	28.12	29.11	30.10	31.09	32.08	33.07	34.06	35.05	
1.82	44	80	108.7	124.2	142.1	159.9	177.7	197.9	213.1	243.3	268.5	288.6	318.7	343.8	368.9	394.0	419.1	444.2	469.3	494.4	519.5	544.6	569.7	594.8	619.9	645.0	670.1	695.2	720.3	745.4	770.5	795.6	820.7	845.8	870.9	896.0	921.1	
1.87	60	112					122.9	141.0	159.4	178.4	198.4	225.0	250.3	274.6	300.0	325.8	350.9	386.6	423.7	461.6	499.5	537.4	575.3	613.2	651.1	689.0	726.9	764.8	802.7	840.6	878.5	916.4	954.3	992.2	1030.1	1068.0	1105.9	
1.88	48	90	99.6	112.5	125.2	143.0	158.2	175.9	193.5	211.1	231.3	246.3	276.5	301.6	321.6	351.7	376.7	401.8	426.9	452.0	477.1	502.2	527.3	552.4	577.5	602.6	627.7	652.8	677.9	703.0	728.1	753.2	778.3	803.4	828.5	853.6	878.7	
1.89	38	72	3.74	4.24	4.74	5.44	6.04	6.74	7.44	8.14	8.92	9.51	10.70	11.69	12.68	13.67	14.66	15.65	16.64	17.63	18.62	19.61	20.60	21.59	22.58	23.57	24.56	25.55	26.54	27.53	28.52	29.51	30.50	31.49	32.48	33.47	34.46	
2.00	56	112					107.0	124.9	140.2	157.9	175.7	193.3	213.5	228.6	258.7	283.9	303.9	334.0	359.1	384.2	409.3	434.4	459.5	484.6	509.7	534.8	559.9	585.0	610.1	635.2	660.3	685.4	710.5	735.6	760.7	785.8	810.9	
	40	80	107.4	124.2	142.1	159.9	177.7	197.9	213.1	243.3	268.5	288.6	318.7	343.8	368.9	394.0	419.1	444.2	469.3	494.4	519.5	544.6	569.7	594.8	619.9	645.0	670.1	695.2	720.3	745.4	770.5	795.6	820.7	845.8	870.9	896.0	921.1	
	60	112					122.9	141.0	159.4	178.4	198.4	225.0	250.3	274.6	300.0	325.8	350.9	386.6	423.7	461.6	499.5	537.4	575.3	613.2	651.1	689.0	726.9	764.8	802.7	840.6	878.5	916.4	954.3	992.2	1030.1	1068.0	1105.9	
	80	112					122.9	141.0	159.4	178.4	198.4	225.0	250.3	274.6	300.0	325.8	350.9	386.6	423.7	461.6	499.5	537.4	575.3	613.2	651.1	689.0	726.9	764.8	802.7	840.6	878.5	916.4	954.3	992.2	1030.1	1068.0	1105.9	
	36	72	98.3	111.3	125.3	144.7	162.5	180.2	197.9	218.1	233.2	263.4	288.6	308.7	338.8	363.9	388.9	426.5	461.6	499.5	537.4	575.3	613.2	651.1	689.0	726.9	764.8	802.7	840.6	878.5	916.4	954.3	992.2	1030.1	1068.0	1105.9		
	34	68	93.6	106.5	119.4	137.3	152.6	170.3	188.1	205.7	225.9	241.0	271.1	296.3	316.3	346.4	371.5	396.6	434.2	469.2	507.1	545.0	582.9	620.8	658.7	696.6	734.5	772.4	810.3	848.2	886.1	924.0	961.9	1000.0	1038.1	1076.2		
