



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE CUENCA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

OPTIMIZACIÓN DE UNA MÁQUINA HILADORA DE FIBRA DE  
5@D575 D5F5 @5 7CA I B=858 89 75; I 5B5D5A 65

Trabajo de titulación previo a la obtención  
del título de Ingeniero Mecatrónico

AUTORES: BRYAM ALEXANDER MEZA ARMIJOS  
PAULO ADRIÁN SUQUILANDA GONZÁLEZ  
TUTOR: ING. DIEGO PAÍL CHACÉN TROYA  
CO-TUTOR: ING. ANGELO EUGENIO CÁRDENAS CADM9

Cuenca - Ecuador

2022

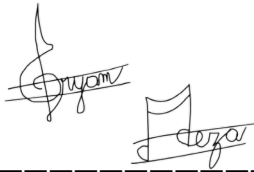
# CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Bryam Alexander Meza Armijos con documento de identificación N° 0201985827 y Paulo Adrián Suquilanda González con documento de identificación N° 0105780415; 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, 23 de julio del 2022

Atentamente,



-----  
Bryam Alexander Meza Armijos  
0201985827



-----  
Paulo Adrián Suquilanda González  
0105780415

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

Nosotros, Bryam Alexander Meza Armijos con documento de identificación N° 0201985827 y Paulo Adrián Suquilanda González con documento de identificación N° 0105780415, 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: “Optimización de una máquina hiladora de fibra de alpaca para la Universidad Politécnica Salesiana”, desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecatrónico, 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, 23 de julio del 2022

Atentamente,



-----  
Bryam Alexander Meza Armijos  
0201985827



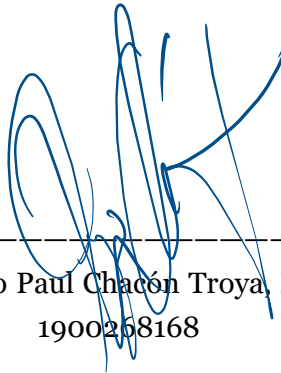
-----  
Paulo Adrián Suquilanda González  
0105780415

# CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Diego Paul Chacón Troya con documento de identificación N° 1900268168, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: OPTIMIZACIÓN DE UNA MÁQUINA HILADORA DE FIBRA DE ALPACA PARA @57CAIB-8588975; I 5B5D5A65, realizado por Bryam Alexander Meza Armijos con documento de identificación N° 0201985827 y Paulo Adrián Suquilanda González con documento de identificación N° 0105125017, 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, 23 de julio del 2022

Atentamente,



-----  
Ing. Diego Paul Chacón Troya, Mhd.  
1900268168



# Dedicatoria

*Paulo Suquilanda*

Este trabajo de titulación lo dedico con todo mi corazón:

A mis padres y hermanas por su amor, cariño, paciencia, esfuerzo y apoyo durante todo el tiempo que llevo trabajando en este proyecto. Y por estar incondicionalmente a mi lado en todo mi desarrollo educativo, emocional y personal. Y por ser una guía para superarme cada día.

A mis abuelos, que han sido un apoyo fundamental durante toda mi vida y me han apoyado para mejorar.

A mis amigos con los cuales he aprendido sobre la vida.

A las personas que formaron parte del proceso y me ofrecieron su apoyo para concluir esta tesis.

*Bryam Meza*

Este trabajo de titulación lo dedico con todo mi corazón:

A mis padres y hermanos por su amor, cariño, paciencia, esfuerzo y apoyo durante todo el tiempo que llevo trabajando en este proyecto. Y por estar incondicionalmente a mi lado en todo mi desarrollo educativo, emocional y personal. Y por ser una guía para superarme cada día.

A mis abuelos, que han sido un apoyo fundamental durante toda mi vida y me han apoyado para mejorar.

A mis amigos con los cuales he aprendido sobre la vida.

A las personas que formaron parte del proceso y me ofrecieron su apoyo para concluir esta tesis.

# Agradecimientos

*Paulo Suquilanda*

Agradezco inmensamente a mis padres que me han dado la existencia, y con ello las ganas de superarme en cada paso que doy en la vida. A mi familia, gracias por ser como son; con su presencia y apoyo me han ayudado a construirme y forjarme la persona que soy.

El proceso ha sido largo y por eso agradezco a mi padre por enseñarme y educarme a lo largo de mi vida con su conocimiento, gracias a ti esta meta esta cumplida. Todo el esfuerzo realizado se ve expresado en el trabajo de titulación y en mi vida.

Sencillo no ha sido el proceso por eso te agradezco madre por brindarme tu amor y ayuda, por alentarme a mejorar en mi vida profesional, gracias por tus consejos que me han llevado a buscar dar lo mejor de mí.

Me gustaría agradecer también a mi tutor Ing. Diego Chacón por sus orientaciones, conocimientos y su paciencia han sido esenciales para culminar con el trabajo. Al Ing. Eugenio Cárdenas por ser una guía y mentor en el trabajo de titulación, y por brindarnos su conocimiento, para proporcionar el mejor trabajo posible y dar una óptima solución a los problemas de este trabajo de titulación.

A todos mis amigos y docentes que he tenido a lo largo de mi vida, los cuales han puesto su grano de arena para permitirme ser la persona que ven hoy en día.

*Bryam Meza*

Agradezco mucho a mis padres, ya que sin ellos y su constante amor y aprecio no hubiera sido fácil concluir este camino. Les agradezco su apoyo incondicional y constante sacrificio para permitirme siempre salir adelante y formarme como persona de manera moral e intelectual.

A mis amigos y pareja, quienes me acompañaron en este camino y brindaron consejos y ánimos para no rendirme, quiero agradecerles por tenerme paciencia y estar siempre conmigo.

Mi gran gratitud para el ingeniero Diego Chacón, quien me brindó la oportunidad y la ayuda para la elaboración de este proyecto.

Al ingeniero Eugenio Cárdenas, por ofrecer sus conocimientos para ayudar en el presente trabajo de titulación.

Finalmente, agradezco a todos los docentes y compañeros que junto a ellos crecimos como estudiantes y profesionales durante toda la carrera universitaria.

# Índice

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN ... I	I
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA .....	II
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTOS .....	V
ÍNDICE .....	VI
LISTA DE TABLAS .....	X
LISTA DE FIGURAS .....	XI
RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT .....	XIV
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. PROBLEMA .....	2
2.1. ANTECEDENTES .....	2
2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	2
2.3. IMPORTANCIA Y ALCANCES .....	2
2.4. DELIMITACIÓN .....	3
2.4.1. Espacial o geográfica .....	3
2.4.2. Temporal .....	3
2.4.3. Sectorial o institucional .....	3
2.5. PROBLEMA GENERAL .....	4
2.6. PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	4
3. OBJETIVOS .....	5
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
4. MARCO TEÓRICO .....	6
4.1. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE FIBRA DE ALPACA. ....	6
4.1.1. Esquilado o cizallamiento. ....	6
4.1.2. Categorización y clasificación. ....	6

4.1.3.	Limpieza y fregado.....	8
4.1.4.	Cardado.....	8
4.1.5.	Hilado.....	8
4.1.6.	Ovillado.....	9
4.2.	OPTIMIZACIÓN DE UNA MÁQUINA.....	9
4.2.1.	Criterios de selección de materiales.....	9
4.2.1.1.	Ciclo de vida.....	9
4.2.1.2.	Características y propiedades de los materiales.....	10
4.2.2.	Método en la selección de materiales.....	11
4.2.3.	Criterios de diseño.....	13
4.2.4.	Proceso de diseño.....	14
4.3.	CONDICIONES INICIALES.....	15
4.3.1.	Capacidad del prototipo.....	15
4.3.2.	Tamaño del prototipo.....	15
4.3.3.	Materiales del prototipo.....	16
4.3.3.1.	PLA.....	16
4.3.3.2.	MDF.....	16
4.3.4.	Diseño del prototipo.....	17
4.3.4.1.	Diseño mecánico.....	17
4.3.4.2.	Diseño de control.....	17
4.3.5.	Elementos del prototipo.....	17
4.3.5.1.	Tren de engranajes.....	17
4.3.5.2.	Sistema de sujeción.....	18
4.4.	HILADORA DE FIBRA DE ALPACA.....	18
4.4.1.	Tipos de proceso.....	18
4.4.1.1.	Artisanal.....	18
4.4.1.2.	Industrial.....	19
4.4.2.	Máquinas para hilar.....	19
5.	MARCO METODOLÓGICO.....	20
5.1.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
5.2.	METODOLOGÍA DEL PROCESO.....	21
5.2.1.	Condiciones iniciales de la hiladora de fibra de alpaca.....	21
5.2.1.1.	Diseño del prototipo.....	22
5.2.1.1.1.	Diseño mecánico del prototipo.....	22

5.2.1.1.2.	Diseño electrónico del prototipo. ....	29
5.2.1.1.3.	Diseño estructural del prototipo. ....	32
5.2.2.	Optimización mecánica y electrónica de una hiladora de fibra de alpaca.....	33
5.2.2.1.	Selección de materiales para el diseño de la máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca. ....	33
5.2.2.1.1.	Fabricación aditiva para componentes complejos .....	33
5.2.2.1.2.	Selección de ejes y acoples.....	35
5.2.2.2.	Diseño de la hiladora double drive .....	35
5.2.2.3.	Diseño del tren de estiraje para alimentación de la hiladora. ....	37
5.2.2.3.1.	Diseño del sistema de tren de engranajes.....	37
5.2.2.3.1.1.	Cálculo del tren de engranajes.....	38
5.2.2.3.2.	Diseño de sistema rodillos adhesivos de sujeción .....	45
5.2.2.3.3.	Diseño del sistema de conteo.....	49
5.2.2.4.	Diseño del sistema de control del proceso de hilado.....	51
5.2.2.5.	Diseño del sistema eléctrico y electrónico .....	53
5.2.2.5.1.	Selección de componentes eléctricos y electrónicos .....	54
5.2.2.5.2.	Estructuración del circuito eléctrico .....	64
5.2.2.5.3.	Diseño de tarjeta PCB .....	65
5.2.2.5.3.1.	Esquema electrónico .....	66
5.2.2.5.3.2.	Esclarecimiento del circuito impreso.....	67
5.2.2.5.3.3.	Diseño y programación del controlador y pantalla HMI .....	71
5.2.2.6.	Diseño estructural del prototipo .....	75
5.2.2.7.	Identificación de costos a partir del diseño implementado.....	82
5.2.3.	Construcción de la hiladora de fibra de alpaca.....	83
5.2.3.1.	Construcción de la hiladora double drive.....	83
5.2.3.2.	Construcción del tren de estiraje para la alimentación de la hiladora. ....	84
5.2.3.3.	Construcción del sistema de conteo .....	86
5.2.3.4.	Construcción del sistema eléctrico y electrónico.....	87
5.2.3.5.	Construcción de la estructura.....	89
5.2.4.	Evaluación de la hiladora de fibra de alpaca .....	91
6.	RESULTADOS.....	101
6.1.	CONDICIONES INICIALES DE LA HILADORA DE FIBRA DE ALPACA .....	101
6.2.	OPTIMIZACIÓN MECÁNICA Y ELECTRÓNICA DE UNA HILADORA DE FIBRA DE ALPACA.....	101
6.3.	CONSTRUCCIÓN DE LA HILADORA DE FIBRA DE ALPACA .....	103

6.4. EVALUACIÓN DE LA HILADORA DE FIBRA DE ALPACA.....	103
7. CONCLUSIONES .....	104
8. RECOMENDACIONES.....	105
REFERENCIAS.....	106
ANEXOS.....	108
ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA LÓGICA.....	109
ANEXO B: PROGRAMACIÓN REALIZADA EN STM32CUBEIDE.....	111
ANEXO C: ESQUEMA DEL SISTEMA ELECTRÓNICO Y ELÉCTRICO .....	125
ANEXO D: PLANOS DE LA MÁQUINA HILADORA .....	126

# Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b>	Metodología de la investigación .....	20
<b>Tabla 2</b>	Elementos y partes de la hiladora .....	23
<b>Tabla 3</b>	Elementos y partes del tren de engranajes.....	25
<b>Tabla 4</b>	Elementos y partes del sistema de sujeción .....	27
<b>Tabla 5</b>	Elementos y partes del sistema de conteo.....	29
<b>Tabla 6</b>	Corriente necesaria para la fuente de 12V.....	32
<b>Tabla 7</b>	Corriente necesaria para la fuente de 5V.....	32
<b>Tabla 8</b>	Longitud de fibra.....	39
<b>Tabla 9</b>	Datos principales para la definición de engranajes .....	42
<b>Tabla 10</b>	Especificaciones del motor para el tren de engranajes .....	54
<b>Tabla 11</b>	Especificaciones del controlador L298N .....	54
<b>Tabla 12</b>	Especificaciones del motor para el sistema de sujeción.....	55
<b>Tabla 13</b>	Especificaciones del controlador A4988 .....	55
<b>Tabla 14</b>	Especificaciones del fin carrera.....	56
<b>Tabla 15</b>	Especificaciones del motor para la hiladora.....	56
<b>Tabla 16</b>	Especificaciones del componente Relé.....	59
<b>Tabla 17</b>	Especificaciones del componente variador PWM .....	59
<b>Tabla 18</b>	Especificaciones del sensor FC-03 .....	60
<b>Tabla 19</b>	Especificaciones del sensor para la detección del vellón .....	60
<b>Tabla 20</b>	Especificaciones de la pantalla HMI.....	61
<b>Tabla 21</b>	Parámetros de consumo (fuente 12V) .....	63
<b>Tabla 22</b>	Parámetros de consumo (fuente 5V) .....	63
<b>Tabla 23</b>	Tabla de costos (máquina hiladora semiautomática).....	82
<b>Tabla 24</b>	Calibraciones posibles para el uso de la máquina .....	100
<b>Tabla 25</b>	Matriz de consistencia.....	109

# Lista de Figuras

<b>Figura 1</b>	Delimitación geográfica .....	3
<b>Figura 2</b>	Gráfica de elección de material .....	12
<b>Figura 3</b>	Etapas del proceso de diseño .....	14
<b>Figura 4</b>	Prototipo de la máquina hiladora .....	16
<b>Figura 5</b>	Método del proceso .....	21
<b>Figura 6</b>	Funcionamiento de la hiladora double drive .....	22
<b>Figura 7</b>	Funcionamiento del tren de engranajes .....	24
<b>Figura 8</b>	Funcionamiento del sistema de sujeción .....	26
<b>Figura 9</b>	Funcionamiento del sistema de conteo.....	28
<b>Figura 10</b>	Diagrama de Ashby (PETG, ABS, PLA).....	34
<b>Figura 11</b>	Hiladora .....	35
<b>Figura 12</b>	Sistema de transmisión de la hiladora. ....	36
<b>Figura 13</b>	Sistema de tren de engranajes.....	38
<b>Figura 14</b>	Distanciamiento de rodillos helicoidales. ....	40
<b>Figura 15</b>	Tren de engranajes resultante .....	45
<b>Figura 16</b>	Sistema de rodillos adhesivos de sujeción.....	46
<b>Figura 17</b>	Sistema de rodillos adhesivos de sujeción (DCL).....	47
<b>Figura 18</b>	Tornillo de potencia (DCL).....	48
<b>Figura 19</b>	Sistema de conteo.....	50
<b>Figura 20</b>	Máquina semiautomática .....	52
<b>Figura 21</b>	Sistema de control encendido/apagado .....	52
<b>Figura 22</b>	Sistema de control encendido/apagado (Gráfica de funcionamiento).....	53
<b>Figura 23</b>	Gráfica de rendimiento del motor AmpFlow .....	57
<b>Figura 24</b>	Gráfica de rendimiento del motor AmpFlow a 12V .....	58
<b>Figura 25</b>	Tarjeta STM32F411E-Disco. ....	62
<b>Figura 26</b>	Diagrama del esquema electrónico del circuito eléctrico .....	64
<b>Figura 27</b>	Sistema electrónico y eléctrico. ....	66
<b>Figura 28</b>	Esquema electrónico del circuito impreso.....	67
<b>Figura 29</b>	Valores propuestos para el cálculo de pistas. ....	68
<b>Figura 30</b>	Valores conseguidos del ancho de pista.....	69
<b>Figura 31</b>	Serigrafía y circuito impreso.....	70
<b>Figura 32</b>	TIM2 modo y configuración.....	71



<b>Figura 33</b>	Vista de pines. ....	72
<b>Figura 34</b>	Interfaz Nextion Editor. ....	73
<b>Figura 35</b>	Diagrama de flujo del funcionamiento de la máquina. ....	74
<b>Figura 36</b>	Estructura .....	75
<b>Figura 37</b>	Datos de ángulos .....	76
<b>Figura 38</b>	Estructura (tren de engranajes).....	77
<b>Figura 39</b>	Estructura (hiladora y sistema de conteo).....	77
<b>Figura 40</b>	Análisis de factor de seguridad en la sección hiladora .....	78
<b>Figura 41</b>	Análisis de factor de seguridad en sección hiladora.....	79
<b>Figura 42</b>	Estructura (sistema de rodillos adhesivos de sujeción).....	80
<b>Figura 43</b>	Análisis del factor de seguridad en la sección de alimentación .....	81
<b>Figura 44</b>	Análisis del factor de seguridad en la sección de alimentación.....	82
<b>Figura 45</b>	Hiladora double drive construida. ....	84
<b>Figura 46</b>	Sistema de tren de engranajes construido .....	85
<b>Figura 47</b>	Sistema de rodillos adhesivos construido .....	86
<b>Figura 48</b>	Sistema de conteo construido .....	87
<b>Figura 49</b>	Sistema eléctrico y electrónico montado .....	88
<b>Figura 50</b>	Sistema eléctrico y electrónico (conexión) .....	89
<b>Figura 51</b>	Estructura construida.....	90
<b>Figura 52</b>	Máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca .....	91
<b>Figura 53</b>	Vellón con exceso de torsión .....	92
<b>Figura 54</b>	Vellón con poca torsión.....	93
<b>Figura 55</b>	Banda de transmisión descarrilada.....	94
<b>Figura 56</b>	Vellón atascado en el rodillo ranurado .....	95
<b>Figura 57</b>	Vellón atascado en la salida de la alimentación .....	96
<b>Figura 58</b>	Vellón descarrilado del sistema de conteo.....	97
<b>Figura 59</b>	Cordón para el proceso de hilado.....	98
<b>Figura 60</b>	Obtención del hilo deseado.....	99

## Resumen

En este trabajo de titulación realizado por dos estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana, se presenta una propuesta de solución para la comunidad de Caguanapamba mediante la optimización mecánica y electrónica de una máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca con el fin de mejorar el proceso de producción de hilo en la comunidad. Para la resolución del proyecto, se establece las condiciones iniciales esto con respecto a un prototipo donde se dimensiona cada elemento que conforma parte de la máquina. Posteriormente, se propone la optimización que respecta al diseño, en base, a los componentes que conforman la máquina; en el cual se hace uso de cálculos de relación de engranajes, velocidad, estiraje, dinámica, consumo para la definición de fuentes de alimentación, tamaño de pistas para circuito impresos, entre otros que influyen al diseño de sistemas. También, se aplican diagramas de Ashby para la selección de materiales, gráficos de rendimiento para definición de motores y análisis de esfuerzos que permiten identificar factores de seguridad para la estructura de la máquina. A continuación, se construyó la máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca optimizada, tomando en cuenta la propuesta realizada mediante los métodos de unión respectivos. Y por último se evaluó la máquina. Como resultado, se obtuvo una máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca con las condiciones, diseños, ensamblaje y evaluaciones requeridas permitiendo cumplir con la propuesta de solución.

Palabras clave: Diagrama de Ashby, Dinámica, Estiraje, Optimización de diseño, Relación de engranajes.

## **Abstract**

In this degree work carried out by two students of the Salesian Polytechnic University, a solution proposal is presented for the community of Caguanapamba through the mechanical and electronic optimization of a semi-automatic alpaca fiber spinning machine in order to improve the yarn production process in the community. For the resolution of the project, the initial conditions are established with respect to a prototype where each element that makes up part of the machine is dimensioned. Subsequently, optimization is proposed with regard to the design, based on the components that make up the machine; in which calculations of gear ratio, speed, stretching, dynamics, consumption for the definition of power supplies, size of tracks for printed circuit boards, among others that influence the design of systems. Also, Ashby diagrams are applied for the selection of materials, performance graphs for engine definition and stress analysis that allow to identify safety factors for the structure of the machine. Next, the optimized alpaca fiber semi-automatic spinning machine was built, taking into account the proposal made using the respective joining methods. And finally, the machine was evaluated. As a result, a semi-automatic alpaca fiber spinning machine was obtained with the conditions, designs, assembly and evaluations required allowing to comply with the solution proposal.

Keywords: Ashby Diagram, Dynamics, Stretching, Design Optimization, Gear Ratio.