	32	64	88.8	101.8	114.7	127.4	145.3	160.5	178.2	195.8	213.5	233.6	248.7	278.8	303.9	324.0	354.1	379.2	417.3	455.4	493.5	531.6	569.7	607.8	645.9	684.0	722.1	760.2	798.3	836.4	874.5	912.6	950.7	988.8	1026.9	1065.0		
2.05	44	90	3.50	4.01	4.51	5.02	5.72	6.32	7.01	7.71	8.40	9.20	9.79	10.98	11.97	12.76	13.94	14.93	15.91	16.90	17.89	18.88	19.87	20.86	21.85	22.84	23.83	24.82	25.81	26.80	27.79	28.78	29.77	30.76	31.75	32.74		
2.11	38	80					127.2	145.0	163.4	183.8	199.1	229.6	254.9	275.1	305.3	330.5	355.6	393.3	428.4	463.5	498.6	533.7	568.8	603.9	639.0	674.1	709.2	744.3	779.4	814.5	849.6	884.7	919.8	954.9	990.0	1025.1		
2.12	34	72	100.4	113.4	131.5	146.9	164.7	182.5	200.2	220.4	235.6	265.8	290.9	311.0	341.2	366.3	391.4	429.1	464.0	501.9	536.8	571.7	606.6	641.5	676.4	711.3	746.2	781.1	816.0	850.9	885.8	920.7	955.6	990.5	1025.4	1060.3		
2.13	32	68	95.7	108.7	121.6	139.5	154.8	172.6	190.3	208.0	228.2	243.3	273.5	298.6	318.7	348.8	373.9	411.6	446.7	481.8	516.9	552.0	587.1	622.2	657.3	692.4	727.5	762.6	797.7	832.8	867.9	903.0	938.1	973.2	1008.3	1043.4		
2.15	52	112					141.9	157.7	188.9	199.1	229.6	254.9	275.1	305.3	330.5	355.6	393.3	428.4	463.5	498.6	533.7	568.8	603.9	639.0	674.1	709.2	744.3	779.4	814.5	849.6	884.7	919.8	954.9	990.0	1025.1	1060.3		
2.22	36	80	132.9	150.9	168.9	186.9	207.0	222.2	252.6	277.8	297.9	328.1	353.3	378.4	416.0	451.1	486.2	521.3	556.4	591.5	626.6	661.7	696.8	731.9	767.0	802.1	837.2	872.3	907.4	942.5	977.6	1012.7	1047.8	1082.9	1118.0	1153.1		
2.25	40	90	112.9	131.4	149.7	167.8	186.3	203.6	234.1	259.4	279.7	309.9	335.2	360.5	385.8	411.1	436.4	461.7	487.0	512.3	537.6	562.9	588.2	613.5	638.8	664.1	689.4	714.7	740.0	765.3	790.6	815.9	841.2	866.5	891.8	917.1		
	32	72	102.5	115.6	133.7	149.1	167.0	184.8	202.5	222.7	237.9	268.1	293.3	318.5	343.7	369.0	394.2	419.5	444.8	470.1	495.4	520.7	546.0	571.3	596.6	621.9	647.2	672.5	697.8	723.1	748.4	773.7	799.0	824.3	849.6	874.9		
2.33	48	112					146.0	161.9	193.2	219.1	239.6	270.2	295.6	321.0	346.4	371.8	397.2	422.6	448.0	473.4	498.8	524.2	549.6	575.0	600.4	625.8	651.2	676.6	702.0	727.4	752.8	778.2	803.6	829.0	854.4	879.8		