# 1. Introducción

En Ecuador existen varias comunidades que se dedican al trabajo del hilado. Este proceso se realiza mediante la manipulación de las fibras obtenidas del vellón de algún animal. El proceso consta de varias etapas desde la obtención de la lana trasquilada, hasta el proceso de ovillar el hilo obtenido. En la mayoría de comunidades estas etapas son realizadas de manera completamente artesanal.

Si bien existen herramientas de apoyo para poder realizar todos estos procesos, aún los métodos empleados no son lo suficientemente eficientes. Por lo tanto, tampoco se logra generar una calidad de hilado aceptable en comparación a las obtenidas a nivel industrial. Existen diferentes tipos de proyectos en estas comunidades para mejorar los procesos de hilado. El objetivo de estos proyectos es incentivar la obtención de productos nacionales mediante la industrialización de procesos en diferentes áreas laborales.

Mecatrónica es una rama de la ingeniería que brinda servicios o productos electromecánicos para controlar diferentes procesos de producción. Estos servicios y productos buscan la optimización y automatización en la manufactura de algún bien. A su vez, estos sistemas mecatrónicos permiten realizar diferentes procesos de producción con estándares de calidad bastantes altos.

En consecuencia, el presente trabajo busca definir un sistema mecatrónico que brinde apoyo durante una etapa del proceso de hilado en una comunidad de Ecuador. Para ello, el sistema debe optimizar un proceso artesanal con el fin de obtener una calidad de hilado que cumpla con los estándares requeridos. Además, el sistema debe encontrarse lo suficientemente automatizado para poder trabajar de manera correcta con el resto de procesos para la obtención del hilo final.

## **2. Problema**

### **2.1. Antecedentes**

Se ha realizado un proyecto previo dentro del cantón Biblián (Provincia del Cañar) en el GAD de Jerusalén por parte de estudiantes del período 58 de la carrera de mecatrónica; el proyecto constó de un prototipo de una hiladora de fibra de alpaca. Ahora se busca generar un proyecto adecuado para el cantón Tambo (provincia del Cañar) en la comunidad de Caguanapamba. Esta comunidad cuenta con varios emprendimientos tales como producción de prendas de vestir a base de hilo obtenido de lana de alpaca, explotación de material pétreo (lastre), producción pecuaria, sistema de agua potable y riego, y otros emprendimientos más. Desde el año 2005 se viene desarrollando turismo comunitario bajo el nombre KuyaLlakta que significa lugar de paz y armonía; siendo una de las comunidades pioneras de esta provincia en posicionarse con su variedad de servicios demostrativos, mismos que resultan ser atractivos para los turistas.

### **2.2. Descripción del problema**

El prototipo de la hiladora de fibra de alpaca generado por estudiantes de mecatrónica permite ver un déficit dentro de los materiales, proceso, diseño y tecnología para una máquina que busca ser implementada de manera semiautomática en el área textil dentro del cantón Tambo (Provincia del Cañar), sector donde se ubica la comunidad de Caguanapamba.

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

En el país existe poca o nula industrialización en los procesos de producción de hilo de alpaca. En la mayoría de casos el hilado se realiza de manera completamente artesanal o con una máquina de apoyo como suele ser la rueca eléctrica; sin embargo, pese al apoyo de esta máquina el problema de obtener un hilo con espesor uniforme y estandarizado sigue estando presente. Por lo tanto, se desea implementar una máquina semi automática en la comunidad de Caguanapamba que busque industrializar y estandarizar el proceso de hilado.

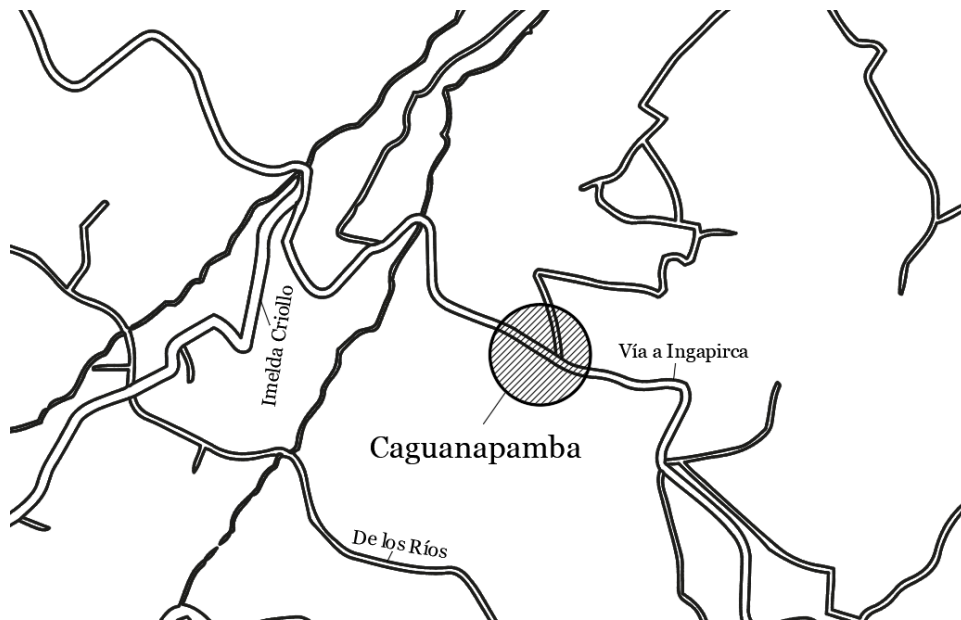
## 2.4. Delimitación

### 2.4.1. Espacial o geográfica

El lugar de donde se obtendrá información para el proyecto de titulación será en el cantón Tambo, provincia Cañar.

#### Figura 1

*Delimitación geográfica*



**Nota:** La delimitación espacial indica el lugar geográfico donde se recabará y analizará la información.

### 2.4.2. Temporal

El trabajo de titulación tiene como fecha de finalización el día domingo 31 de julio del año 2022. Considerando como fecha de aprobación el día 17 de marzo del mismo año, la delimitación temporal específica es de 4 meses y 14 días.

### 2.4.3. Sectorial o institucional

El trabajo de titulación se desarrollará en la comunidad de Caguanapamba.

## **2.5. Problema General**

- ¿Se podrá optimizar mecánica y electrónicamente una máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca para mejorar el proceso de producción de hilo en la comunidad de Caguanapamba?

## **2.6. Problemas Específicos**

- ¿Es factible establecer el estado actual y las condiciones iniciales para la optimización mecánica y electrónica de una máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca para mejorar el proceso de producción de hilo en la comunidad de Caguanapamba?
- ¿Es posible proponer la optimización mecánica y electrónica de una máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca para mejorar el proceso de producción de hilo en la comunidad de Caguanapamba?
- ¿Se podrá construir la máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca optimizada mecánica y electrónicamente para mejorar el proceso de producción de hilo en la comunidad de Caguanapamba?
- ¿Es posible evaluar la máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca optimizada mecánica y electrónicamente para mejorar el proceso de producción de hilo en la comunidad de Caguanapamba?

## **3. Objetivos**

### **3.1. Objetivos Específicos**

- Establecer el estado actual y las condiciones iniciales para la optimización mecánica y electrónica de una máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca para mejorar el proceso de producción de hilo en la comunidad de Caguanapamba.
- Proponer la optimización mecánica y electrónica de una máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca para mejorar el proceso de producción de hilo en la comunidad de Caguanapamba.
- Construir la máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca optimizada mecánica y electrónicamente para mejorar el proceso de producción de hilo en la comunidad de Caguanapamba.
- Evaluar la máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca optimizada mecánica y electrónicamente para mejorar el proceso de producción de hilo en la comunidad de Caguanapamba.



## **4. Marco Teórico**

Para la elaboración de este proyecto, se requiere conocer las diferentes etapas acerca del proceso dentro del área textil e industrial. Por ende, el estudio del siguiente marco teórico debe tener varios de los puntos que permiten generar el conocimiento para obtener un producto final tales como: el proceso de producción de fibra de alpaca con el fin de conocer los procesos previos y posteriores al del hilado; la optimización de una máquina que permite reconocer que variaciones se pueden dar con el fin de mejorar tiempos y calidad del proceso; las condiciones iniciales que nos permitirán distinguir como el producto puede ser generado para satisfacer el proceso; y finalmente la hiladora que nos permitirá identificar sus partes y el funcionamiento de la misma.

### **4.1. Proceso de producción de fibra de alpaca.**

El proceso de producción de fibra de alpaca conlleva varios pasos que permiten obtener su producto final, se debe tomar en cuenta que tanto las fibras de alpaca como las de lana son fibras animales, y sus propiedades físicas y mecánicas son muy similares. Por lo que se sigue un procesamiento similar, los cuales se presentan a continuación:

#### **4.1.1. Esquilado o cizallamiento.**

Según (Calvo, 2005), se define a la esquila como el proceso en el cual se obtiene la producción de lana y/o pilosa de un ovino, luego de haber transcurrido un determinado período de crecimiento de la lana, que generalmente corresponde a un año.

#### **4.1.2. Categorización y clasificación.**

La fibra y vellones de alpaca se encuentran normados por el INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización) dentro de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2852 en el cual se encuentran 4 tipos de clasificación que son las siguientes: por longitud y finura de fibra, aplicaciones de la fibra, contenido de grados de fibra y de acuerdo al color natural de las fibras. (INEN, 2015)

1. Por longitud y finura de fibra.

- a) Grado baby alpaca,
- b) Grado alpaca fleece,
- c) Grado médium fleece,
- d) Grado huarizo,
- e) Grado grueso,
- f) Grado corta.

2. Aplicación de la fibra

- a) Clase P: Fibra de alpaca apta para hilatura de fibra peinada y semipeinada:Grado baby alpaca,
  - 
  - Grado alpaca fleece,
  - Grado alpaca médium fleece.
- b) Clase C: Fibra de alpaca apta para hilatura de fibra cardada, sus variantes y no tejidos:Grado huarizo,
  - 
  - Grado
  - grueso,
  - Grado
  - corta.

3. Contenido de grados de fibra

- a) Tipo extra fino AA,
- b) Tipo fino A,
- c) Tipo semifino B,
- d) Tipo grueso C

4. De acuerdo al color natural de las fibras

- a) Café claro,
- b) Café oscuro,
- c) Café,
- d) Blanco Natural,
- e) Negro.

#### **4.1.3. Limpieza y fregado.**

La limpieza es un punto fundamental dentro del proceso de generación de fibra se debe dar un respectivo aseo al producto inicial para obtener un buen producto final. Por esta razón, luego de este proceso viene el fregado el cual es la primera etapa del procesamiento de la lanay varios métodos (emulsión, suint, extracción por solventes y refrigeración, ultrasonido, etc.) se puede utilizar para eliminar la suciedad y la lana grasa de la superficie de la fibra. (Li & Wang, 2011)

#### **4.1.4. Cardado.**

El cardado es un proceso de cepillado de fibras limpias sobre conjuntos opuestos de dientes de alambre corto (ropa de carda) para abrir y separar las fibras en una masa uniforme. Esto se puede lograr con un juego de tarjetas de mano, una pequeña cardadora de sobremesa o una máquina de cardado industrial muy grande. (Russo, 2012)

#### **4.1.5. Hilado.**

El hilado es una parte esencial del proceso de producción de fibra de alpaca con esto obtenemos un producto previo para tejer.

Según la revista (Zoo, 1980) el hilado es el proceso simple de extraer algunas fibras, retorcerlas juntas en una longitud continua y enrollarlas en unabola o en un

palo. Al igual que (Baugh, 2011) que define que hilar es retorcer varias fibras cortas a la vez para unir las y producir una hebra continua; cuando se hilan (retuercen) filamentos largos se obtienen hilos más resistentes.

#### **4.1.6. Ovillado.**

El ovillado se da posterior al hilado luego de que la fibra fue procesada se necesita de un pequeño bobinado que permite crear un producto presentable mediante una ovilladora.

### **4.2. Optimización de una máquina.**

Dentro de la optimización se debe involucrar actualizaciones de diseño, mecánicas, eléctricas o de software; que permiten generar un cambio en la máquina para un mejor rendimiento. Por esta razón, se debe tener en cuenta que el objetivo de la optimización de una máquina es mejorar un prototipo ya generado teniendo en cuenta los criterios de selección.

#### **4.2.1. Criterios de selección de materiales.**

##### **4.2.1.1. Ciclo de vida.**

- Respuesta a la función: El material que se elige debe cumplir con las necesidades a cumplir según su funcionamiento. Teniendo en cuenta las características del material físicas y mecánicas.
- Conformación y fabricación: Se debe tomar en cuenta que el material no puede encontrarse desligado de su proceso de fabricación. Aunque el material cumpla con las propiedades requeridas se debe considerar el método de elaboración.
- Relación con el usuario: Dentro de este parámetro se tiene como aspecto importante el tener la facilidad de dar formas, colores y texturas, sensación de solidez o ligereza al material. (Romeva Riba, 2008)

#### **4.2.1.2. Características y propiedades de los materiales.**

Los aspectos importantes dentro de la caracterización e identificación de las propiedades de los materiales según (Romeva Riba, 2008) son disponer de una buena información de base sobre las características y propiedades de los materiales, así como herramientas para procesar e interpretar esa información. Estima a los materiales según las siguientes propiedades:

- a) Propiedades físicas. Densidad del material: Esta propiedad afecta a diferentes parámetros, tales como: el peso de las piezas y componentes, coste.
  - El peso de las piezas y componentes es un factor importante a tomar en cuenta dentro del diseño de una máquina, ya que influye en el transporte de la máquina. También, en los objetos que sostendrá de manera estructural, esto dependerá a su vez del diseño que sea realizado. Si esta busca ser aplicada industrialmente se necesitará de elementos que sean robustos.
  - El coste puede ser un punto fundamental para la selección de un material puede depender significativamente del tipo de trabajo que busca ejercer la máquina y su durabilidad.
  
- b) Propiedades térmicas. Las propiedades térmicas en los materiales son un punto importante al instante de diseñar una máquina. Estas engloban:
  - La dilatación térmica (propiedad de los materiales de dilatarse cuando aumenta su temperatura) la cual tiene importantes consecuencias que especifica. Las cuales son cambio dimensional cuando existe cambios de temperatura; modificación del juego cuando existen diferentes tipos de materiales; origen de tensiones térmicas entre materiales unidos entre sí o encajados.
  - La capacidad calorífica (cada material cuenta con su capacidad para almacenar energía calorífica) en el caso de los metales llegan a ser bajas para aleaciones que se usan en el diseño de máquinas, las cerámicas son superiores y los polímeros son mucho más altos en su capacidad.
  - La conductividad térmica (todo material transfiere energía desde regiones de temperatura más alta a las de temperatura más baja) este usualmente debe ser tomado en cuenta cuando existen sistemas críticos que conducen, intercambian o

disipan calor.

#### **4.2.2. Método en la selección de materiales.**

La cantidad de materiales existentes para la construcción de una máquina incide al momento de su selección por esto es necesario plantarse diferentes métodos que permiten una selección eficaz y correcta. Así, evitando pérdidas de tiempo dentro de la industria. Los elementos para la selección que conforman un gran parte. Hacen que los métodos en su mayoría partan de una alta y amplia disponibilidad de materiales, los cuales se deberán analizar mediante recomendaciones, mapas o tablas de materiales o información con respectivas fuentes bibliográficas. Dado que, existe una alta cantidad de factores, propiedades y parámetros que afectan la selección del material, se debe tomar en cuenta las propiedades más relevantes para la aplicación que se desea dar a las piezas. Los métodos que nos presenta (González & Mesa, 2004) son:

- **Método tradicional.**

Con el conocimiento obtenido un ingeniero escoge el material que cree adecuado, basándose en sus experiencias de otras máquinas que cumplen un funcionamiento similar o igual aplicando esto a cada parte de la máquina teniendo en cuenta que los resultados pueden favorecer al diseño, ya que muestran buenos resultados. (Kern, 1979) lo denomina como materiales de ingeniería de partes similares. El método tradicional al ser usado en grandes cantidades llega muchas veces a generar una estandarización del stock 10 de materiales. Por esta razón, es mucho más sencillo obtener cierto tipo de materiales tales como el acero o aluminio.

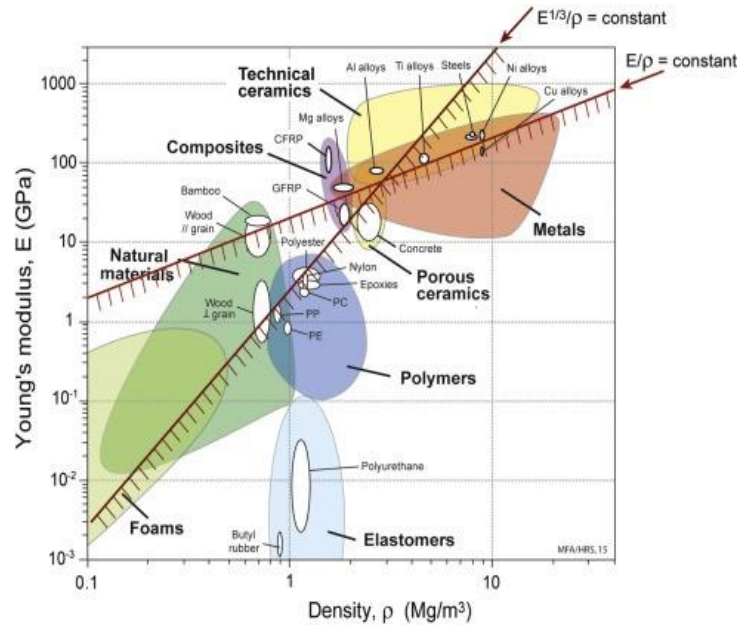
- **Método gráfico.**

En este se utilizan los mapas de materiales los cuales presentan gráficas de los materiales presentando sus propiedades que se llegan a relacionar. Este únicamente se usa en la sección de diseño conceptual. Dentro de las gráficas se tendrá materiales de la misma familia, esto basándonos en las propiedades de cada material dentro de la gráfica que llevan una misma relación. Los diagramas de Ashby son empleados dentro de este método permitiendo tener una comparación de varios materiales donde se muestran propiedades y estos a su vez dependen de zonas o campos donde también pueden existir variaciones entre los miembros de una misma familia de materiales. A continuación, se muestra en la figura 1 un

ejemplo de un diagrama de Ashby, posteriormente de hacer una preselección del material con las propiedades necesarias se verifica si existe la disponibilidad, su costo y durabilidad del mismo para seleccionarlo.

**Figura 2**

*Gráfica de elección de material*



**Nota:** Gráfico de selección de materiales, que muestra el módulo E de Young frente a la densidad. Se muestran dos líneas de índice para un diseño ligero con rigidez limitada. Tomado de (Shercliff & Ashby, 2016).

- Método con ayuda de bases de datos.

Con la tecnología existente el internet se ha vuelto una herramienta perfecta para la selección de materiales permitiendo con ayuda de bases de datos encontrar materiales, muchas de ellas de libre acceso o puestas a la venta para empresas que buscan un amplio catálogo de materiales. Estas son resultado de ensayos de materiales. Las bases de datos se pueden dividir en categorías numéricas y de referencia bibliográfica. Dentro de estas se encuentran bases de datos como la AST, SAE, ASM, entre otros. También se puede dar uso a programas que permiten la obtención de grandes bases de datos que a su vez pueden ser útiles para el

diseño y simulación permitiendo al ingeniero identificar y seleccionar de manera adecuada y precisa un tipo de material para cierto elemento. Algunos de estos programas pueden ser: COMSOL, SOLIDWORKS, AUTODESK SIMULATION, ETBX, ANSYS, entre otros.

#### **4.2.3. Criterios de diseño.**

El diseño de máquinas se centra según (Romeva Riba, 2008) fundamentalmente por los materiales sólidos que realizan funciones estructurales, funciones de guiado y otras funciones (contención de líquidos, protección, aspectos estéticos y relación con el usuario). Es por esta razón, que el diseño de una máquina es esencial para obtener un artefacto útil y funcional para el usuario siguiendo las necesidades del cliente. Este diseño puede ser completamente nuevo o consistir de un componente modificado.

De acuerdo con (Pahl & Beitz, 2007) se habla de tres tipos de diseño los cuales son:

- **Diseño original.**

Este consiste en crear y elaborar un diseño de algo mediante un principio original. Puede ser realizado mediante combinación de principios y tecnologías conocidas, o generando una completamente nueva.

El término diseño original también se utiliza cuando las tareas existentes o ligeramente modificadas se resuelven utilizando nuevos principios de solución. (Pahl & Beitz, 2007). Estos pasan por todas las fases de diseño y dependen de fundamentos del proceso, requiriendo un análisis técnico y económico detallado.

- **Diseño adaptativo.**

Este tipo de diseño consiste en la aplicación de un sistema ya conocido a una nueva área. Con un principio de solución conocido similar. (Pahl & Beitz, 2007) nos dicen que, en este tipo de diseño, el énfasis está en cuestiones geométricas (resistencia, rigidez, etc.), producción y materiales. En algunos casos puede ser necesario diseñar conjuntos o componentes individuales originales.

- **Diseño de variante.**

Este consiste en realizar alteraciones de ciertos parámetros y aspectos de un sistema, siguiendo la función y principio de solución del mismo.

(Pahl & Beitz, 2007) hablan de que, en el diseño de variantes, los tamaños y



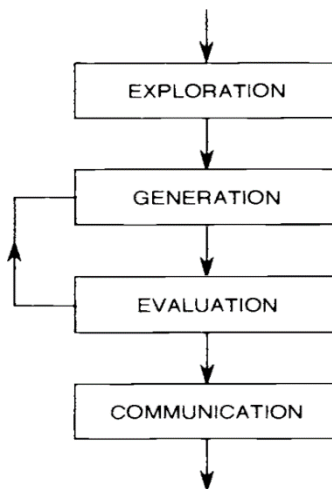
disposiciones de las piezas y conjuntos varían dentro de los límites establecidos por las estructuras de productos previamente diseñadas. Dentro de este tipo se requiere un solo esfuerzo para el diseño original. Incluyendo diseños en los que solo se cambia dimensiones de elementos individuales para cumplir con cierta tarea

#### 4.2.4. Proceso de diseño.

Un proceso de diseño se centra en obtener un producto que cumpla con las necesidades del usuario por esto este siempre comienza con una necesidad o en algunos casos generando una, tomando en cuenta objetivos, criterios y limitantes. Como se puede ver en la siguiente figura, existen 4 fases para un correcto modelo de proceso de diseño simple.

#### Figura 3

*Etapas del proceso de diseño*



**Nota:** Pequeño mapa secuencial que muestra las cuatro etapas de diseño (exploración de alternativas, generación de ideas, evaluación de alternativas y comunicación del diseño). Tomado de (Cross, 2000).

- Exploración de alternativas.

En esta etapa se explora el problema, se define de una mejora manera y se buscansoluciones.

- Generación de ideas.

Depende del diseñador realizar uso de su conocimiento para desarrollar algo nuevo, combinar ideas, generar nuevas o realizar modificaciones a un dispositivo ya existente.

- Evaluación de alternativas.

Verificar las alternativas propuestas previamente para asegurar que el diseño nuevo sea eficiente y asegure las necesidades del usuario.

- Desarrollo y comunicación del diseño.

Dentro de esta se tomarán en cuenta todos los principios y detalles necesarios para tener un diseño entendible presentando los parámetros necesarios como dimensiones, acabados, materiales, tolerancias, colores, entre otros. Ayudando al proceso de fabricación de cada elemento del dispositivo.

### **4.3. Condiciones iniciales.**

Se necesita de identificar las variables dadas por el prototipo fabricado para prever posibles cambios que sean adecuados dentro del sistema. Por esta razón, se seleccionan puntos importantes que nos permiten identificar capacidad, tamaño, materiales, diseño y elementos del prototipo.

#### **4.3.1. Capacidad del prototipo.**

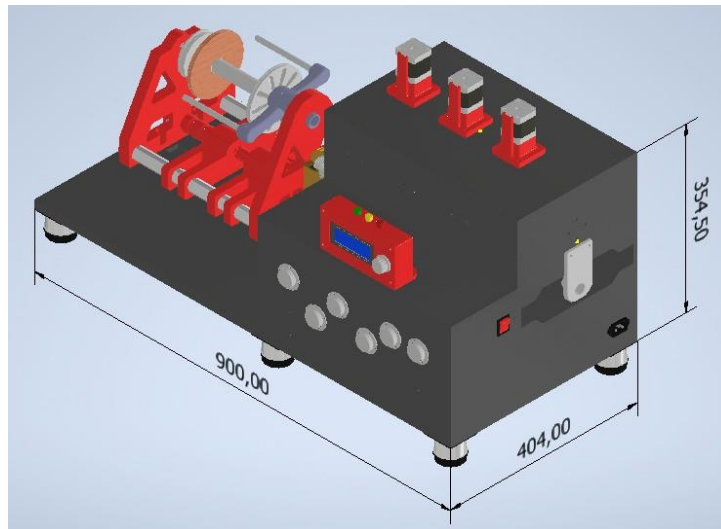
La capacidad del prototipo se refiere a la cantidad de hilo que puede llegar a producir en un determinado tiempo. En cuanto a su medición, se necesita de un mecanismo de rueda ranurada que, mediante un sensor se realiza el conteo de las ranuras para posteriormente realizar un cálculo matemático y así obtener la equivalencia en m/s.

#### **4.3.2. Tamaño del prototipo.**

El prototipo cuenta con las dimensiones que se pueden observar en la siguiente figura.

## Figura 4

### Prototipo de la máquina hiladora



**Nota:** Se presenta el prototipo con las dimensiones 900mmx404mmx354.5mm. Tomado de (Pillacela & Jumbo, 2021).

### 4.3.3. Materiales del prototipo.

#### 4.3.3.1. PLA

El material mayormente usado para el prototipo generado es el poli (ácido láctico) o poliláctico (PLA) es el poliéster alifático renovable y biodegradable más investigado y utilizado. El PLA tiene un potencial probado para reemplazar los polímeros convencionales basados en petroquímicos para aplicaciones industriales o como un biomaterial líder para numerosas aplicaciones en medicina y prototipado. (Savioli et al., 2012)

#### 4.3.3.2. MDF

Otro material aplicado al prototipo inicial es el tablero de fibra de densidad media (MDF) este es un producto de madera de ingeniería que se obtiene al descomponer los residuos de madera dura o blanda en fibras de madera, a menudo en un desfibrador, combinándolo con cera y un aglutinante de resina, y formándolo en paneles mediante la aplicación de alta temperatura y presión. (Spence, 2006)

#### **4.3.4. Diseño del prototipo.**

En el diseño del prototipo se trata sobre el diseño de sistemas que permiten el funcionamiento de la máquina hiladora de fibra de alpaca. Por esta razón, se trata el diseño del sistema mecánico y de control.

##### **4.3.4.1. Diseño mecánico.**

Dentro del diseño mecánico se toma a consideración el transporte y alimentación que permitirá el movimiento de la fibra a lo largo del dispositivo, en esta sección se realiza un estiraje y sujeción del vellón cardado. Para esto se considera un sistema de tren de engranajes y uno de sujeción conformado por cilindros que se encuentran posicionados a diferentes distancias cumpliendo los parámetros necesarios para que la fibra no llegue a romperse.

##### **4.3.4.2. Diseño de control.**

Dentro del diseño de control se deberá conocer las variables iniciales que afectan a la hiladora, para así poder obtener un diseño que cumpla con los requerimientos necesarios. La salida presenta como variable el conteo de hilo de alpaca generada en el proceso de estiraje previo. Esta variable se verá controlada mediante un microcontrolador; el cual, identificará los datos obtenidos. Enviando así, una señal a la planta que en este caso son los actuadores.

#### **4.3.5. Elementos del prototipo.**

##### **4.3.5.1. Tren de engranajes.**

Estos elementos conformados por PLA permiten el estiraje del vellón cardado acoplado a tres rodillos ranurados del mismo material. En este punto, se toman en cuenta la distancia que deberá cumplir cada rodillo según el material de entrada.

#### **4.3.5.2. Sistema de sujeción.**

En este sistema se encuentran de igual manera rodillos planos, pero que se encuentran conformados por diferente material (caucho). El brazo de sujeción del cilindro se encuentra compuesto por PLA. Estos elementos se desplazarán verticalmente con ayuda de ejes de acero cromado y un tornillo sin fin de 4 hilos sujeto a una tuerca de cobre. Los demás elementos colocados dentro de la máquina son elementos normalizados o que se encuentra dentro del mercado para cumplir sus funciones especificadas. Algunos de estos son: motores reductores y paso a paso, rodamientos, el microcontrolador STM, drivers que permiten el movimiento y control de los motores y otros elementos de sujeción y soporte conformados por diferentes materiales industriales y de prototipado.

#### **4.4. Hiladora de fibra de alpaca.**

Ya conociendo el concepto de hilado de fibras se puede identificar sus tipos de procesos y diferentes tipos de máquinas que dependen de los mismos.

##### **4.4.1. Tipos de proceso.**

El proceso de hilado dependerá del uso que se le quiera dar al hilo; pues, es de vital importancia definir las características del producto final una vez seleccionado la fibra a utilizar como materia prima. (Choquehuanca, 2009) manifiesta que una vez que se ha seleccionado y preparado la fibra para hilarla es importante pensar en el destino que se va a dar al hilo, es decir, decidir si se va a usar a palillos o a telar, y qué tipo de prendas se va a realizar, ya que de estos factores dependerá el grosor, torsión, y número de hebras de la fibra a elaborar.

El hilado de algodón se lo puede llevar a cabo mediante 2 diferentes tipos de procesos: artesanal o industrial.

##### **4.4.1.1. Artesanal.**

- Manual: La forma de hilar más simple. Solo se necesita retorcer las fibras con las manos desnudas hasta alcanzar el grosor deseado del hilo.

- Huso: El huso es una herramienta que facilita el hilado de fibras textiles con mayor exactitud y rapidez. Es un objeto de madera largo y redondo con un pequeño disco en su extremo llamado tortera. Su funcionamiento es simple también, el hilo se ata al huso y se tuerce a medida que gira.
- Rueda: También conocida como torno de hilar mecánico. Es una forma más sofisticada de huso que incorpora una rueda, un pedal o manivela y una pequeña devanadera. Se acciona de manera mecánica de manera repetitiva ya sea con la mano o con el pie. El principio de funcionamiento es el mismo, al accionar se hace girar el torno y retuerce la lana a medida que la enrolla en el huso.

#### **4.4.1.2. Industrial.**

- Hilatura de anillos: La hilatura de anillos aplica torsión mediante un husillo giratorio. A nivel industrial, la hilatura de anillos es el método más lento y más costoso debido a que requiere una serie de procesos adicionales. Sin embargo, también produce un hilo más resistente, fino y suave.
- Hilatura a rotor (Open End): La torsión aplicada se la consigue mediante un rotor giratorio. Esta tecnología de hilatura garantiza una gran productividad; además, su costo es bajo gracias a su alto rendimiento y la eliminación de fases de elaboración en comparación a la hilatura por anillos. Sin embargo, también se produce un hilo más débil y más seco, que resulta más basto al tacto.
- Hilatura por chorro de aire (Vórtex): Es un tipo de hilado desarrollado por la marca Vortex, Murata. Se aplica torsión mediante un vórtice giratorio de aire comprimido. Este tipo de hilatura ofrece alta productividad y un bajo costo al igual que la hilatura a rotor; sin embargo, este hilo también resulta más débil y posee una gama limitada de título del hilo que la hilatura de anillos o por rotor.

#### **4.4.2. Máquinas para hilar**

##### **a) Máquina de hilatura artesanal.**

Rueda eléctrica.

El e-Spinner 3 es la hiladora electrónica más pequeña, ligera y versátil de todos los

tiempos. (Ashford, s.f.)

b) Máquina de hilatura industrial.

Telar de chorro de aire.

Para satisfacer las variadas demandas de nuestros estimados clientes, nos dedicamos a la fabricación, comercialización y suministro de una gama exclusiva de Air Jet Loom. (Indiamart, s.f.)

## 5. Marco metodológico

### 5.1. Metodología de la investigación

**Tabla 1**

*Metodología de la investigación*

<b>ENFOQUE</b>	<b>ALCANCES:</b>
<b>INVESTIGACIÓN</b>	<b>1. EXPLORATORIO</b>
<b>Cuantitativa:</b> Análisis de las condiciones iniciales de la hiladora de fibra de alpaca	Identificar los parámetros de intervienen en el proceso de producción de hilado de fibra de alpaca
<b>TIPO</b>	<b>2. DESCRIPTIVO</b>
<b>Aplicada:</b> Resolver y mejorar el proceso de producción en el GAD parroquial del Tambo.	Aplicar conceptos de diseño, programación y control.
<b>DISEÑO</b>	<b>3. CORRELACIONAL</b>
<b>Experimental:</b> Modificar las condiciones de la máquina para observar que efecto produce en la optimización.	Asocia las variables de diseño con el hilado de la fibra de alpaca.
	<b>4. EXPLICATIVO</b>
	Comprender como el diseño y control de una máquina hiladora influyen en el proceso de producción.

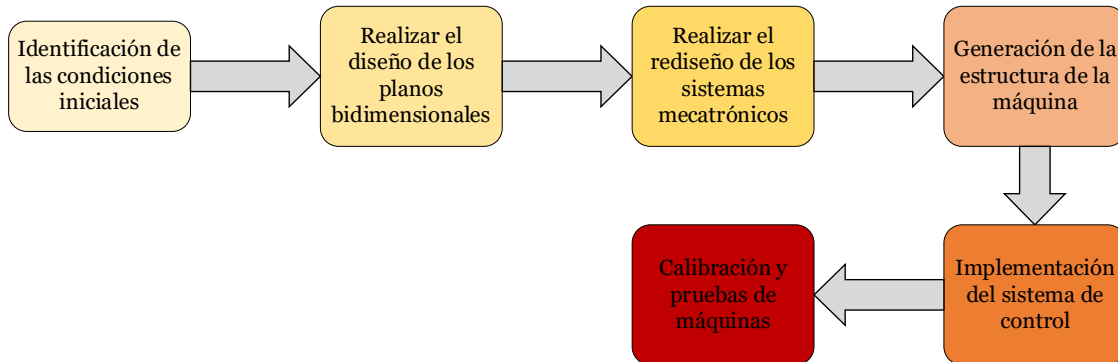
**Nota:** Se indica una table que presenta la metodología a seguir en el trabajo de titulación

## 5.2. Metodología del proceso

La figura siguiente presenta el proceso de investigación para el desarrollo del trabajo de titulación.

**Figura 5**

*Método del proceso*



**Nota:** Se muestra un diagrama secuencial que define el método del proceso que se seguirá a lo largo del trabajo de titulación. Diagrama realizado en el software Visio.

### 5.2.1. Condiciones iniciales de la hiladora de fibra de alpaca.

Para poder establecer de mejor manera el estado actual del prototipo de la hiladora de fibra de alpaca, se necesitó de los documentos y archivos correspondientes a los programas utilizados por los compañeros que realizaron este proyecto con anterioridad. Además de ello, se necesitó del mismo prototipo para poder determinar el rendimiento con el que este trabajaba además de observar el deterioro de sus materiales al estar cumpliendo parte de su periodo de ciclo de vida. A continuación, se darán a detallar las condiciones iniciales más relevantes y, por lo tanto, las que se van a considerar para posteriormente realizar sus respectivas mejoras como propuesta de optimización para este proyecto.



### 5.2.1.1. Diseño del prototipo.

#### 5.2.1.1.1. Diseño mecánico del prototipo.

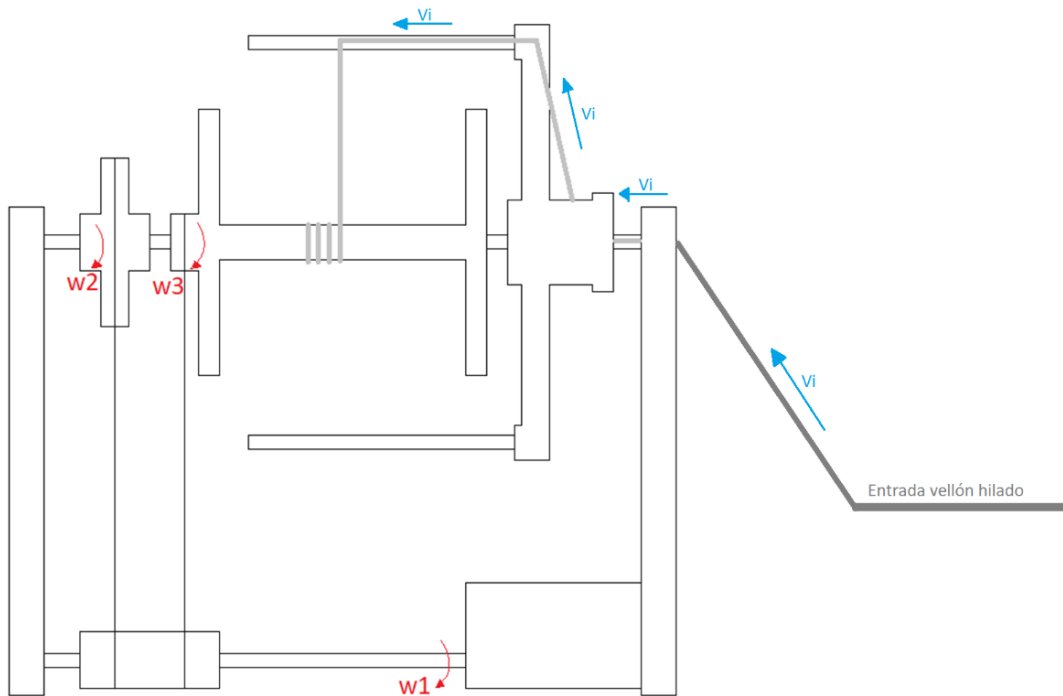
Para establecer de mejor manera el estado actual del diseño mecánico de todo el prototipo, se lo ha dividido en subconjuntos con el fin de poder detallar en cada uno de estos de manera más específica. A continuación, se detallan características como las dimensiones, peso y material, así como características de funcionamientos mecánicos de cada uno de estos conjuntos.

#### Hiladora

La hiladora de este prototipo es de modelo "Double Drive". Este diseño permite mediante relación de poleas recoger el hilo en la bobina mientras se realiza su torsión. En la siguiente figura se puede observar un diagrama del funcionamiento del sistema de transmisión de poleas diseñado para la hiladora.

#### Figura 6

*Funcionamiento de la hiladora double drive*



**Nota:** Se presenta un diagrama que permite al receptor comprender de mejor manera el funcionamiento del bobinado del hilo producido. Diagrama realizado en el software Autodesk AutoCAD Mechanical 2022.

El mecanismo permite que la velocidad  $\omega_1$  de la polea conductora se transmita a diferentes velocidades a las poleas conducidas  $\omega_2$  y  $\omega_3$ . Para este diseño se consideró que la polea correspondiente de transmitir velocidad al huso, posea un diámetro inferior a la polea del volante; esto con el propósito de que, al existir diferencia entre la velocidad de giro del huso  $\omega_3$  con la velocidad de giro del volante  $\omega_2$ , se podrá permitir que el sistema recoja el hilo mientras a su vez se realiza su torsión. En cuanto a los materiales y peso aproximado del conjunto, podemos observar estos datos de mejor manera en la siguiente tabla:

**Tabla 2**

*Elementos y partes de la hiladora*

<b>Elemento</b>	<b>Estado</b>	<b>Material</b>	<b>Peso [kg]</b>	<b>Nº Piezas</b>	<b>Peso T. [kg]</b>
Acople motor	Deteriorado	PLA	0.009	1	0.009
Agarre base motor	Aceptable	PLA	0.130	4	0.520
Banda de transmisión	Aceptable	PU	0.050	2	0.100
Base 1 – Hiladora	Aceptable	PLA	0.178	2	0.356
Base 2 – Hiladora	Aceptable	PLA	0.178	2	0.356
Base de eje	Aceptable	PLA	0.160	1	0.160
Base de motor	Aceptable	PLA	0.181	1	0.181
Base salida – Sujeta rodamiento	Aceptable	PLA	0.020	1	0.020
Carrete	Aceptable	PLA	0.071	1	0.071
Polea de arrastre	Desgastado	PLA	0.044	1	0.044
Sujeta rodillo – Entrada	Aceptable	PLA	0.311	1	0.311
Sujeta rodillo – Salida	Aceptable	PLA	0.270	1	0.270
Tapa bobina	Aceptable	PLA	0.082	1	0.082
Tubo aluminio	Aceptable	Aluminio	0.079	2	0.158
Tubo carrete	Aceptable	PLA	0.049	1	0.049
Varilla 7mm	Aceptable	Acero Cromado	0.076	1	0.076
Varilla lateral	Aceptable	Acero Cromado	0.079	2	0.158
Volante	Aceptable	PLA	0.180	1	0.180
<b>Peso total [kg]:</b>					<b>3.101</b>

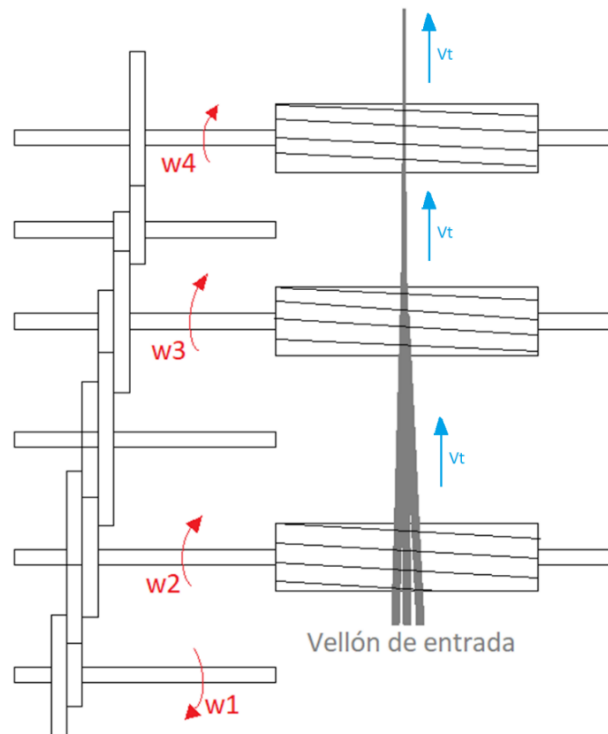
**Nota:** Especificaciones de los materiales que conforman el sistema de hilado. Datos obtenidos mediante el uso del software Autodesk Inventor Professional 2022.