# Tabla de Selección para Transmisiones Sincrónicas Estandar 5M

*Distancias de centros nominales mm/pulg.*

**Designación de código de la correa mm/pulg.**

Combinación de Poleas																							
Relación de Velocidad	No. Dientes	Impulsora														1125	1195						
		350	375	400	425	450	475	500	535	565	600	635	670	710	740			800	850	890	950	1000	1050
2.35	34	13.78	14.76	15.75	16.73	17.72	18.70	19.69	21.06	22.24	23.62	25.00	26.38	27.95	29.13	31.50	33.46	35.04	37.40	39.37	41.34	44.29	47.05
2.37	38							100.8	119.3	135.0	153.1	171.1	188.9	209.3	224.5	254.9	280.1	300.3	330.5	355.6	380.7	418.4	453.5
2.50	36							3.97	4.70	5.32	6.03	6.73	7.44	8.24	8.84	10.03	11.03	11.82	13.01	14.00	14.99	16.47	17.86
2.55	44									115.0	133.5	151.8	169.9	190.5	205.8	236.4	261.7	282.0	312.3	337.5	362.6	400.4	435.5
2.65	34							102.8	121.4	137.1	155.3	173.3	191.2	211.5	226.8	257.2	282.4	302.6	332.8	358.0	383.1	420.8	455.9
2.80	40							4.05	4.78	5.40	6.11	6.82	7.53	8.33	8.93	10.12	11.12	11.91	13.1	14.09	15.08	16.57	17.95
2.81	32									150.1	166.1	197.5	223.4	244.0	274.7	300.1	325.5	363.5	398.8	426.6	442.6	485.5	515.7
2.95	38									119.1	137.1	156.1	174.3	194.9	210.3	240.9	266.3	286.5	316.9	342.1	367.3	405.0	440.2
3.11	36									4.69	5.42	6.15	6.86	7.67	8.28	9.48	10.48	11.28	12.47	13.47	14.46	15.95	17.33
3.29	34									132.4	154.2	170.3	182.4	201.8	217.9	248.4	279.1	304.6	330.0	368.0	403.4	449.1	488.8
3.50	32									121.1	139.8	158.2	176.4	197.1	212.5	243.1	288.5	288.8	319.2	344.4	369.6	407.4	442.6
										4.77	5.50	6.23	6.95	7.76	8.36	9.57	10.57	11.37	12.57	13.56	14.55	16.04	17.42
										134.4	156.3	172.3	184.4	206.1	216.3	246.9	299.9	250.5	281.3	306.8	332.3	370.3	405.7
										5.29	6.15	6.78	7.44	8.11	8.78	10.03	10.95	11.86	12.88	13.88	14.88	16.37	17.76
										136.4	158.3	174.4	186.4	208.3	224.4	255.0	308.0	252.7	283.5	309.1	334.5	372.6	408.0
										5.37	6.23	6.87	7.53	8.20	8.87	10.12	11.12	12.03	13.03	14.03	15.03	16.52	17.91
										138.3	160.3	176.5	188.3	210.3	226.4	257.0	310.0	234.2	254.9	285.7	311.3	336.8	374.8
										5.45	6.31	6.95	7.61	8.28	8.95	10.20	11.20	12.11	13.11	14.11	15.11	16.60	18.00
										140.3	162.4	178.5	190.3	212.3	228.4	259.0	312.0	236.4	257.1	287.9	313.5	339.0	377.1
										5.52	6.39	7.03	7.69	8.36	9.03	10.28	11.28	12.19	13.19	14.19	15.19	16.68	18.08