## Tren de engranajes.

El sistema de tren de engranajes tiene como objetivo realizar el estiraje y transportar el vellón de la lana de alpaca a la hiladora; es decir, el tren de engranajes funciona como parte del sistema de alimentación para el proceso de hilado.

### Figura 7

*Funcionamiento del tren de engranajes*



**Nota:** Se presenta un diagrama que permite al receptor comprender de mejor manera el cómo se realiza el transporte del vellón. Diagrama realizado en el software Autodesk AutoCAD Mechanical 2022.

Para ello, el mecanismo fue diseñado de tal manera que mediante la acción de un solo actuador (motor), se lleguen a transmitir diferentes velocidades a diferentes ejes mediante el uso de piñones. Existen 3 velocidades de interés las cuales se transmitirán a sus respectivos ejes y sobre estos, se encontrarán acoplados 3 rodillos ranurados que serán los encargados de transportar el vellón. Además, el diseño considera las diferentes posiciones en las que deben estar distribuidos los rodillos ranurados, así como las dimensiones que estos deben poseer.

Estas ubicaciones y velocidades dependen del material a transportar; al tratarse de vellón de fibra de lana de animal, se planteó el mecanismo de tal forma que se realice un proceso de estiraje y transporte junto al mecanismo de sujeción. Si las velocidades de los rodillos son diferentes entre sí, más precisamente si el rodillo posterior tiene una velocidad mayor al anterior, se conseguirá realizar un proceso de estiraje. Por otra parte, al encontrarse distribuidos los rodillos a distancias específicas entre sí, se permite realizar un transporte seguro en función de la longitud del vellón sin riesgo a realizarse una ruptura del mismo durante el proceso. En cuanto a los materiales y peso aproximado de este conjunto, podemos observar estos datos de mejor manera en la siguiente tabla:

**Tabla 3**

Elementos y partes del tren de engranajes

<b>Elemento</b>	<b>Estado</b>	<b>Material</b>	<b>Peso [kg]</b>	<b>Nº Piezas</b>	<b>Peso T. [kg]</b>
Acople	Desgastado	PLA	0.003	1	0.003
Base de motor	Aceptable	PLA	0.077	1	0.077
Chaveta	Aceptable	Acero Cromado	0.003	11	0.033
Eje 1	Aceptable	Acero Cromado	0.100	1	0.1
Eje 2	Aceptable	Acero Cromado	0.252	1	0.252
Eje 3	Aceptable	Acero Cromado	0.100	1	0.1
Eje 4	Aceptable	Acero Cromado	0.252	1	0.252
Eje 5	Aceptable	Acero Cromado	0.100	1	0.1
Eje 6	Aceptable	Acero Cromado	0.250	1	0.25
Piñón Z1	Desgastado	PLA	0.118	1	0.118
Piñón Z10	Desgastado	PLA	0.031	1	0.031
Piñón Z11	Desgastado	PLA	0.050	1	0.05
Piñón Z12	Desgastado	PLA	0.115	1	0.115
Piñón Z2	Desgastado	PLA	0.050	1	0.05
Piñón Z3	Desgastado	PLA	0.011	1	0.011
Piñón Z4	Desgastado	PLA	0.115	1	0.115
Piñón Z5	Desgastado	PLA	0.100	1	0.1
Piñón Z6	Desgastado	PLA	0.023	1	0.023
Piñón Z7	Desgastado	PLA	0.040	1	0.04
Piñón Z8	Desgastado	PLA	0.115	1	0.115
Piñón Z9	Desgastado	PLA	0.100	1	0.1
Rodillo dentado	Aceptable	PLA	0.103	3	0.309
<b>Peso total [kg]:</b>					<b>2.344</b>

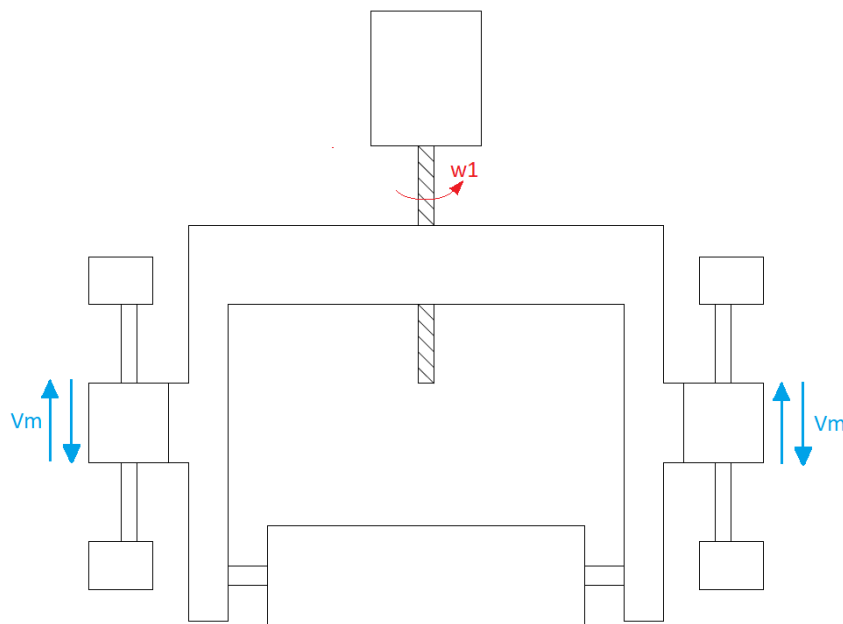
**Nota:** Especificaciones de los materiales que conforman el sistema del tren de engranajes. Datos obtenidos mediante el uso del software Autodesk Inventor Professional 2022.

## Sujeción

Este conjunto permite realizar presión del vellón sobre los rodillos ranurados mediante el uso de 3 cilindros de caucho con dureza Shore 30. El propósito es que, a medida que el tren de engranajes transporta el material, este mecanismo brinde dicha presión para obtener un correcto estiraje del vellón. Para ello, el prototipo diseñó el mecanismo de tal manera que cada uno de estos cilindros de caucho se puedan posicionar a diferentes alturas sobre sus respectivos rodillos ranurados; esto debido a que cada posición específica, permitirá obtener un tipo de presión determinada para el proceso de estiraje.

### Figura 8

*Funcionamiento del sistema de sujeción*



**Nota:** Se presenta un diagrama que permite al receptor comprender de mejor manera el cómo se realiza la presión del vellón sobre los rodillos ranurados. Diagrama realizado en el software Autodesk AutoCAD Mechanical 2022.

Para realizar el posicionamiento vertical de los cilindros, cada uno de estos se encuentran acoplados a brazos los cuales se desplazarán por ejes verticales, mismos que se encuentran sujetos a la parte estructural de la máquina. A su vez, estos brazos se

encuentran sujetos a tornillos sin fin, los cuales al estar acoplados cada uno a su respectivo actuador (motor paso a paso), se realiza la transmisión del movimiento que permite al cilindro realizar dicho desplazamiento vertical.

En cuanto a los materiales y peso aproximado del conjunto, podemos observar estos datos de mejor manera en la siguiente tabla:

**Tabla 4**

*Elementos y partes del sistema de sujeción*

<b>Elemento</b>	<b>Estado</b>	<b>Material</b>	<b>Peso [kg]</b>	<b>Nº Piezas</b>	<b>Peso T. [kg]</b>
Acople flexible	Aceptable	Aluminio	0.020	3	0.06
Alma rodillo	Aceptable	PLA	0.107	3	0.321
Base motor PAP	Aceptable	PLA	0.634	3	1.902
Brazo	Aceptable	PLA	0.244	3	0.732
Caucho silicona	Desgastado	Silicona	0.050	3	0.15
Eje rodillo	Aceptable	Acero Cromado	0.103	3	0.309
Perfil	Aceptable	Aluminio	0.605	1	0.605
Rodamiento lineal	Aceptable	Aluminio	0.043	6	0.258
Soporte de Viga	Aceptable	Aluminio	0.040	2	0.08
Soporte eje	Aceptable	Aluminio	0.024	12	0.288
Sujeción de rodillo	Deteriorado	PLA	0.008	6	0.048
Tapa sujeción	Aceptable	PLA	0.006	6	0.036
Tornillo sinfin	Aceptable	Acero	0.039	3	0.117
Tuerca bronce	Aceptable	Bronce	0.011	3	0.033
Varilla	Aceptable	Acero Cromado	0.039	6	0.234
<b>Peso total [kg]:</b>					<b>5.173</b>

**Nota:** Especificaciones de los materiales que conforman el sistema de sujeción. Datos obtenidos mediante el uso del software Autodesk Inventor Professional 2022.

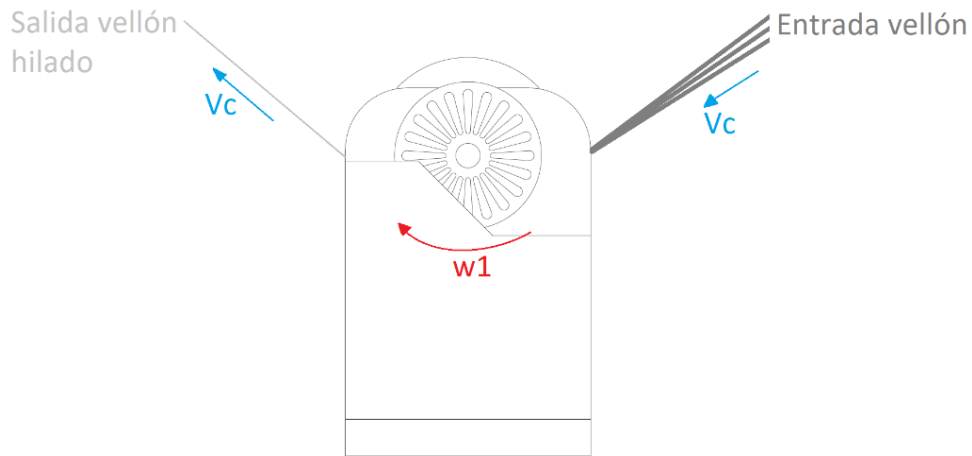
### **Sistema de conteo**

Para realizar la cuantificación de vellón hilado, el prototipo requiere utilizar de un sistema de conteo que utiliza el principio de un encoder. Este mecanismo relaciona la transmisión de movimiento de una polea a una rueda ranurada que sirve como disco codificador. Para que este movimiento se produzca, se necesita que a medida que el vellón se transporta rozando la polea, la fricción generada permite a la misma girar y,

por lo tanto, al transmitir este movimiento a la rueda ranurada, se realiza el conteo de sus respectivas ranuras.

### Figura 9

*Funcionamiento del sistema de conteo*



Nota: Se presenta un diagrama que permite al receptor comprender de mejor manera el cómo se realiza la cuantificación del vellón hilado. Diagrama realizado en el software Autodesk AutoCAD Mechanical 2022.

Para el prototipo desarrollado anteriormente, la rueda ranurada posee un diámetro de 66mm y 30 ranuras por cada revolución, mientras que, por otra parte, la polea posee un diámetro de 68mm. En la máquina prototipo de la hiladora, se utilizó la rueda ranurada para relacionar su perímetro con la longitud de fibra de alpaca que se transporta a través de este; por lo que, se establece que por cada vuelta realizada por esta rueda se ha realizado 207.34mm de hilado de fibra de alpaca.

Si bien en este prototipo se llega a cuantificar la cantidad de hilo procesado, no es utilizado más allá como valor de referencia para cumplir con el control encendido/apagado del sistema semiautomático de la hiladora, es decir, no se llega a determinar la velocidad con la que la máquina realiza el hilado. Por otro lado, la interfaz tampoco permite al usuario saber la cuantificación de hilo que se lleva procesando en tiempo real. En cuanto a los materiales y peso aproximado de la máquina, podemos observar estos datos de mejor manera en la siguiente tabla:

**Tabla 5***Elementos y partes del sistema de conteo*

<b>Elemento</b>	<b>Estado</b>	<b>Material</b>	<b>Peso [kg]</b>	<b>N° Piezas</b>	<b>Peso T. [kg]</b>
Base polea contador	Aceptable	PLA	0.501	1	0.501
Encoder	Desgastado	PLA	0.010	1	0.010
Polea contadora	Desgastado	PLA	0.072	1	0.072
<b>Peso total [kg]:</b>					<b>0.583</b>

**Nota:** Especificaciones de los materiales que conforman el sistema de conteo. Datos obtenidos mediante el uso del software Autodesk Inventor Professional 2022.

#### **5.2.1.1.2. Diseño electrónico del prototipo.**

Como parte electrónica del prototipo, se consideran los diferentes elementos utilizados como fuentes de alimentación, sensores y actuadores, elementos de potencia y control, tarjetas y microprocesadores, etc. Se tomaron en cuenta los elementos electrónicos que más influyen y son totalmente necesarios dentro de este sistema mecatrónico para su respectiva interpretación de funcionamiento y utilidad.

##### **Interfaz máquina.**

La interfaz cuenta con una pantalla LCD 20x4 I2C como medio de visualización. En esta pantalla el usuario puede observar diferentes menús en los que se darán indicaciones y opciones a elegir para poder comandar la máquina. Por otra parte, para poder interactuar con la misma para la emisión de datos, los compañeros optaron por el uso de un encoder rotatorio electromecánico en lugar de varios botones. Este encoder posee 5 pines de conexión de los cuales 3 son canales de salidas que permitirán a posterior ser utilizados para diferentes indicaciones u órdenes a realizar por la máquina.

##### **Sensores.**

Para planta correspondiente al funcionamiento total del sistema mecatrónico, se requirieron de los siguientes sensores como elementos de medición y elementos receptores de señal a cualquier cambio en el proceso.

- Sensor para la cuantificación de hilado



Para realizar el conteo de la cantidad de vellón hilado, se necesita además del uso del sensor, un sistema de conteo como se lo explicó en el anterior segmento. En cuanto a las características del sensor, se requiere de un dispositivo que permita obtener señales digitales de interrupción tan rápido como sea la velocidad de arrastre del vellón. El dispositivo utilizado es un sensor FC-03 de tipo infrarrojo.

- Sensor para la detección de hilo

Como elemento de seguridad al proceso, se introdujo un sensor a la salida de la caja de alimentación. Este sensor emite señales digitales cada vez que detecta ausencia de vellón en la salida; por lo que, su función es emitir señales de alerta o de finalización de proceso forzado debido a la posible ruptura o falta de alimentación del vellón en el sistema de tren de engranajes y sujeción.

- Fin carreras

Para el sistema de sujeción, se requiere el uso de sensores como elementos de seguridad que permitan finalizar el posicionamiento de los motores paso a paso a una altura específica. El objetivo es evitar colisión entre los diferentes puntos de la estructura de la máquina con los brazos que sujetan los cilindros; además, se puede utilizar esta posición como punto de calibración para la posterior posición final de los brazos.

## **Actuadores**

Existen un total de 5 actuadores que permiten dar inicio los procesos mecánicos de cada uno de los diferentes conjuntos y, por lo tanto, dar inicio al proceso de hilado en toda la planta.

- Motor para la hiladora

Para la hiladora se requiere de un único actuador, pues el volante y el huso serán impulsados, como se explicó anteriormente, por la misma entrada; es decir, el mismo motor será el encargado de transmitir diferentes velocidades a los 2 elementos descritos. Como características del motor utilizado, se tiene la velocidad de giro de su eje de 1500rpm. Por otra parte, no se especifica el torque requerido para mover la hiladora y, por lo tanto, tampoco se informa el torque necesario para el motor.

- Motor para el tren de engranajes

Al igual en el sistema de la hiladora, se requiere de un único motor para comenzar con el trabajo del mecanismo del tren de engranajes. En función del diseño propuesto para este prototipo, se dio uso de un motor 25G4-370, este posee un torque de 0.240 Nm y una velocidad de 60rpm.

- Motores para el sistema de sujeción

Como se explicó en el funcionamiento mecánico de este sistema, se requiere posicionar cada uno de los cilindros de caucho a diferentes alturas; por lo que, el control exige el uso de un actuador para cada uno de los brazos que sostienen los cilindros. Debido a que todos los brazos poseen el mismo peso y dimensionamiento, los 3 motores requerirán de las mismas características de potencia. El motor elegido para este trabajo fue un motor paso a paso “NEMA 17”. El torque que logra ejercer es de 0.4 Nm; a su vez, son capaces de recorrer 200 pasos por revolución.

### **Microcontrolador**

La elección del microcontrolador dependió directamente de la fiabilidad de funcionalidad que este debe poseer para que el sistema pueda operar sin paros innecesarios por errores internos del procesador. La tarjeta que se utilizó para este prototipo fue la STM32F411E, pues esta posee la cantidad de entradas y salidas suficientes para todos los elementos que conforman la planta y, a su vez, posee los periféricos necesarios para los diferentes comandos y codificaciones que se deseen programar.

### **Fuentes de alimentación**

Debido a que todos los elementos ocupados dentro del sistema electrónico consumen 5V o 12V, se dio uso de 2 fuentes de alimentación con estos valores de voltaje respectivamente. En cuanto al suministro de corriente, se calculó primero el mínimo necesario para el correcto funcionamiento de los elementos, y así, en posterior poder determinar la corriente necesaria de todos estos elementos según su voltaje de alimentación.

**Tabla 6***Corriente necesaria para la fuente de 12V*

<b>Componentes (12V)</b>	<b>Consumo (A)</b>
Motor DC de 12V, 60 Rpm	0.65 A
Motor paso a paso Nema 17	1.2 -1.8 A
Motor paso a paso Nema 17	1.2 – 1.8 A
Motor paso a paso Nema 17	1.2 – 1.8 A
Motor DC 12V Hiladora	2 A
<b>Total</b>	<b>8.05 Amperios</b>

**Nota:** Cálculo de la corriente para selección de la fuente de 12V. (Pillacela & Jumbo, 2021)

**Tabla 7***Corriente necesaria para la fuente de 5V*

<b>Componentes (5V)</b>	<b>Consumo (A)</b>
LCD 20x4	50 mA
Sensor FC-03	50 mA
Sensor de proximidad	20 mA
Indicadores LED	75 mA
STM32f411 e disco	100 mA
<b>Total</b>	<b>265 mA</b>

**Nota:** Cálculo de la corriente para selección de la fuente de 5V. (Pillacela & Jumbo, 2021)

### **5.2.1.1.3. Diseño estructural del prototipo.**

El diseño estructural de la máquina consiste en un ensamble de diferentes paredes y bases de material MDF usando diferentes técnicas como lo es la junta a cola de milano. Para realizar este tipo de ensamble, se requiere que las paredes estén manufacturadas de forma trapezoidal para que la unión sea segura y con ajuste perfecto.

Por otra parte, posee también tornillos como medio de sujeción además de los métodos empleados de ensamble para unión de maderas. A su vez, también posee diferentes soportes de aluminio que brindan una mejor resistencia estructural a toda la máquina.

### **5.2.2. Optimización mecánica y electrónica de una hiladora de fibra de alpaca**

En este capítulo se presenta la propuesta de la parte mecánica y electrónica. Posterior a la definición de las condiciones iniciales y con el estudio del proceso de hilado respectivamente realizado, se tiene como finalidad obtener, estudiar y alcanzar valores que se encuentren dentro de los parámetros adecuados para la producción de hilo de fibra de alpaca. Para estos se definió los materiales y diseños que llevarán un cambio con respecto al prototipo buscando realizar un mejor trabajo por parte de la máquina y de sus componentes, y en algunos casos simplificar la cantidad de material de cada sección presente en la máquina. Es por esta razón, que:

En primera instancia, se toma en cuenta la base principal del proceso, el cual se encuentra definido por la hiladora, siendo la principal sección de toda la máquina ya que realiza los trabajos más importantes de torsión y bobinado.

A continuación, se definen sistemas mecánicos que permite la alimentación del hilo hacia la sección de hilado, donde se ostenta un estiraje sobre la fibra para mejorar la uniformidad en el hilo.

Finalmente, se define un sistema de control con ayuda de un sistema electrónico y eléctrico donde se hace uso de un sistema de conteo, tomando en cuenta que la interfaz usuario-máquina sea de fácil entendimiento para el operador.

#### **5.2.2.1. Selección de materiales para el diseño de la máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca.**

Se vio factible el cambio de materiales con respecto al prototipo; para estos se realizó un estudio mediante selección de materiales gráficamente, tradicionalmente y aplicado mediante diagramas de Ashby.

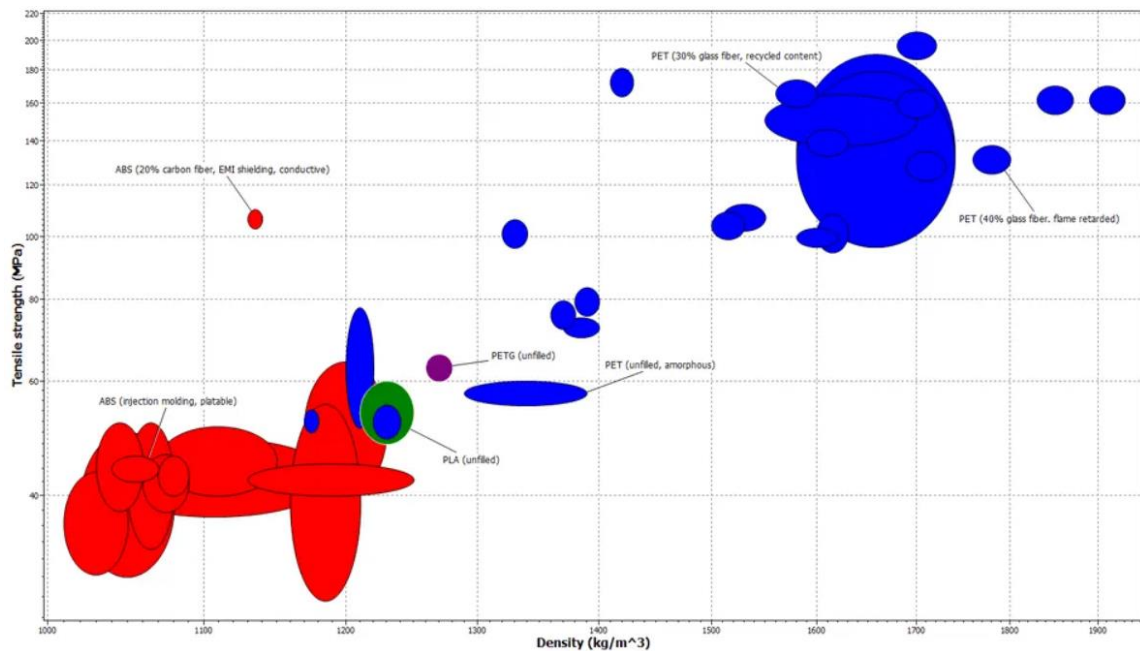
##### **5.2.2.1.1. Fabricación aditiva para componentes complejos**

En esta sección, se mantiene el tipo de tecnología usado para la generación de componentes complejos, con la diferencia de que se realizó un cambio en el material. Para esto, se aplica el método de selección de material mediante diagrama de Ashby, en el cual al definir la tensión a la tracción (MPa) se logra identificar que el PETG a comparación del PLA, cuenta con una mayor densidad. También cuenta con una mayor

resistencia a la tracción, lo que permite definir que el PETG es un polímero que tendrá mayor capacidad de resistencia antes de llegar a su punto de ruptura cuando se encuentre en su máxima tensión. Finalmente, se define un mínimo requerido de densidad y uno para la resistencia a la tracción dándonos como mejor alternativa, el material PETG.

**Figura 10**

*Diagrama de Ashby (PETG, ABS, PLA).*



**Nota:** Diagrama de Ashby donde se identifica las limitantes mínimas para la selección del material, en el caso del PETG (en color morado) se identificó como factible ya que cuenta con las características necesarias. (Keane, 2021)

Ya con el material establecido, se produce otras comparaciones mediante el método tradicional. En el mismo se determina que el PETG (2.1 GPa) tiene un módulo de elasticidad más alto que el PLA (2.3 GPa); por lo tanto, resulta menos frágil. Cuando se manufactura en capa fina, resulta ser un material que se puede doblar sin romper; no obstante, en espesores mayores consigue una consistencia significativa. Para capas altas, se consigue una tenacidad considerable que lo permite resistir golpes y esfuerzos a compresión o a tracción más altos en comparación al material PLA.

### 5.2.2.1.2. Selección de ejes y acoples.

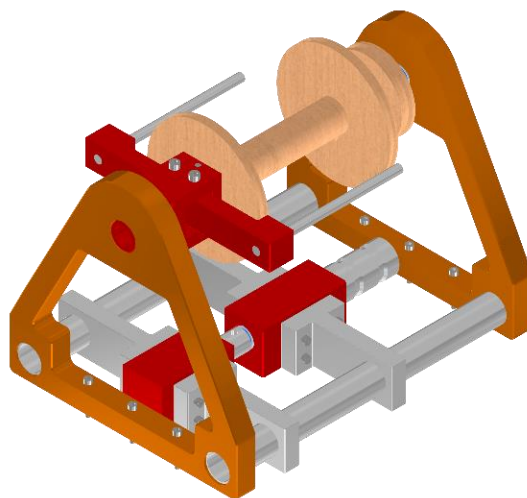
Para la siguiente selección se utilizó el método tradicional, además del apoyo de fuentes de conocimiento con experiencia en este tipo de elementos. Se logró identificar factible el uso de acero cromado y acero plata (tratado) que evita la corrosión del material y no afecta en el diámetro del componente a largo plazo. A su vez, este último es uno de los materiales mayormente usados dentro de los trenes de engranajes y aplicado al uso de transmisión mecánica. Por otra parte, se utilizó aluminio para los acoples evitando así la ruptura de los mismo, limitando y evitando el mayor peso posible sobre los elementos que se sujeten a estos.

### 5.2.2.2. Diseño de la hiladora double drive

Para la hiladora, se considera el desarrollo de un modelo que cumpla con las condiciones de un sistema double drive, es decir, se debe garantizar que el volante y la bobina sean impulsados por el mismo motor a diferentes velocidades mediante un mecanismo de poleas. Esta diferencia de velocidades permite recoger el vellón hilado mientras a su vez se realiza la torsión del mismo. Los planos de cada una de las partes que componen la hiladora se encuentran en la sección de anexos. En la figura 11, se puede observar el diseño tridimensional correspondiente a la hiladora double drive.

**Figura 11**

*Hiladora*



**Nota:** Representación tridimensional de la hiladora de fibra de alpaca. Modelo 3D realizado en Autodesk Inventor 2022.

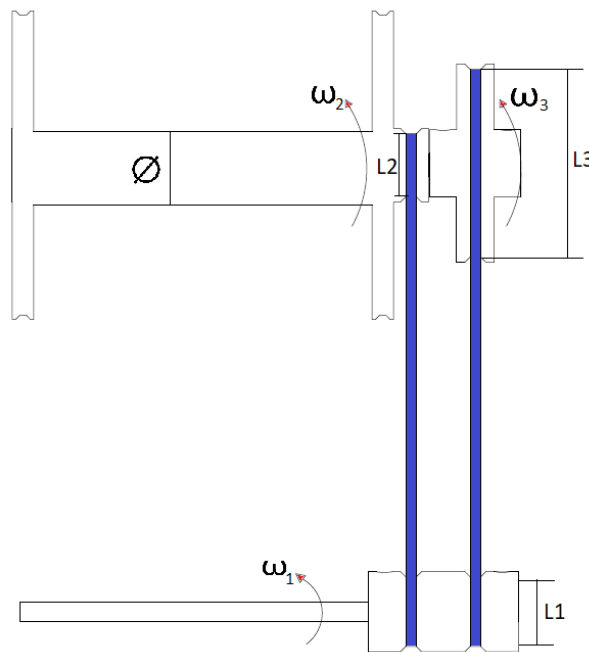
Para el modelo tridimensional se toma en cuenta los materiales y elementos respectivos diseñados e identificados en el ANEXO D.

#### 5.2.2.2.1. Cálculo velocidad de producción.

Para poder determinar la velocidad de producción, es necesario determinar la cantidad de vellón hilado en un tiempo determinado. Para ello, se necesita calcular la velocidad de arrastre del vellón, la cual es igual a la diferencia entre la velocidad con la que gira el huso  $\omega_2$  y la velocidad con la que gira el volante  $\omega_3$ . Esto se puede observar mejor en la siguiente figura.

**Figura 12**

Sistema de transmisión de la hiladora.



**Nota:** DCL para el cálculo de velocidad de producción de la máquina hiladora double drive. Diagrama realizado en el software Autodesk AutoCAD Mechanical 2022

Como datos tenemos la velocidad del motor  $\omega_1 = 2420 \text{ rpm}$ . A su vez, L1 representa el diámetro de la polea conductora y su valor es de 26mm, L2 representa el diámetro de la polea conducida del huso y su valor es igual a L1, finalmente L3 con un valor de 70mm representa el diámetro de la polea conducida del volante.

Al realizar el cálculo de transmisión por correa de relación simple, tenemos que la velocidad de giro del huso es de:

$$\begin{aligned}\omega_1 L1 &= \omega_2 L2 \\ (2420 \text{ rpm})(26\text{mm}) &= \omega_2(26\text{mm}) \\ \omega_2 &= 2420 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Por otra parte, para la velocidad de giro del volante tenemos:

$$\begin{aligned}\omega_1 L1 &= \omega_3 L3 \\ (2420 \text{ rpm})(26\text{mm}) &= \omega_3(70\text{mm}) \\ \omega_3 &= 898.857 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Finalmente, si determinamos la diferencia entre estas velocidades, obtendremos la velocidad de arrastre.

$$\omega_2 - \omega_3 = 2420 \text{ rpm} - 898.857 \text{ rpm} = 1521.143 \text{ rpm} = 25.352 \text{ rps}$$

Si observamos la figura se puede determinar que la cantidad de vellón hilado será igual al perímetro del huso al cumplirse una revolución de la velocidad de arrastre. El diámetro del huso tiene un valor igual a  $\phi = 29.6\text{mm}$ . Por lo tanto, tenemos:

$$\begin{aligned}P_{huso} &= \pi\phi = \pi(29.6\text{mm}) = 92.991\text{mm} \\ V_{hilado} &= \left(\frac{92.991\text{mm}}{1\text{vuelta}}\right) \left(\frac{25.352\text{vueltas}}{\text{segundo}}\right) = 2.357 \text{ mm/s}\end{aligned}$$

### 5.2.2.3. Diseño del tren de estiraje para alimentación de la hiladora.

El tren de estiraje se define en base a una función de estiraje (E) el cuál en caso de que la máquina sea manual se encuentra definido por la mano de artesano; mientras que en el caso de un tren de estiraje, se define mediante valores numéricos, usualmente menores a dos. El método de estiraje se basa en 3/3, similar a 4/4 el cuál consta de tres rodillos dentados y tres adhesivos que se colocarán encima de los helicoidales dentados o acanalados para generar estiraje sobre el vellón. (Mena, 2000)

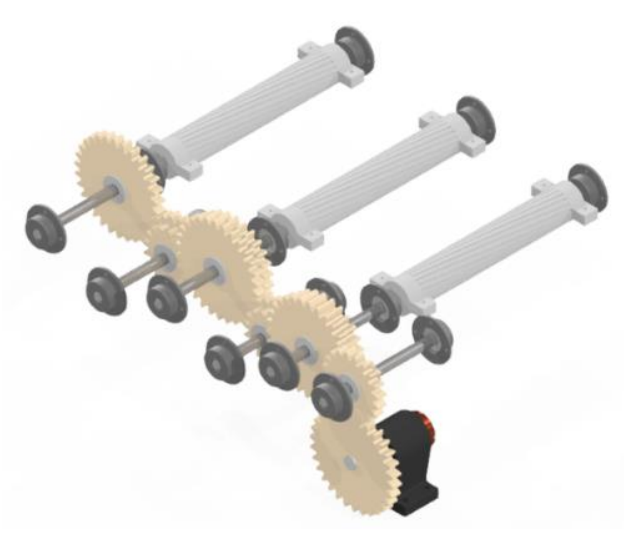
#### 5.2.2.3.1. Diseño del sistema de tren de engranajes

En la figura 13, se puede observar el diseño tridimensional del tren de engranajes.



### **Figura 13**

*Sistema de tren de engranajes*



**Nota:** Representación tridimensional del sistema de tren de engranajes donde se implementa el uso de la parte inferior del tren de estiraje 3/3. Modelo 3D realizado en Autodesk Inventor 2022

Dentro del sistema mecánico de la máquina se encuentra la sección del tren de engranajes. Donde se encuentran conectados 12 ruedas dentadas que permiten producir movimiento a tres rodillos dentados helicoidales los cuales se encargaran en conjunto con los rodillos de caucho antideslizante superiores de transportar y arrastrar el vellón de alpaca, también tomando en cuenta la sujeción de este hacia la hiladora.

#### **5.2.2.3.1.1. Cálculo del tren de engranajes**

Existen diferentes consideraciones a tomar en cuenta para el diseño del tren de engranajes. Se tiene que considerar el estiraje que se desea realizar a medida que el vellón es transportado; a su vez, se debe considerar la velocidad que tendrán cada uno de los rodillos en función de dicho estiraje; por otra parte, la longitud del vellón también es factor a considerar, pues si la velocidad es demasiada alta, o la distancia entre los rodillos es muy grande, puede existir ruptura del vellón.

Inicialmente, se procedió a determinar el posicionamiento específico de cada engranaje, el cual está definido en función de la longitud que debe existir entre cada rodillo dentado. Esta longitud dependerá del material que se desee realizar el transporte y estiraje. Al tratarse

de fibra de lana de alpaca, se necesita determinar un rango de longitud de fibra debido a que esta se ve afectada por la edad y especie del animal.

**Tabla 8**

*Longitud de fibra*

Edad	Longitud de fibra [cm]
1 año	15,60
3 años	13,80
5 años	12,10
6 años	11,80

**Nota:** Tabla que permite la definición de fibra según la edad de la alpaca. (Choque, 2001)

Una vez determinado el rango de longitud de fibra que existe en la lana de las alpacas, se procede a determinar las posiciones de los rodillos ranurados en función del estiraje que se desee desarrollar considerando el riesgo a la ruptura. Por lo que, para la disposición de los rodillos ranurados se consideran distancias que no superen la longitud del vellón más corta, al observar la tabla 8 este valor resulta ser de 118mm. Dado que el método que se sigue es de un tren de estiraje 3/3, se realizan dos procesos de estiraje, un estiraje previo y un estiraje final.

También se debe considerar que para realizar el proceso de estiraje, se necesita que el cilindro final se mueva a mayor velocidad al anterior, es decir, el cilindro de entrada será más lento que el cilindro de salida (Silvia, 1998). Esto se puede observar mejor en la fórmula de estiraje:

$$E = \frac{w_1 * d * \pi}{w_2 * d * \pi} = \frac{\text{Desarrollo del cilindro productor}}{\text{Desarrollo del cilindro alimentador}}$$

Donde:

$$E = \text{Estiraje}$$

$$w_1 = \text{Velocidad angular de rodillo entrada}$$

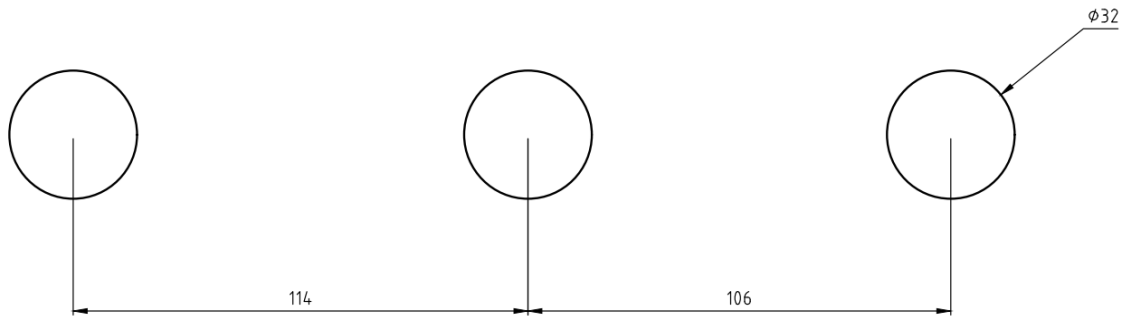
$$w_2 = \text{Velocidad angular de rodillo salida}$$

$$d = \text{diametro de rodillo}$$

Finalmente, con todas estas consideraciones se establecen los valores de 114mm para la distancia entre el primer y segundo rodillo del proceso de estiraje previo, y de 106mm para la distancia entre el segundo y tercer rodillo para el proceso de estiraje final.

## Figura 14

Distanciamiento de rodillos helicoidales.



**Nota:** Representación de rodillos dentados helicoidales donde se muestra las distancias que se deberán respetar para la definición del tren de engranajes planteados en este capítulo.

Según (Mena, 2000) los valores de estiraje mecánicos deben ser menores a 2 para el proceso de estiraje previo; por otra parte, el valor del estiraje final debe ser fuerte, esto último debido a que este es un estiraje de tensión. Por lo que, para el estiraje mecánico entre el primer y segundo rodillo se escogerá un estiraje previo con valor de 1,2; mientras que para el estiraje final, se escoge un valor de 1,16 entre el segundo y tercer rodillo, esto debido a que no se necesita del uso de un estiraje fuerte demasiado significativo para el sistema planteado en el diseño de esta máquina.

En función de los estirajes planteados, se necesita establecer valores de relación de velocidades ( $i$ ) entre los cilindros. Para la transmisión entre el motor y el primer cilindro, se realizó primero un aumento en el valor del torque y una reducción en la velocidad, planteando así una relación de  $i_1 = \frac{1}{2}$ . En cuanto a la relación entre el primer cilindro y el segundo se establece un valor de  $i_2 = \frac{6}{5} = 1.2$ ; mientras que para el segundo y tercer cilindro se plantea un valor de  $i_3 = \frac{7}{6} = 1.16$ , hay que recordar que después del primer rodillo los siguientes deben tener mayores velocidades, por lo que las relaciones de velocidades  $i_2$  e  $i_3$  permiten obtener este aumento de velocidad en los dos últimos rodillos.

Debido a que se necesita mantener el mismo sentido de giro en los rodillos ranurados, se requiere del uso de piñones extras en un mismo eje para poder cumplir con esta necesidad. Para un tren de engranajes compuesto, es decir, que tiene dos o más engranajes en el mismo eje, la relación de velocidad ( $i$ ) queda expresada con la siguiente fórmula (Norton, 2009):

$$i = \frac{\text{producto del número de dientes de los engranajes impulsores}}{\text{producto del número de dientes de engranajes impulsados}} = \frac{w_2}{w_1} = \frac{(z_1)(z_3)}{(z_2)(z_4)}$$

Por lo tanto, dado que la primera relación  $i_1$  reduce la velocidad de la entrada a la mitad, se establece un valor de 60rpm. Este valor permite que el primer rodillo que empieza con el proceso de transporte, tenga una velocidad de 30rpm. El proceso de transporte y estiraje requiere trabajar a una velocidad de tal manera que pueda trabajar junto a la velocidad que con la que se realiza el hilado; por lo que se escoge 30rpm como valor inicial debido a que este es aproximado a la velocidad con la que se realiza la alimentación del vellón cuando se realizan trabajos de hilado artesanales en ruelas eléctricas. Recordando que el tren fue diseñado en función del proceso de estiraje establecido con anterioridad, se proceden a determinar las velocidades de los dos últimos rodillos.

$$i_1 = \frac{w_2}{w_1}$$

$$w_2 = w_1 * i_1$$

$$w_1 = 60 \text{ rpm}$$

$$i_1 = \frac{1}{2}$$

$$w_2 = 60 \text{ rpm} * \frac{1}{2} = 30 \text{ rpm}$$

$$i_2 = \frac{w_3}{w_2}$$

$$w_3 = w_2 * i_2$$

$$i_2 = \frac{6}{5}$$

$$w_3 = 30 \text{ rpm} * \frac{6}{5} = 36 \text{ rpm}$$

$$i_3 = \frac{w_4}{w_3}$$

$$w_4 = w_3 * i_3$$

$$i_3 = \frac{7}{6}$$

$$w_4 = 36 \text{ rpm} * \frac{7}{6} = 42 \text{ rpm}$$

Finalmente, con todos estos datos calculados se procederá a determinar los valores correspondientes a los piñones que conforman el tren de engranajes. Para ello, además de todos los datos determinados, se necesita establecer un módulo con el que partirán el diseño de estos piñones. El valor del módulo escogido es de 3; esto debido a que permite una factibilidad en su fabricación por su normalización en el país.

Con la ayuda del software Autodesk Inventor 2022, se procede a dar uso de la herramienta “Generador de componentes de engranajes rectos” para determinar los piñones necesarios en el tren de engranajes. Estos deben cumplir la relación de velocidades anteriormente calculadas, además de utilizar los piñones auxiliares para mantener el giro de los rodillos en un solo sentido. A su vez, la herramienta permite generar dicho tren de engranajes respetando las distancias anteriormente determinadas para los cilindros.