**Anexo L: Tabla para selección para el ancho de la correa del fabricante Intermec.**

## Tablas de Capacidad de Transmisión con Correas 5M de Anchos Estándar

RANGO DE HP — 15mm (.91 pulg.) ancho de correa (5M-15)														
No. de Dientes		32	34	36	38	40	44	48	52	56	60	64	68	72
D.P. mm in.		50.93 2.005	54.11 2.130	57.30 2.256	60.48 2.381	63.66 2.506	70.03 2.757	76.39 3.008	82.76 3.258	89.13 3.509	95.49 3.760	101.86 4.010	108.23 4.261	114.59 4.511
RPM DE LA POLEA MENOR	10	0.016	0.018	0.019	0.020	0.022	0.025	0.028	0.032	0.034	0.036	0.039	0.041	0.044
	20	0.032	0.035	0.038	0.041	0.044	0.050	0.057	0.063	0.068	0.073	0.078	0.083	0.088
	40	0.065	0.070	0.076	0.082	0.088	0.100	0.114	0.126	0.136	0.146	0.156	0.165	0.175
	60	0.097	0.105	0.114	0.123	0.132	0.150	0.170	0.190	0.204	0.219	0.233	0.248	0.263
	100	0.162	0.175	0.190	0.204	0.219	0.251	0.284	0.316	0.340	0.365	0.389	0.413	0.438
	200	0.323	0.351	0.379	0.408	0.439	0.502	0.568	0.632	0.681	0.729	0.778	0.827	0.875
	300	0.435	0.472	0.509	0.548	0.588	0.670	0.757	0.840	0.905	0.970	1.034	1.099	1.163
	400	0.538	0.582	0.628	0.675	0.723	0.823	0.927	1.028	1.108	1.187	1.266	1.345	1.424
	500	0.634	0.686	0.739	0.793	0.849	0.965	1.086	1.203	1.295	1.388	1.480	1.572	1.665
	600	0.724	0.783	0.844	0.905	0.968	1.099	1.235	1.367	1.472	1.577	1.681	1.786	1.891
	700	0.811	0.877	0.944	1.012	1.082	1.227	1.377	1.523	1.639	1.756	1.873	1.989	2.106
	800	0.895	0.966	1.040	1.115	1.191	1.349	1.513	1.672	1.800	1.928	2.056	2.184	2.311
	870	0.952	1.027	1.105	1.184	1.265	1.432	1.605	1.773	1.908	2.044	2.179	2.315	2.450
	1000	1.054	1.137	1.223	1.310	1.398	1.581	1.770	1.953	2.103	2.252	2.401	2.550	2.698
	1160	1.175	1.267	1.361	1.457	1.555	1.756	1.964	2.166	2.331	2.496	2.660	2.825	2.988
	1400	1.348	1.453	1.559	1.668	1.779	2.006	2.240	2.467	2.654	2.841	3.027	3.213	3.397
	1450	1.383	1.490	1.599	1.711	1.824	2.056	2.295	2.527	2.719	2.910	3.100	3.290	3.479
	1600	1.485	1.600	1.717	1.836	1.956	2.204	2.458	2.704	2.908	3.112	3.314	3.516	3.717
	1750	1.585	1.707	1.831	1.957	2.085	2.346	2.615	2.874	3.091	3.306	3.520	3.733	3.945
	1800	1.618	1.742	1.868	1.996	2.127	2.393	2.666	2.930	3.150	3.369	3.587	3.803	4.018
2000	1.746	1.879	2.014	2.151	2.291	2.574	2.865	3.146	3.381	3.614	3.846	4.076	4.304	
2500	2.050	2.203	2.359	2.517	2.676	3.000	3.330	3.648	3.914	4.178	4.438	4.695	4.948	
3000	2.333	2.505	2.678	2.854	3.030	3.388	3.751	4.099	4.390	4.676	4.956	5.230	5.498	
3600	2.649	2.839	3.031	3.225	3.419	3.810	4.203	4.576	4.887	5.188	5.479	5.760	6.030	
5000	3.293	3.516	3.738	3.959	4.178	4.611	5.034	5.422	5.728	6.009	6.263	6.490	6.686	
8000	4.247	4.473	4.687	4.887	5.073	5.396	5.647							
10000	4.526	4.692	4.831	4.941										
12000	4.471													