**Tabla 9**

*Datos principales para la definición de engranajes*

Número de dientes (Z)	Diámetro primitivo (DP) en mm	Paso Circular (PC)	Cabeza del diente (A) mm	Espesor del diente (S)	Pie del diente (PD) mm	Radio de entalle (R)	Ángulo de espesor (AS) deg	Módulo (M) mm
Z1=30	90	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	5.7°	3
Z2=20	60	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	8.55°	3
Z3=10	30	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	17.1°	3
Z4=30	90	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	5.7°	3
Z5=28	84	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	6.1071°	3
Z6=14	42	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	12.2143°	3
Z7=18	54	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	9.5°	3
Z8=30	90	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	5.7°	3
Z9=28	84	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	6.1071°	3
Z10=16	48	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	10.6875°	3
Z11=20	60	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	8.55°	3
Z12=30	90	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	5.7°	3

**Nota:** Tabla de valores que define el número de dientes, el diámetro primitivo, el paso circular, la cabeza del diente, entre otros datos para el diseño del sistema de tren de engranajes. Tabla obtenida mediante el software Autodesk Inventor 2022.

Con estos datos obtenidos se optó por realizar una comprobación de manera analítica que permita asegurar que el número de dientes obtenido por software brinda la velocidad requerida por la relación que depende del estiraje. Esto aplicación nos permitió; a su vez, reconocer la velocidad angular en cada uno de los ejes.

**Velocidad angular obtenida para Z1 y Z2:**

$$i = \frac{\text{producto del número de dientes de los engranajes impulsores}}{\text{producto del número de dientes de engranajes impulsados}} = \frac{Z1}{Z2} = \frac{w_2}{w_1}$$

Obtenemos la relación de engranajes:

$$i = \frac{30}{20} = \frac{3}{2}$$

Obtenemos la velocidad mediante la relación de engranajes:

$$\frac{3}{2} = \frac{w_2}{60 \text{ rpm}}$$

$$w_2 = \frac{3}{2}(60 \text{ rpm}) = 90 \text{ rpm}$$

**Velocidad angular obtenida para Z3 y Z4:**

$$i = \frac{\text{producto del número de dientes de los engranajes impulsores}}{\text{producto del número de dientes de engranajes impulsados}} = \frac{Z3}{Z4} = \frac{w_2}{w_1}$$

Obtenemos la relación de engranajes:

$$i = \frac{10}{30} = \frac{1}{3}$$

Obtenemos la velocidad mediante la relación de engranajes:

$$\frac{1}{3} = \frac{w_2}{90 \text{ rpm}}$$

$$w_2 = \frac{1}{3}(90 \text{ rpm}) = 30 \text{ rpm}$$

**Velocidad angular obtenida para Z5 y Z6:**

$$i = \frac{\text{producto del número de dientes de los engranajes impulsores}}{\text{producto del número de dientes de engranajes impulsados}} = \frac{Z5}{Z6} = \frac{w_{2,1}}{w_2}$$

Obtenemos la relación de engranajes:

$$i = \frac{28}{14} = 2$$

Obtenemos la velocidad mediante la relación de engranajes:

$$2 = \frac{w_3}{30 \text{ rpm}}$$

$$w_3 = 2(30 \text{ rpm}) = 60 \text{ rpm}$$

**Velocidad angular obtenida para Z7 y Z8:**

$$i = \frac{\text{producto del número de dientes de los engranajes impulsores}}{\text{producto del número de dientes de engranajes impulsados}} = \frac{Z7}{Z8} = \frac{w_3}{w_{2.1}}$$

Obtenemos la relación de engranajes:

$$i = \frac{18}{30} = \frac{3}{5}$$

Obtenemos la velocidad mediante la relación de engranajes:

$$\frac{3}{5} = \frac{w_2}{60 \text{ rpm}}$$

$$w_3 = \frac{3}{5}(60 \text{ rpm}) = 36 \text{ rpm}$$

**Velocidad angular obtenida para Z9 y Z10:**

$$i = \frac{\text{producto del número de dientes de los engranajes impulsores}}{\text{producto del número de dientes de engranajes impulsados}} = \frac{Z9}{Z10} = \frac{w_{3.1}}{w_3}$$

Obtenemos la relación de engranajes:

$$i = \frac{28}{16} = \frac{7}{4}$$

Obtenemos la velocidad mediante la relación de engranajes:

$$\frac{7}{4} = \frac{w_{3.1}}{36 \text{ rpm}}$$

$$w_{3.1} = \frac{7}{4}(36 \text{ rpm}) = 63 \text{ rpm}$$

**Velocidad angular obtenida para Z11 y Z12:**

$$i = \frac{\text{producto del número de dientes de los engranajes impulsores}}{\text{producto del número de dientes de engranajes impulsados}} = \frac{Z11}{Z12} = \frac{w_4}{w_{3.1}}$$

Obtenemos la relación de engranajes:

$$i = \frac{20}{30} = \frac{2}{3}$$

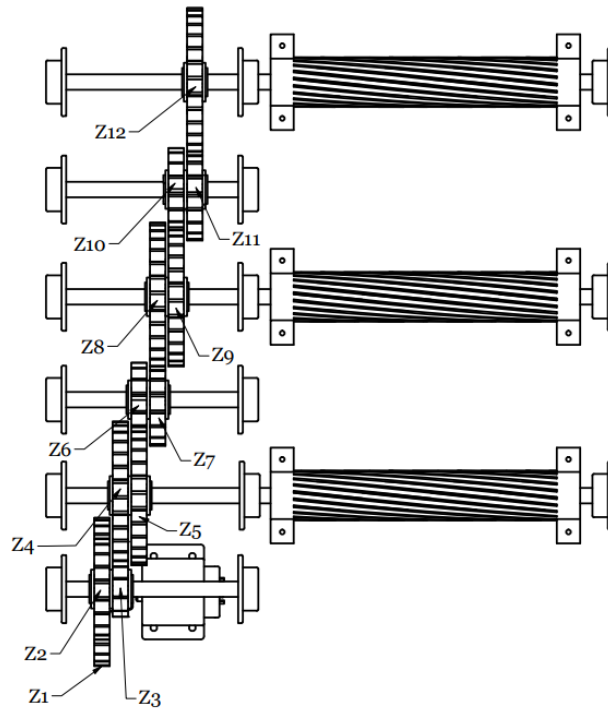
Obtenemos la velocidad mediante la relación de engranajes:

$$\frac{2}{3} = \frac{w_4}{63 \text{ rpm}}$$
$$w_4 = \frac{2}{3}(63 \text{ rpm}) = 42 \text{ rpm}$$

Como se puede verificar en la figura 15, los parámetros impuestos nos permiten obtener la velocidad requerida en los rodillos dentados, precisamente donde se impusieron los valores de relación de engranajes en base a el estiraje requerido para la fibra de alpaca.

**Figura 15**

*Tren de engranajes resultante*



**Nota:** Representación bidimensional del tren de engranajes donde se encuentra identificado cada uno de los engranajes que afectan a los rodillos acanalados y ejes.

#### 5.2.2.2.2. Diseño de sistema rodillos adhesivos de sujeción

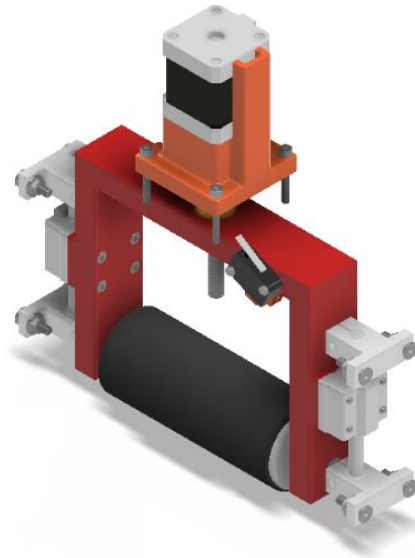
Para la parte de sujeción, se consideran tres cilindros de caucho con dureza 40 Shore que hacen presión contra los cilindros acanalados para el estiraje adecuado del vellón de lana. Cada uno de estos cilindros de caucho se encuentran sujetos en brazos los cuales se



pueden desplazar a lo largo de ejes verticales alojados en las paredes de la estructura. Este sistema de cilindros está accionado por motores (paso a paso); un motor para cada cilindro ya que cada uno debe estar en una posición diferente. La sujeción se encarga de realizar presión sobre el vellón con el fin de poder garantizar un punto fijo sobre el que se realizará la torsión. A medida que el vellón avance, esta presión permite que se realice la torsión desde el inicio del vellón hasta dicho punto de trabajo. En la siguiente figura, se puede observar el diseño tridimensional del sistema de sujeción.

### **Figura 16**

*Sistema de rodillos adhesivos de sujeción*



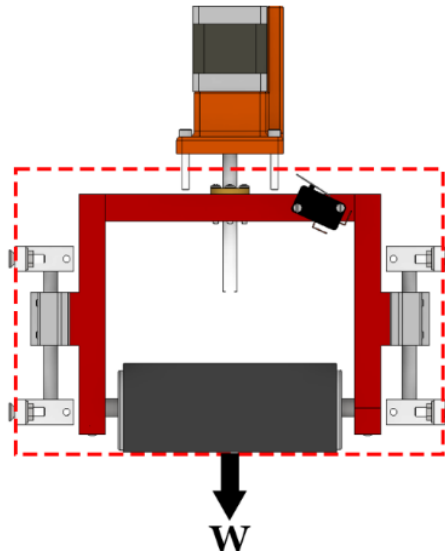
**Nota:** Representación tridimensional del sistema de sujeción mediante rodillos adhesivos para el tren de estiraje, parte superior. Modelo 3D realizado en Autodesk Inventor 2022

#### **5.2.2.2.2.1. Cálculo de sistema de cilindros de sujeción.**

Se necesita determinar el torque necesario de los motores paso a paso para que estos puedan levantar y bajar cada uno de los brazos que sujetan los cilindros de caucho. Por lo tanto, se deberá calcular en primera instancia el peso total del brazo.

**Figura 17**

*Sistema de rodillos adhesivos de sujeción (DCL)*



**Nota:** Representación para la obtención del peso del elemento mediante un diagrama de cuerpo libre, donde se identifica la sección a calcular.

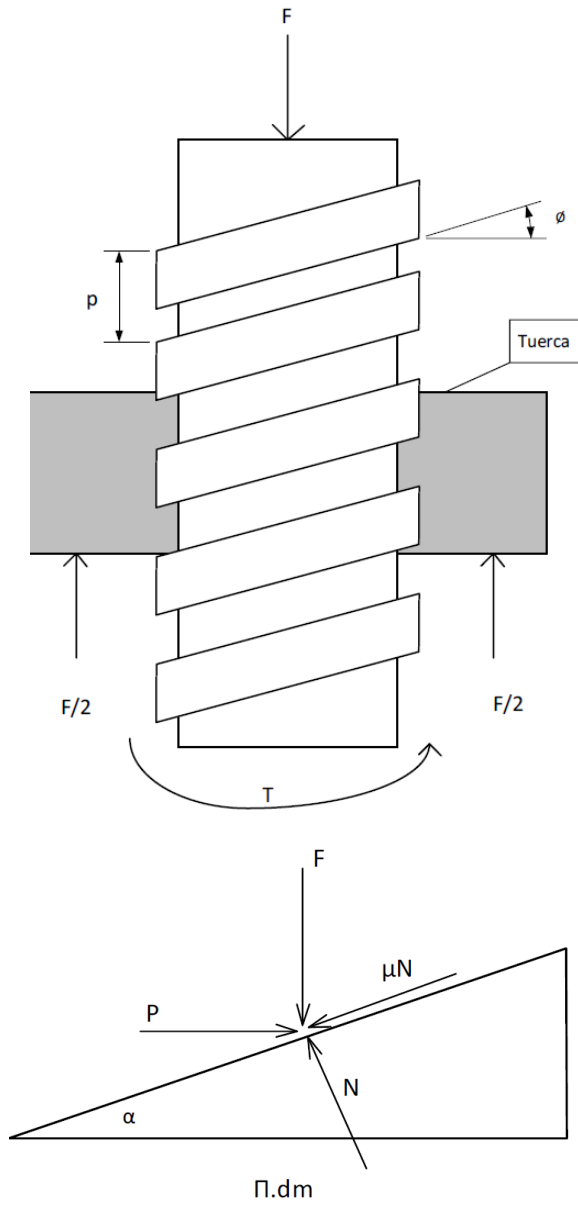
Como datos tenemos el valor teórico de la masa  $m = 1.061kg$ ; este fue obtenido mediante el uso del software Autodesk Inventor 2022. Por lo tanto, se tiene que:

$$W = (1.061)(9.81) = 10.408 N$$

Después se procede mediante el DCL de un tornillo de potencia de rosca cuadrada a determinar el torque necesario para poder levantar el peso anteriormente calculado.

**Figura 18**

*Tornillo de potencia (DCL)*



**Nota:** Representación del tornillo de potencia y DCL respectivo para la obtención del torque.

*Ecuación de equilibrio*

$$P - N \sin \alpha + \mu N \cos \alpha = 0$$

$$F + \mu N \sin \alpha - N \cos \alpha = 0$$

$$P = \frac{F(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha} = \frac{F(\tan \alpha + \mu)}{1 - \mu \tan \alpha} = \frac{F \left( \frac{p}{\pi dm} + \mu \right)}{1 - \mu \frac{p}{\pi dm}}$$

$$T = \frac{Fdm}{2} \left( \frac{p + \pi \mu dm}{\pi dm - \mu p} \right)$$

Donde:

$\alpha$  = ángulo de hélice

$p$  = paso

$F$  = carga sobre el área normal de la rosca

$\mu N$  = fuerza de rozamiento

$N$  = fuerza normal

$P$  = Fuerza necesaria para vencer la fuerza de rozamiento y hacer descender la carga

por el plano inclinado

$dm$  = diámetro medio

Datos:

$$F = 10.408N, dm = 6mm, \mu = 0.15, p = 2mm$$

Desarrollo:

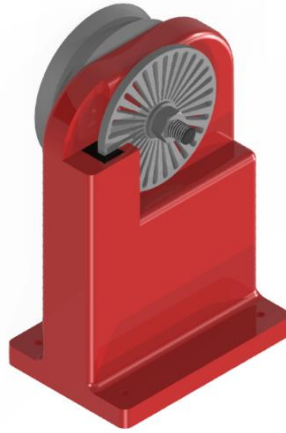
$$T = \frac{(10.4084)(0.006)}{2} \frac{0.008 + \pi(0.15)(0.006)}{\pi(0.006) - (0.15)(0.008)} = 0.01465 N * m$$

### 5.2.2.3. Diseño del sistema de conteo

El contador con ayuda de la rueda agujerada nos permite realizar un conteo en el intercambio que presenta en el sensor FC-03, el cual sirve como encoder permitiendo verificar el intercambio entre 1 (HIGH) y 0 (LOW). Este cuenta con otra rueda lisa que permite realizar el movimiento de la rueda agujerada mientras el hilo de fibra de alpaca se transporta por su superficie. En la siguiente figura, se presenta el modelo realizado en Autodesk Inventor 2022 del sistema.

### Figura 19

Sistema de conteo



**Nota:** Representación tridimensional del sistema de conteo en el cual se hace uso de un enconder básico mediante el sensor HC-03 y una rueda agujerada.

Para la obtención de este contador se realizaron los siguientes cálculos:

$$\phi_{rueda\ ranurada} = 66mm$$

El elemento cuenta con un perímetro:

$$P = \pi * \phi_{rueda\ ranurada} = 207.34\ mm \approx 0.2073\ m$$

Este es el valor del perímetro de la rueda, entonces tenemos el conocimiento que en una vuelta completa de toda la rueda se obtiene 20.73cm de fibra, a continuación, se procede a realizar el cálculo de cuantas vueltas se requiere para obtener 1 metro de lana de alpaca.

$$\frac{1\ vuelta}{x} = \frac{0.2073m}{1m}$$

$$x = (1\ vuelta) * \frac{(1\ m)}{0.2073m}$$

$$x = 4,82\ vueltas$$

Con estos parámetros de x obtenidos, el cual representa el número de vueltas obtenidos para realizar 1 metro de hilado, se necesita que la rueda gire 4,82 vueltas, para obtener una mayor precisión se realiza el calcula con respecto al número de ranuras que contiene la rueda.

*Distancia entre ranuras = 6,25 mm*

$$\frac{1 \text{ Ranura}}{x} = \frac{0,00625m}{1m}$$
$$x = \frac{1 \text{ Ranura} * 1}{0,00625m} = 160 \text{ Ranuras}$$

Esto quiere decir que para que exista un metro de hilado se deberá contar 160 ranuras dentro de la programación.

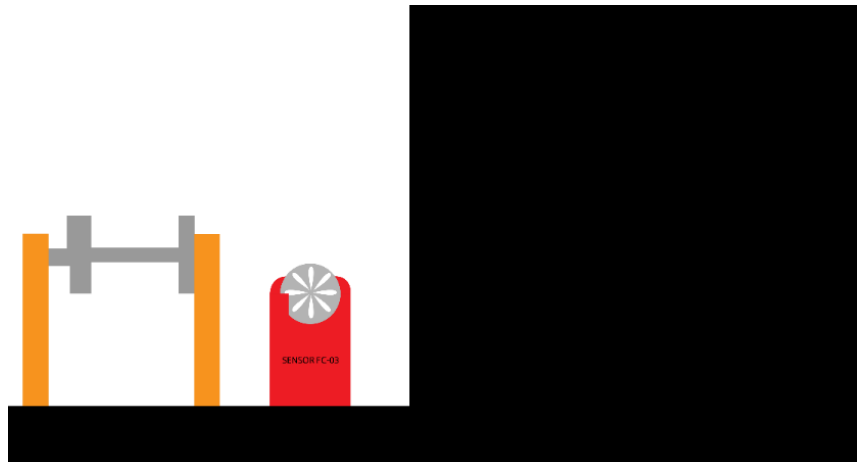
#### **5.2.2.4. Diseño del sistema de control del proceso de hilado**

El sistema de control se definió en base al contador, el cual se encuentra a la salida donde deberá pasar el vellón convertido en hilo. El cálculo obtenido en el anterior punto permite realizar el control, donde a medida que el hilo va entrando en la máquina double drive hiladora y pasa por la rueda lisa adaptada con un canal para que el hilo siempre se encuentre centrado rota lo que hace que mediante un tornillo esta rotación sea transportada hacia la rueda agujerada permitiendo con el sensor FC-03 contar la distancia definida (50m, 100m , 150m u otros valores) esta entrada se definirá por el usuario mediante la pantalla HMI según el valor colocado, el contador realizará una conversión mediante el número de ranuras contadas.

Por lo que, si 1 metro son 160 ranuras. Entonces, 50 metros serán definidos mediante una regla de tres ya que el vellón entra de manera continua y si la máquina se llegase a detener de igual manera se verá afectado por esa detención dejando que el valor de metros contados se mantenga hasta que se reanude el proceso. Para esto se define el sistema de control “encendido/apagado” el cuál simplemente encenderá y apagará los motores cuando el valor de “Establecer valor” sea igual al contado con el sistema y el sensor.

**Figura 20**

*Máquina semiautomática*

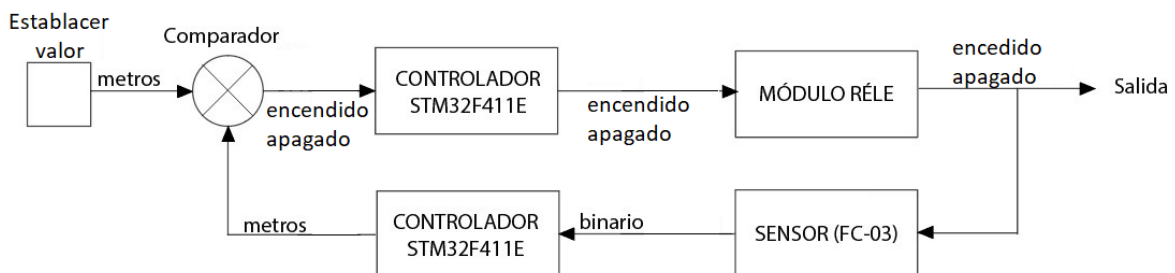


**Nota:** Representación del sistema de conteo donde se muestra el contador, la hiladora los cuales y la sección de alimentación los cuales permitirán el recorrido del vellón e hilo para el conteo.

Como se presenta en la figura 21, el valor de “establecer valor” se compara con el calculado mediante el sensor; si el valor es diferente, la salida del comparador nos brinda un “encendido” o 1, lo que hace que el valor de salida sea de encendido permitiendo el funcionamiento de los motores. Si los valores comparados son iguales entonces el valor de salida del comparador es de “apagado” por lo que hace que la salida detenga los motores.

**Figura 21**

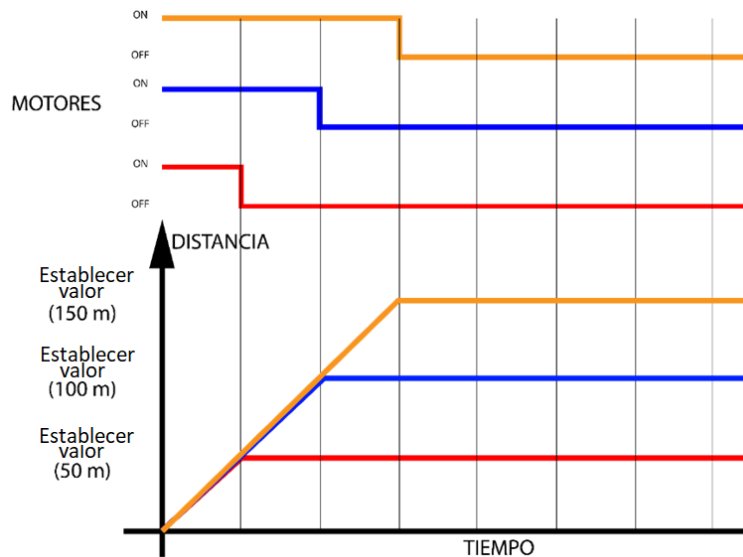
*Sistema de control encendido/apagado*



**Nota:** Sistema de control representado en diagrama de bloques para el encendido y apagado de los motores.

**Figura 22**

*Sistema de control encendido/apagado (Gráfica de funcionamiento)*



**Nota:** Gráfica que permite identificar el funcionamiento del sistema de control donde se presenta el encendido y apagado de los actuadores cuando cumplen la condición de comparación.

### 5.2.2.5. Diseño del sistema eléctrico y electrónico

La selección de actuadores y sensores es esencial para identificar el entorno y para convertir diferentes tipos de energía a otras que permitan obtener el resultado referente a lo que el diseñador busca en la máquina, estos deben ser seleccionados mediante la identificación de hojas de datos e información obtenida a partir de principios básicos que definen el funcionamiento del sensor o actuador. Por esta razón, se forma en base al trabajo de titulación tablas para la definición e identificación de los sensores respectivos con el fin de alcanzar la detección de cambios en el entorno y para brindar la energía necesaria al sistema esto en base a los conceptos obtenidos anteriormente permitiendo así lograr la solución de los diferentes parámetros que se identificaron en la propuesta de la máquina.

En base a los modelos que definieron los conceptos finales se puede identificar los diferentes tipos de sensores que se usarán.

Cabe recalcar que todos estos elementos serán seleccionados en base a fuentes de voltaje de doce y cinco voltios de corriente continua. Las cuales se definen mediante la potencia que usarán los elementos cuando se encuentra en alto consumo.



### 5.2.2.5.1. Selección de componentes eléctricos y electrónicos

#### Motor del tren de engranajes

Para este mecanismo, escogemos un motor reductor de 12 V y 60 rpm denominado como JGA 25-370 o JGA 15-370 (encoder). Este a su vez posee un torque necesario para poder hacer trabajar el tren de engranajes.

**Tabla 10**

*Especificaciones del motor para el tren de engranajes*

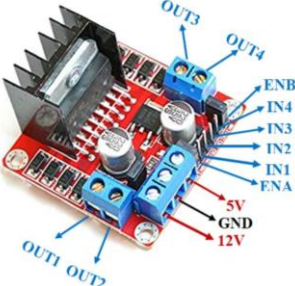
	Modelo: JGA 25-370
	Tensión nominal: 12V
	Velocidad: 60 rpm
	Torque: 4.78 kg*cm
	Peso: 91 g
	Relación de engranaje: 171:1
	Diámetro: 25 mm

**Nota:** Tabla de datos que permite identificar los parámetros que tiene el motor seleccionado para la sección del tren de engranajes.

Para el control del motor se hará uso de un Puente H denominado como Driver Puente H L298N, esto debido al consumo que puede realizar el motor cuando se encuentra realizando un trabajo. Las especificaciones del dispositivo son las siguientes:

**Tabla 11**

*Especificaciones del controlador L298N*

	Modelo: L298N
	Motores disponibles: 2
	Chip: Double H Bridge L298N
	Voltaje de suministro del motor (máximo): 46V
	Corriente de suministro del motor (máxima): 2A
	Voltaje lógico: 5V
	Voltaje del controlador: 5-35V


**Nota:** Tabla de datos que permite identificar los parámetros que tiene el shield seleccionado para la sección del tren de engranajes.

## Sistema cilindros de sujeción

Para el sistema de cilindros al tratarse de un sistema de tornillo sin fin el cuál se verá afectado por un motor como entrada se necesita de un motor a pasos que permita la colocación de los rodillos en la posición deseada los cuales deberán ser posteriormente calibrados. Para esto se selecciona los motores paso a paso NEMA 17. Estos cuentan con las siguientes especificaciones:

**Tabla 12**

*Especificaciones del motor para el sistema de sujeción*

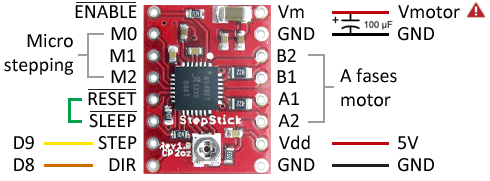
	Modelo: 17HS3001-20B
	Pasos por revolución: 200
	Consumo de corriente por fase: 1.2A
	Voltaje nominal: 2V
	Torque: 0.4 N*m
	Peso: 250g
	Número de cables: 4 (Verde: A1, Gris: A2; Amarillo: B1, Rojo: B2)

**Nota:** Tabla de datos que permite identificar los parámetros que tiene el motor paso a paso seleccionado para la sección de sistema de rodillos adhesivos de sujeción.

Para su control y por el rendimiento que se necesita en los cilindros se opta por los drivers A4988, estos presentan las siguientes características:

**Tabla 13**

*Especificaciones del controlador A4988*


 <p> <b>!</b> Vmotor entre 8 y 35V. Al usar alimentación externa SIEMPRE poner con GND común.         </p>	Modelo: 17HS3001-20B
	Voltaje de operación: 8 a 35 V
	Máxima corriente por bobina: 2 A
	Capacidad de “micro-stepping”
	Pines STEP y DIRECTION
	5 diferentes resoluciones: Paso completo, 1/2 de paso, 1/4 de paso, 1/8 de paso y 1/16 de paso.
	Protección por sobre temperatura, bajo voltaje, corto y otras condiciones de error comunes

**Nota:** Tabla de datos que permite identificar los parámetros que tiene el “shield” seleccionado para el control de los motores PAP.

Al no contar con una distancia asegurada dentro de la máquina se identifica el uso de fines de carrera que permitirán reconocer y posicionar el motor siempre en el lugar adecuado permitiendo así el control de los motores paso a paso.

**Tabla 14**

*Especificaciones del fin carrera*

	Contactos: NA y NC
	Voltaje de trabajo: 5-16V
	Corriente nominal: 25 mA
	Temperatura de trabajo: -20° a +85°C


**Nota:** Tabla de datos que permite identificar los parámetros que tiene el fin carrera seleccionado para la calibración del sistema de rodillos.

**Sistema directo de transmisión por poleas con correa**

Para la sección de la hiladora propiamente dicha la cuál constará con un sistema de transmisión por poleas se opta por un motor con escobillas de 12 V de AmpFlow, esta opción se da porque se necesita de una alta velocidad y un alto torque para el funcionamiento correcto de la hiladora y de sus poleas. Las características de motor escogido son las siguientes:

**Tabla 15**

*Especificaciones del motor para la hiladora*

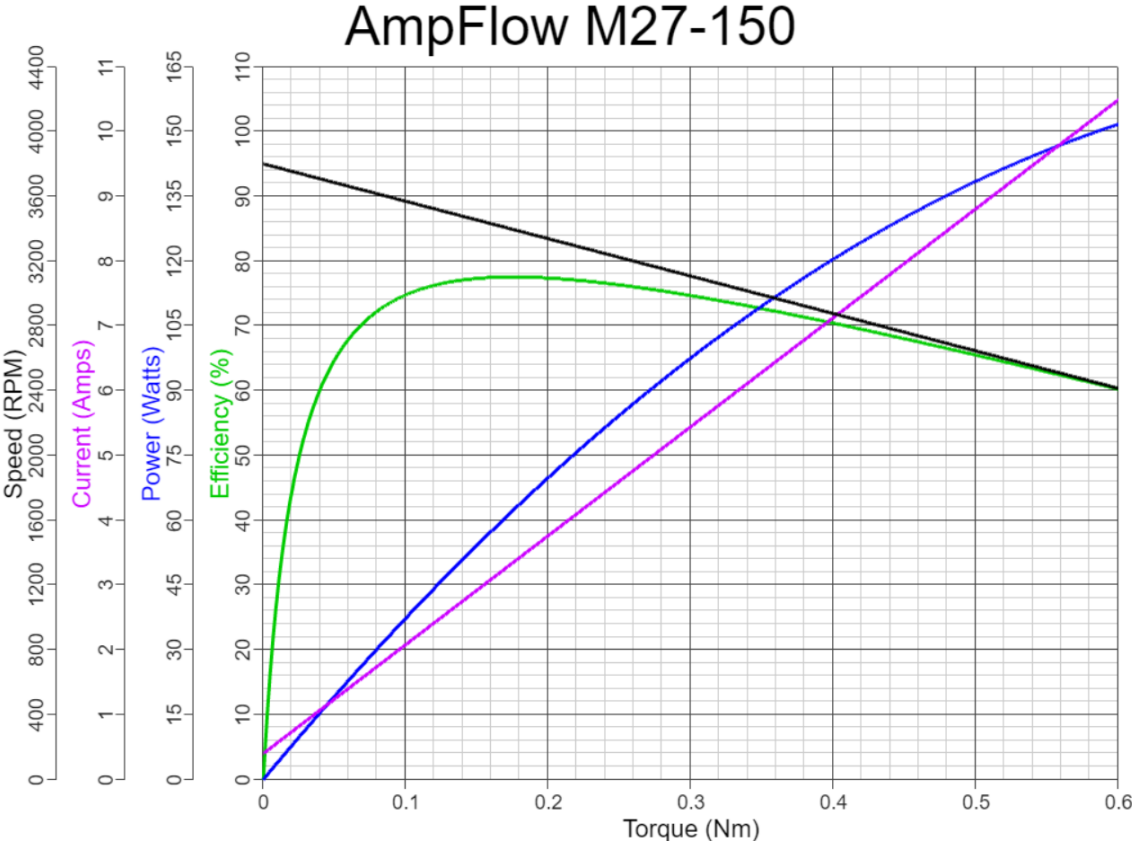
	Modelo: M27-150
	Diámetro de la carcasa: 2.7 pulgadas (68 mm)
	Largo de la carcasa: 3.9 pulgadas (99 mm)
	Voltaje de funcionamiento: 12 V, 24 V o 36 V
	Tipo de fuente de energía: DC
	Velocidad sin carga: 3800 RPM (24 V)
	Eficiencia máxima: 79%

**Nota:** Tabla de datos que permite identificar los parámetros que tiene el motor seleccionado para la hiladora.

En el caso de motor AmpFlow se debe seguir el cálculo del rendimiento de este. Para esto se hace uso de la calculadora que ofrece la página de AmpFlow; con esto, se obtiene mediante la hoja de datos del motor la siguiente gráfica:

**Figura 23**

*Gráfica de rendimiento del motor AmpFlow*

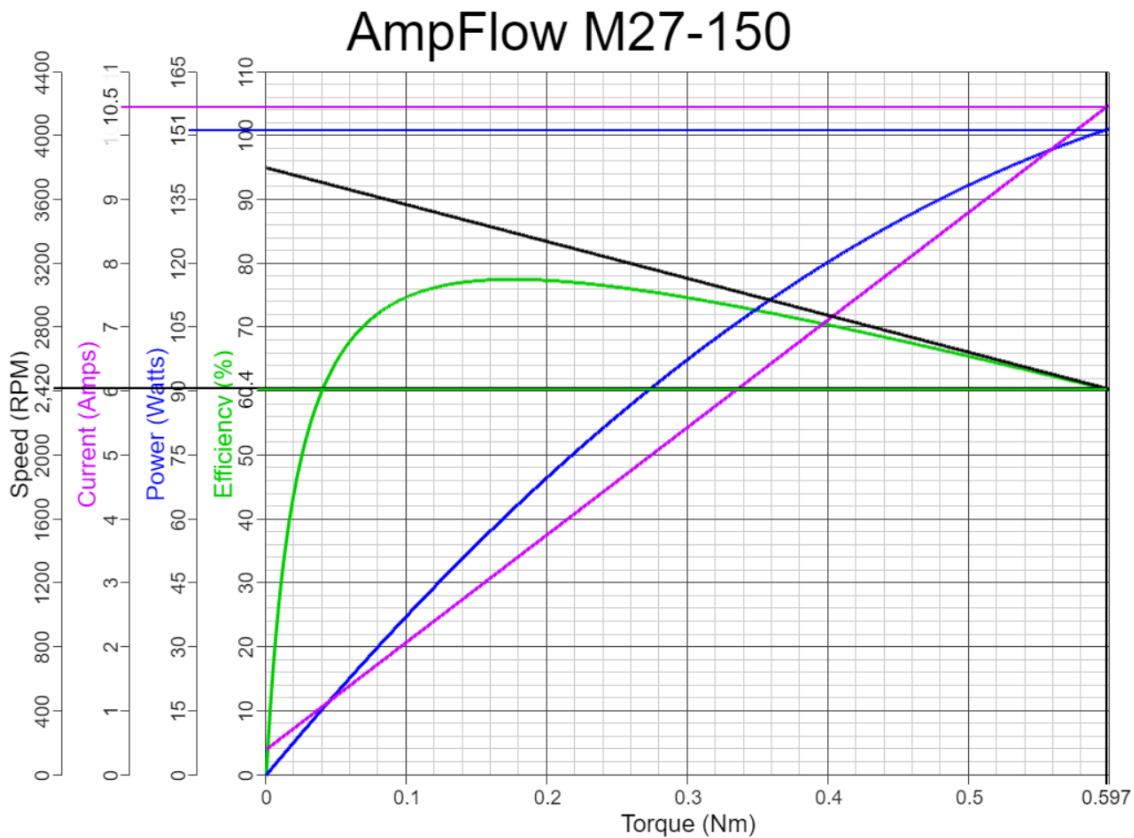


**Nota:** Gráfica de rendimiento donde se identifica el torque, velocidad, corriente, potencia y eficiencia del motor.

Los datos iniciales del motor nos indican que con 24V se logra obtener 3800 RPM y que para un valor de 12V se obtendrá una velocidad de 2420 RPM, por lo tanto:

**Figura 24**

Gráfica de rendimiento del motor AmpFlow a 12V



**Nota:** Gráfica de rendimiento donde se selecciona el torque, velocidad, corriente, potencia y eficiencia del motor.

Al tener un motor con una velocidad de 2420 RPM, se obtiene que la corriente de consumo para que este funcione a esta velocidad, afectará directamente en la intensidad de este; teniendo así un consumo de 10.5 A con una eficiencia de 60.4%. Cabe recalcar que esta velocidad se verá influida por una variación de velocidad PWM cuando se implemente en la hiladora; ya que, el hilado se ve determinado por la velocidad del bobinado.

Para este motor y al contar con la necesidad de variar la velocidad de 2420 RPM; esto debido a que se necesita variar dependiendo de la fibra del material que se desee hilar. En función del consumo que puede llegar a presentar el motor, se da uso de un Relé como controlador de encendido y apagado para el motor. Por otra parte, para la variación de la velocidad se dará uso de un variador PWM. Los datos técnicos de ambos componentes se ven a continuación:

**Tabla 16**


*Especificaciones del componente Relé*

	Voltaje de Operación: 5VDC.
	Señal de Control: TTL (3.3V o 5V).
	Tiempo de acción: 10ms / 5ms.
	Entradas Opto acopladas.
	Indicadores LED de activación.

**Nota:** Tabla de datos que permite identificar los parámetros que posee el relé seleccionado para el motor AmpFlow.

**Tabla 17**

*Especificaciones del componente variador PWM*

	Voltaje: DC10-60V
	Corriente de salida máxima: 20A
	Potencia máxima: 1200W
	Modo de regulación de velocidad: potenciómetro (lineal)
	Regulación de velocidad rango del ciclo de trabajo: 0-100%

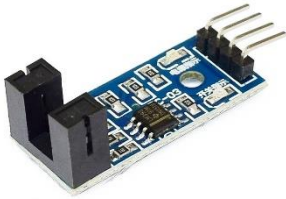
**Nota:** Tabla de datos que permite identificar los parámetros que posee el variador de PWM seleccionado para el motor AmpFlow.

### **Cuantificación del hilo**

Para obtener un valor predeterminado de hilo se hará uso del sensor FC-03 el cual cuenta con enconder óptico el cual permitirá mediante un sistema realizar el conteo de la cantidad de hilo que se está bobinando en la hiladora. A su vez este nos permitirá en control encendido/apagado de la máquina. Sus características son las siguientes:

**Tabla 18**

*Especificaciones del sensor FC-03*

	Modelo: FC-03
	Voltaje de Operación: 3.3V - 5V DC
	Salidas: Analógica y Digital TTL
	Sensor: MOCH22A
	Tipo de emisor: Fotodiodo IR
	Peso: 8 gramos
	Dimensiones: 3.2*1.4*0.7 cm
	Ranura de 5mm
	Comparador Opamp: LM393


**Nota:** Tabla de datos que permite identificar los parámetros que tiene el sensor FC-03 para el sistema de conteo.

### Reconocimiento del hilo

Para la identificación del hilo se toma en cuenta que se necesitará de un sensor que abarque una gran sección que permita reconocer al hilo cuando este es colocado sobre la máquina. Para esto hemos escogido un sensor de proximidad capacitivo. Este cuenta con las siguientes características.

**Tabla 19**

*Especificaciones del sensor para la detección del vellón*

	Modelo: LJC18A3-H-Z/BX
	Voltaje de Operación: 6 - 36V DC
	Corriente de trabajo: 20mA máx.
	Corriente de salida (carga): 300mA máx.
	Rango de detección: 1mm a 5mm (real)
	Salida: Tipo NPN normalmente abierto
	Dimensiones: D18mm*L70mm
	Marrón (BN): Alimentación 5-36V DC (VCC)
	Negro (BK): Salida NPN NO
Azul (BU): Alimentación GND	

**Nota:** Tabla de datos que permite identificar los parámetros que tiene el sensor seleccionado para la detección de hilo.

## Interfaz Humano-Máquina (HMI)

Para la interacción con la máquina se optó por la pantalla táctil de NEXTION; ya que, esta facilita la unión con el controlador y tiene comunicación serial la cual permite simplificar y disminuir la programación de pantalla esto gracias al software que tiene la pantalla que permite la creación de un interfaz simple y adecuada para el usuario. Además de que la subida de información de interfaz a la pantalla es dada mediante dispositivos USB a TTL, o simplemente mediante una tarjeta SD. Sus especificaciones son las siguientes:

**Tabla 20**

*Especificaciones de la pantalla HMI*

	Modelo: NX3224To28-011R (R: Resistive touchscreen)
	Color: 16 bits
	Tamaño del diseño: 85(L)×49.8(W)×5.8(H) mm
	Área Activa (A.A.): 70.2mm(L)×49.8mm(W)
	Área Visual (V.A.): 57.6mm(L)×43.2mm(W)
	Resolución: 320×240 píxel
	Iluminación: LED
	Voltaje de operación: 5V
	Corriente de operación: 65 mA con 100% de brillo

**Nota:** Tabla de datos que permite identificar los parámetros que tiene la pantalla para la interacción con el usuario.

## Controlador del sistema

La tarjeta de desarrollo con seleccionada es la STM32F411E-Disco cuenta con un microcontrolador STM32F411VET6, con 512 Kbyte de memoria flash y 128 Kbyte de RAM en un paquete LQFP100, cuenta con un procesador de núcleo ARM Cortex- M4, es un MCU de 32 bits, su voltaje de operación puede ser de 3.3 V – 5 V, contiene protocolos de comunicación como I2C, I2S, ISO, SDIO, SPI, USART. Tiene su propio IDE en el que se puede programar y cuenta con una entrada mini USB para cargar el programa a la tarjeta, tiene incorporado resistencias Pull Up y Pull Down en la mayoría de los pines. Tiene varios



pins que se pueden configurar como timers con salida PWM para el control de actuadores. Su frecuencia de trabajo se encuentra en los 96 MHz los cuales se configuran dentro del software. Permite trabajar con dos lenguajes de programación siendo estos C y C++.

**Figura 25**

*Tarjeta STM32F411E-Disco.*



**Nota:** Tarjeta definida para el control y programación de la máquina semiautomática de fibra de alpaca.

**Selección de fuentes de alimentación**

De acuerdo con los elementos definidos se realizará el cálculo de consumo de corriente en base al trabajo máximo de cada uno de los elementos que conforman la planta, estos nos permiten definir una o más fuentes de poder que permiten alimentar al sistema y que este funcione adecuadamente. Debido a que existe el consumo de 2 valores diferentes de voltaje, se dará uso de 2 diferentes fuentes.

Para la primera fuente se requiere una tensión de 12V; a su vez, se realiza el cálculo de la sumatoria de las corrientes ejercidas por los elementos que consumen este voltaje; en la tabla 12 se puede observar el consumo total previsto. Por esta razón, se selecciona una fuente conmutada de 20 A.