RANGO DE HP — 25mm (.984 pulg.) ancho de correa (5M-25)														
No. de Dientes		32	34	36	38	40	44	48	52	56	60	64	68	72
D.P. mm in.		50.93 2.005	54.11 2.130	57.30 2.256	60.48 2.381	63.66 2.506	70.03 2.757	76.39 3.008	82.76 3.258	89.13 3.509	95.49 3.760	101.86 4.010	108.23 4.261	114.59 4.511
RPM DE LA POLEA MENOR	10	0.029	0.031	0.034	0.036	0.039	0.045	0.051	0.056	0.061	0.065	0.070	0.074	0.078
	20	0.058	0.063	0.068	0.073	0.078	0.090	0.101	0.113	0.122	0.130	0.139	0.148	0.156
	40	0.116	0.125	0.136	0.146	0.157	0.179	0.203	0.226	0.243	0.261	0.278	0.295	0.313
	60	0.173	0.188	0.203	0.219	0.235	0.269	0.304	0.339	0.365	0.391	0.417	0.443	0.469
	100	0.289	0.313	0.339	0.365	0.392	0.448	0.507	0.565	0.608	0.652	0.695	0.738	0.782
	200	0.578	0.627	0.678	0.730	0.784	0.896	1.015	1.129	1.216	1.303	1.390	1.477	1.564
	300	0.778	0.843	0.910	0.979	1.050	1.197	1.352	1.502	1.617	1.732	1.848	1.963	2.079
	400	0.961	1.041	1.122	1.206	1.292	1.470	1.657	1.838	1.979	2.120	2.261	2.403	2.544
	500	1.132	1.225	1.320	1.418	1.517	1.724	1.940	2.149	2.314	2.479	2.644	2.809	2.974
	600	1.295	1.400	1.507	1.618	1.730	1.964	2.207	2.442	2.630	2.817	3.005	3.192	3.379
	700	1.450	1.566	1.686	1.808	1.934	2.192	2.460	2.721	2.930	3.138	3.347	3.555	3.763
	800	1.599	1.727	1.858	1.992	2.129	2.411	2.703	2.987	3.216	3.445	3.674	3.902	4.131
	870	1.700	1.836	1.975	2.116	2.261	2.559	2.868	3.168	3.410	3.653	3.895	4.137	4.379
	1000	1.883	2.032	2.185	2.340	2.499	2.825	3.163	3.491	3.758	4.025	4.291	4.557	4.823
	1160	2.099	2.264	2.433	2.604	2.779	3.139	3.511	3.871	4.166	4.461	4.755	5.049	5.342
	1400	2.408	2.596	2.787	2.981	3.179	3.585	4.004	4.409	4.744	5.078	5.412	5.744	6.075
	1450	2.471	2.663	2.858	3.057	3.260	3.675	4.103	4.517	4.860	5.202	5.543	5.883	6.221
	1600	2.655	2.860	3.068	3.281	3.497	3.939	4.393	4.834	5.199	5.564	5.927	6.288	6.648
	1750	2.833	3.051	3.273	3.498	3.726	4.194	4.674	5.139	5.526	5.912	6.296	6.677	7.057
	1800	2.892	3.114	3.339	3.569	3.801	4.277	4.766	5.239	5.633	6.025	6.416	6.804	7.190
2000	3.121	3.359	3.601	3.846	4.095	4.603	5.123	5.626	6.047	6.466	6.881	7.294	7.703	
2500	3.665	3.940	4.218	4.500	4.786	5.366	5.957	6.527	7.006	7.480	7.948	8.411	8.867	
3000	4.173	4.480	4.791	5.105	5.422	6.065	6.715	7.340	7.865	8.380	8.886	9.382	9.867	
3600	4.739	5.081	5.426	5.773	6.122	6.826	7.532	8.206	8.768	9.314	9.844	10.357	10.851	
5000	5.902	6.303	6.704	7.104	7.501	8.287	9.055	9.765	10.331	10.855	11.336	11.749	12.153	
8000	7.663	8.081	8.480	8.856	9.208	9.834	10.340							
10000	8.232	8.557	8.838	9.071										
12000	8.238													

El área sombreada indica que las poleas pueden ser utilizadas a esas RPM solo si se permite una reducción en la vida de servicio de la correa.

## **Anexo M: Correas dentadas síncronas del fabricante Intermecc.**

# CORREAS DENTADAS SINCRÓNICAS

## SIGNIFICADO DE LA REFERENCIA



5M



## CORREAS 5M (PASO 5mm)

Referencia	No. de Dientes	Longitud (mm)	Pulg.
350-5M-9	70	350	13,78
350-5M-15	70	350	13,78
350-5M-25	70	350	13,78
375-5M-9	75	375	14,76
375-5M-15	75	375	14,76
375-5M-25	75	375	14,76
400-5M-9	80	400	15,75
400-5M-15	80	400	15,75
400-5M-25	80	400	15,75
425-5M-9	85	425	16,73
425-5M-15	85	425	16,73
425-5M-25	85	425	16,73
450-5M-9	90	450	17,72
450-5M-15	90	450	17,72
450-5M-25	90	450	17,72
475-5M-9	95	475	18,70
475-5M-15	95	475	18,70
475-5M-25	95	475	18,70
500-5M-9	100	500	19,69
500-5M-15	100	500	19,69
500-5M-25	100	500	19,69
535-5M-9	107	535	21,06
535-5M-15	107	535	21,06
535-5M-25	107	535	21,06
565-5M-9	113	565	22,24
565-5M-15	113	565	22,24
565-5M-25	113	565	22,24
600-5M-9	120	600	23,62
600-5M-15	120	600	23,62
600-5M-25	120	600	23,62
635-5M-9	127	635	25,00
635-5M-15	127	635	25,00
635-5M-25	127	635	25,00
670-5M-9	134	670	26,38
670-5M-15	134	670	26,38
670-5M-25	134	670	26,38
710-5M-9	142	710	27,95
710-5M-15	142	710	27,95
710-5M-25	142	710	27,95
740-5M-9	148	740	29,13
740-5M-15	148	740	29,13
740-5M-25	148	740	29,13
800-5M-9	160	800	31,50
800-5M-15	160	800	31,50
800-5M-25	160	800	31,50
835-5M-9	167	835	32,87
835-5M-15	167	835	32,87
835-5M-25	167	835	32,87

## CORREAS 5M (PASO 5mm)

Referencia	No. de Dientes	Longitud (mm)	Pulg.
850-5M-9	170	850	33,46
850-5M-15	170	850	33,46
850-5M-25	170	850	33,46
890-5M-9	178	890	35,04
890-5M-15	178	890	35,04
890-5M-25	178	890	35,04
950-5M-9	190	950	37,40
950-5M-15	190	950	37,40
950-5M-25	190	950	37,40
1000-5M-9	200	1000	39,37
1000-5M-15	200	1000	39,37
1000-5M-25	200	1000	39,37
1050-5M-9	210	1050	41,34
1050-5M-15	210	1050	41,34
1050-5M-25	210	1050	41,34
1125-5M-9	225	1125	44,29
1125-5M-15	225	1125	44,29
1125-5M-25	225	1125	44,29
1195-5M-9	239	1195	47,05
1195-5M-15	239	1195	47,05
1195-5M-25	239	1195	47,05
1270-5M-9	254	1270	50,00
1270-5M-15	254	1270	50,00
1270-5M-25	254	1270	50,00
1420-5M-9	284	1420	55,91
1420-5M-15	284	1420	55,91
1420-5M-25	284	1420	55,91
1595-5M-9	319	1595	62,80
1595-5M-15	319	1595	62,80
1595-5M-25	319	1595	62,80
1690-5M-9	338	1690	66,54
1690-5M-15	338	1690	66,54
1690-5M-25	338	1690	66,54
1790-5M-9	358	1790	70,47
1790-5M-15	358	1790	70,47
1790-5M-25	358	1790	70,47
1895-5M-9	379	1895	74,61
1895-5M-15	379	1895	74,61
1895-5M-25	379	1895	74,61
2000-5M-9	400	2000	78,74
2000-5M-15	400	2000	78,74
2000-5M-25	400	2000	78,74
2250-5M-9	450	2250	88,58
2250-5M-15	450	2250	88,58
2250-5M-25	450	2250	88,58
2525-5M-9	505	2525	99,41
2525-5M-15	505	2525	99,41
2525-5M-25	505	2525	99,41