**Tabla 21***Parámetros de consumo (fuente 12V)*

<b>Elemento/Componente</b>	<b>Consumo/Corriente (A)</b>
Motor JGA 25-370	1.2 A
Motor NEMA 17HS3001-20B	1.2 A
Motor AmpFlow M27-150	10.5 A
Sensor Capacitivo LJC18A3-H-Z/BX	20 mA=0,02 A
TOTAL	15.92 A

**Nota:** Tabla de datos donde se define el consumo de la fuente de 12V para la identificación del componente.

Por otra parte, para la segunda fuente se define una alimentación de 5V; mientras que, al realizar el mismo cálculo que se realizó en la fuente de 12V para determinar la corriente necesaria de funcionamiento, se procede a realizar la tabla 22 donde se presentan sus respectivos valores de consumo, como el valor total de corriente necesaria.

Al contener elementos de bajo consumo, se define el uso de una fuente conmutada de 5A. La razón de elegir esta fuente con exceso de valor en la corriente de suministro, es debido a que la misma posee elementos de seguridad similares a la fuente de 12V, además, su funcionamiento también es común.

**Tabla 22***Parámetros de consumo (fuente 5V)*

<b>Elemento/Componente</b>	<b>Consumo/Corriente (A)</b>
Indicadores Led	20mA*3
Pantalla Nextion NX3224To28-011R	65mA (Alto Brillo)
Fines carrera	25mA*3
Sensor FC-03	50mA
STM32F411E-DISCO	100mA
TOTAL	350mA

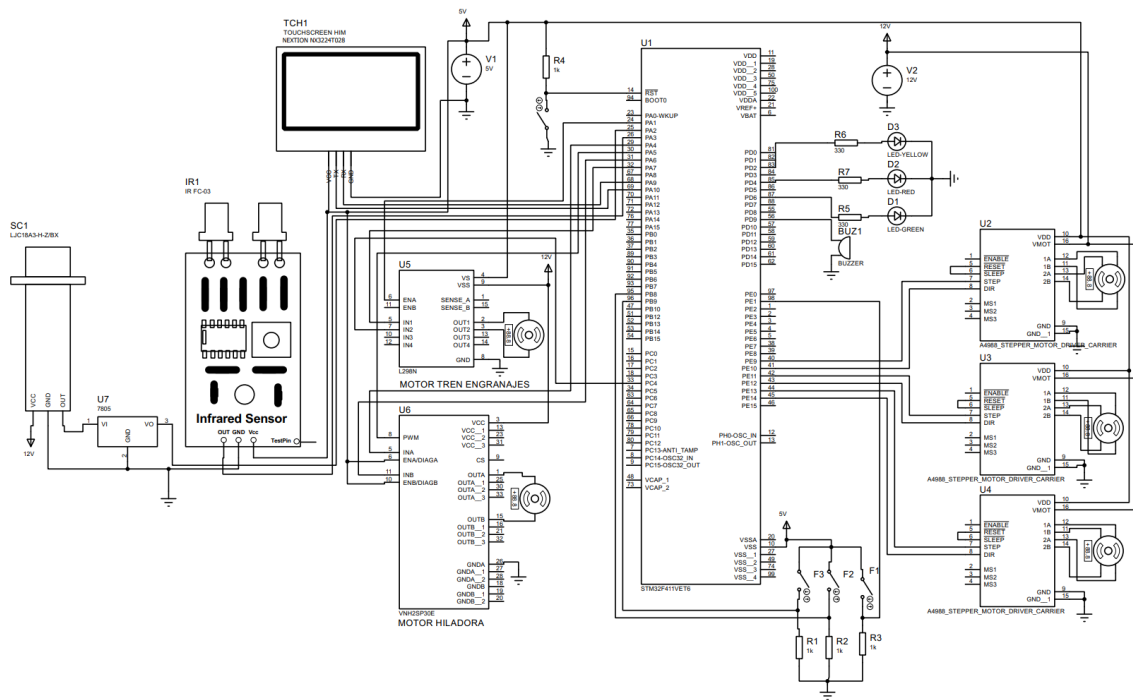
**Nota:** Tabla de datos donde se define el consumo de la fuente de 5V para la identificación del componente.

### 5.2.2.5.2. Estructuración del circuito eléctrico

En base a los elementos y hojas de datos obtenidas por parte de las marcas de los mismos, se concreta el esquema electrónico que permite identificar las conexiones de cada elemento dentro de la placa. Como se identificó cada elemento presenta un consumo y los motores shield se encuentran conectados, tanto a la fuente de 12 V, como la de 5V. Ya que, necesitan alimentar sus elementos, como al motor. Se realiza el diagrama de conexión completo mediante Proteus V8.13.

**Figura 26**

*Diagrama del esquema electrónico del circuito eléctrico*



**Nota:** Representación del esquema electrónico correspondiente al sistema eléctrico y electrónico para el funcionamiento de la máquina. Presente en el anexo respectivo

El proceso consta de inicialmente el microcontrolador STM32F411E-DISCO, el cual se verá alimentado por la fuente de 5V en sus pines respectivos desde este se comandará los diferentes elementos. Para empezar, se encenderá una alarma la cuál será mostrada en los leds indicadores y el “buzzer”, así como en la pantalla HMI. Todos estos elementos se encuentran alimentados por la fuente de 5V. Consecuentemente, se realizará el control con

ayuda del sensor capacitivo permitiendo la identificación de manera binaria. Al ser un componente que se alimenta con 12V, este a su resultante le dará la misma salida (12V) por esto se hace uso de un integrado LM7805 que permite convertir la salida de 12V en 5V para que esta pueda ser identificada por el controlador STM32F411E-DISCO. El sensor de velocidad requerirá del uso de su pin digital, por esta razón, aquí la conexión se lleva a cabo de manera directa con el controlador.

Dentro del proceso los motores se encuentran colocados posterior a sus respectivos controladores, los cuales cumplen la misma función de encender y apagar el motor, así como la de cambiar el sentido del giro en el caso del tren de engranajes. El controlador para el motor del tren de engranajes permite la modificación del PWM mediante el uso de programación; por lo que, mediante la hoja de datos de la placa STM32F411 se identifica los pines que permiten generar un pulso de salida PWM en base al uso de temporizadores. Para el control de la velocidad del motor de la hiladora, se dará uso de un controlador que permite modificar el PWM del motor de manera externa, esto con la intención de poder variar este valor sin necesidad de recurrir al uso del programa.

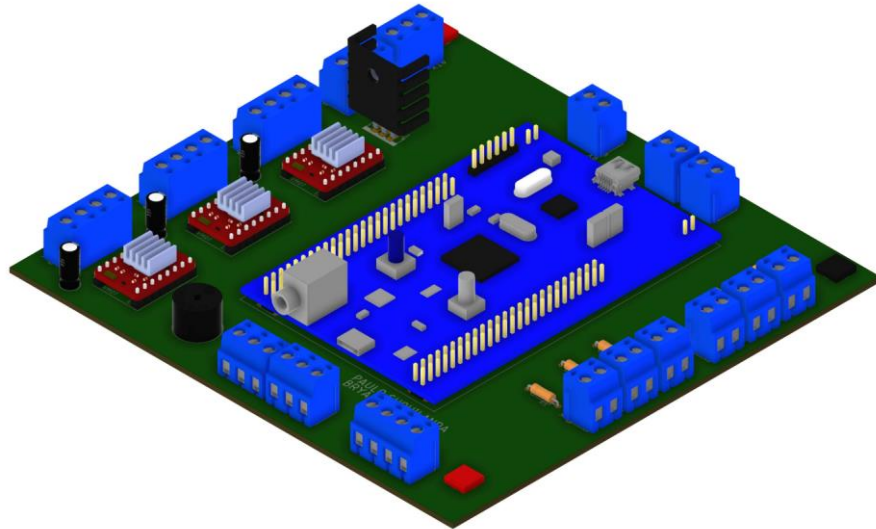
En el caso de los motores a paso, los controladores POLOLU A4988 nos permiten enviar los datos mediante valores binarios pudiendo así incrementar o decrementar a la posición requerida cada uno de los motores paso a paso. Los fines carrera en conexión PULL-DOWN evitan el sobrepaso de los motores a paso ya que al momento en que estos se desplazan pueden llegar a colisionar con elementos estructurales. La pantalla se encuentra alimentada y conectada a pines de comunicación serial identificados en el controlador donde el pin de recepción se conecta inverso en la placa, y el de transmisión de igual manera. La pantalla cuenta con su propio programa.

### **5.2.2.5.3. Diseño de tarjeta PCB**

El sistema electrónico permitió el funcionamiento en conjunto con el sistema mecánico, donde se logró ver el enlace con la mecatrónica. Para esto fue necesario de la generación de un circuito impreso que permitió la composición en conjunto de elementos que se conectarán con los actuadores y sensores. En la figura 28 podemos ver el modelo final de sistema electrónico completo donde, el cual fue realizado en EAGLE y exportado a FUSION 360.

## Figura 27

*Sistema electrónico y eléctrico.*



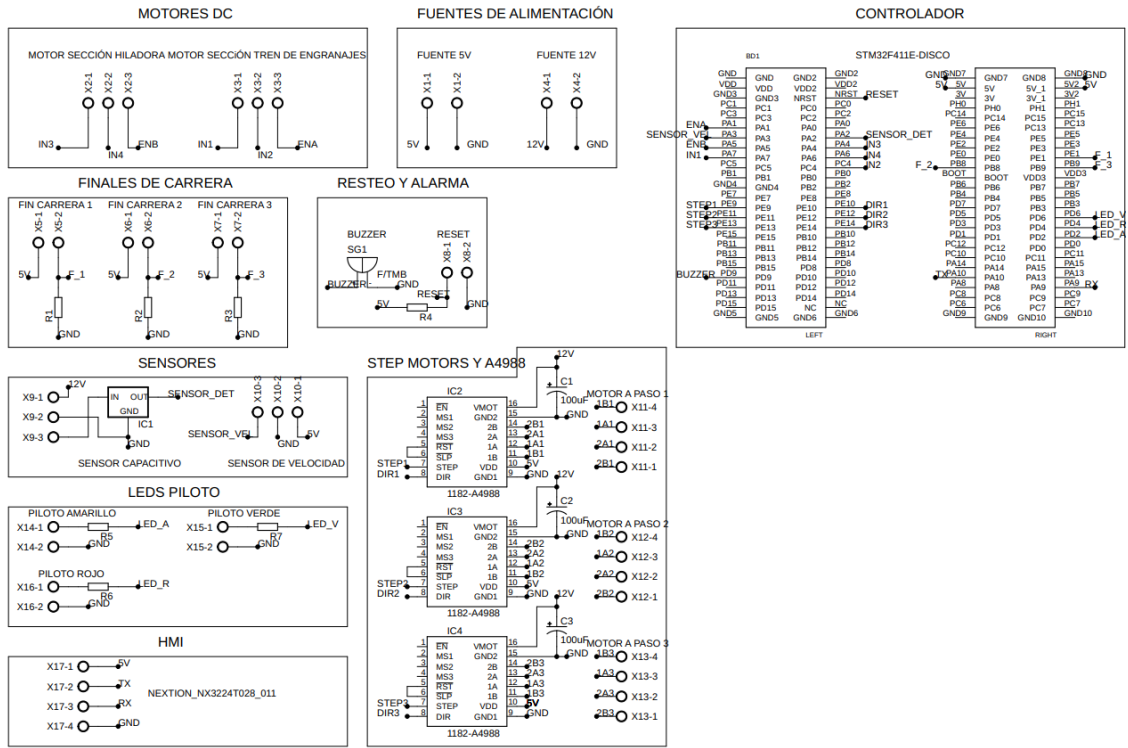
**Nota:** Representación tridimensional de los componentes y circuito impreso donde se identifica varios de los elementos.

### 5.2.2.5.3.1. Esquema electrónico

Mediante el programa EAGLE de Autodesk se diseñó el esquema electrónico del sistema. Siendo en este caso poco necesario la demostración de conexión se implementan lazos los cuales se nombran e identifican adecuadamente lo que nos permite la posibilidad de generar puentes, esto a su vez, facilitará la identificación y creación de la tarjeta impreso. El programa EAGLE nos permite importar elementos que no se encuentran comúnmente en las librerías. Las librerías implementadas son: STM32F411 para el controlador, shields A4988 para el control de los motores de paso NEMA17. Estos fueron obtenidos de la página GitHub la cuál aloja una gran cantidad de proyectos para el diseño, programación entre otros aspectos. En la figura 29 se presenta el esquema electrónico correspondiente. Cabe recalcar que a la máquina se le implemento un conector hembra de tres pines para la alimentación de las fuentes, el conector cuenta con una fusible en caso de fallo.

**Figura 28**

*Esquema electrónico del circuito impreso.*



**Nota:** Esquema realizado en EAGLE para la obtención del circuito impreso. Presente en el anexo respectivo.

### 5.2.2.5.3.2. Esclarecimiento del circuito impreso.

Para el cálculo de las pistas se rige en base a la Norma IPC-2221 y se hace uso de la herramienta de cálculo de Digi-Key esta herramienta utiliza fórmulas de la IPC-2221 para calcular el ancho de un conductor de placa de circuito impreso de cobre o "traza" necesaria para transportar una corriente determinada mientras se mantiene el aumento resultante de la temperatura de la traza por debajo de un límite especificado. Si también se proporciona la longitud de la traza, también se calculan la resistencia total, la caída de tensión y la pérdida de potencia debido a la resistencia de la traza.

Los resultados son estimados; los resultados reales pueden variar dependiendo de las condiciones de aplicación. Se deberá tener en cuenta también que los anchos requeridos son significativamente más altos para las trazas en las capas internas de una placa de circuito en comparación con las de la superficie externa de una placa.

En esta se hace uso de las siguientes fórmulas:

Primero, se calcula el área:

$$A = \left( \frac{I}{k \times T_{Rise}^b} \right)^c$$

Para las capas externas de la IPC-2221:  $k = 0.048$ ,  $b = 0.44$ ,  $c = 0.725$ . Donde  $k$ ,  $b$  y  $c$  son constantes que resultan del ajuste de la curva a las curvas de la IPC-2221.

Luego, se calcula el ancho:

$$W = \left( \frac{A}{t \times 1.378} \right)$$

Donde los valores comunes propuestos en el caso de Cuenca, con temperatura ambiente de  $20^{\circ}\text{C}$ , un espesor de  $70 \mu\text{m}$ , definido industrialmente y en base a selección tradicional. Y un aumento de temperatura promedio de  $10^{\circ}\text{C}$ .

### Figura 29

Valores propuestos para el cálculo de pistas.

Corriente (I)	10.5	A	Temperatura ambiente	20	$^{\circ}\text{C}$ ▼
Espesor (t)	70	$\mu\text{m}$ ▼	Longitud de trazo	5	mm ▼
Aumento de temperatura ( $T_{Rise}$ )	30	$^{\circ}\text{C}$ ▼			

**Nota:** Definición de los valores que permitieron obtener el tamaño de pista para el circuito impreso.

Con estos valores podemos obtener el ancho mínimo de traza para nuestras pistas. Estos resultados son redondeados al inmediato superior. Dejando como mínimo en la placa un grosor de pistas de 2 mm.

### Figura 30

Valores conseguidos del ancho de pista



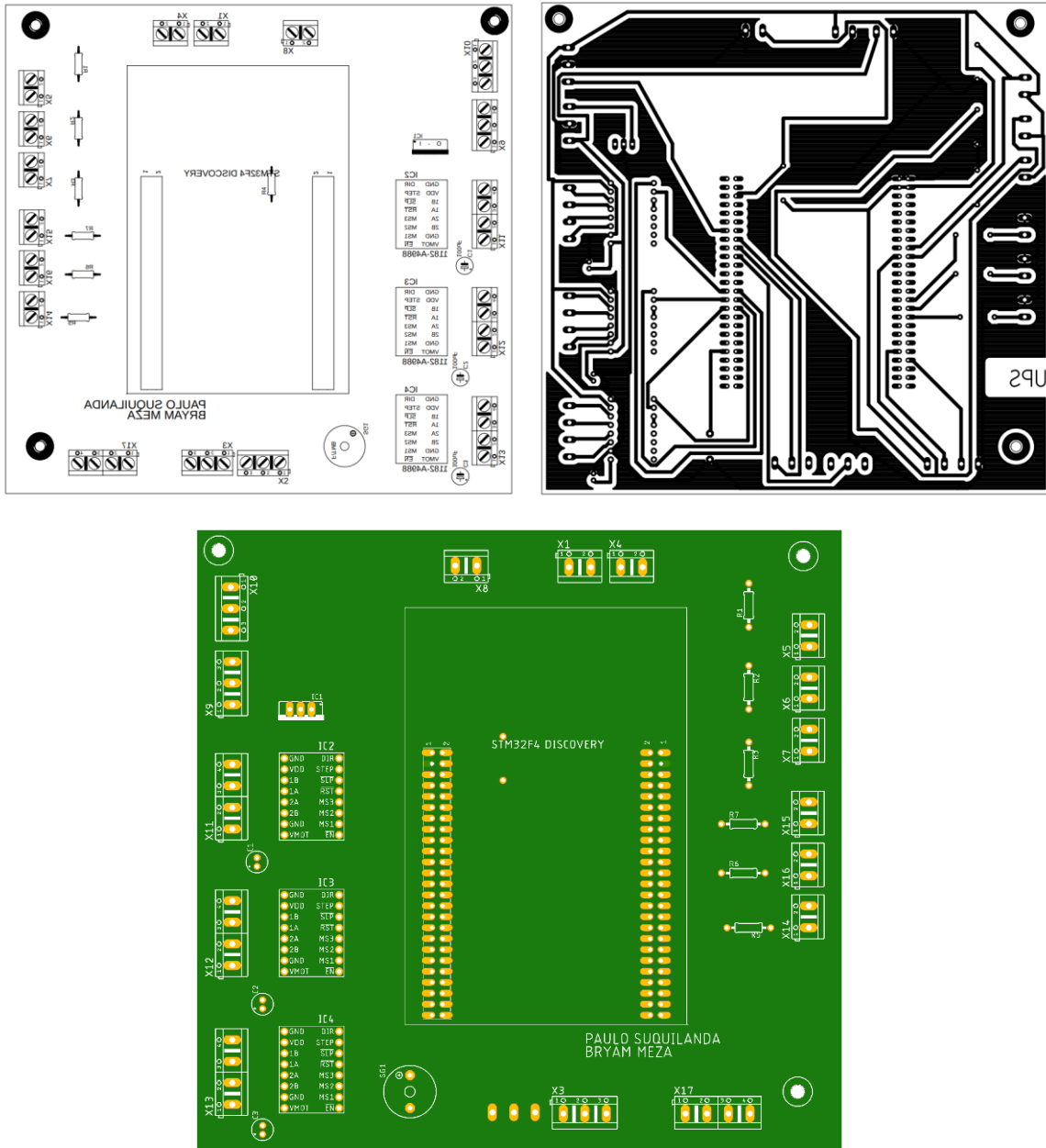
**Nota:** Resultados obtenidos del ancho de traza requerido donde se presenta la resistencia, caída de voltaje y pérdida de energía con el ancho de traza obtenido.

Estos valores se configuran respectivamente en el software EAGLE en el archivo generado en base al esquema electrónico. Dejándonos una placa de 15mm de largo y 14.5 mm de ancho viendo factible y óptimo, para el caso de mantenimiento una placa de simple o una cara, con 4 puentes mediante cables, evitando crear complejidad en el caso de que exista necesidad de imprimir otra placa. A esta placa se la recubre con aerosol transparente para evitar contacto con otros elementos metálicos del sistema.



**Figura 31**

*Serigrafía y circuito impreso*



**Nota:** Representación de serigrafía y circuito impreso para la composición de la PCB con el uso del software Autodesk EAGLE donde se identifican los elementos y pistas obtenidas en base al diseño del sistema electrónico y eléctrico.

### 5.2.2.5.3.3. Diseño y programación del controlador y pantalla HMI

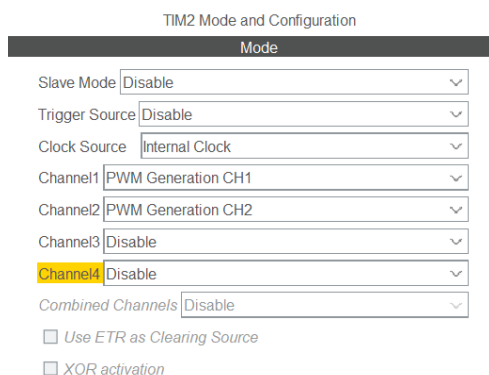
Con los componentes electrónicos y eléctricos definidos se procede a implementar el programa que permitirá el control de la máquina mediante una interfaz humano-máquina, esto nos permitió crear el funcionamiento adecuado de la máquina. Inicialmente, se realizó una prueba para identificar que los componentes funcionen correctamente codificando la placa de manera simple para generar movimiento en motores, ver las salidas de los sensores donde se escogió aplicar sus salidas digitales para la detección de elementos, el envío y recepción mediante comunicación serial para la obtener datos de la placa a la pantalla y viceversa, también se identificó el correcto trabajo de los fines carrera, leds y buzzer.

#### Programación en la placa STM32F411E-DISCOVERY.

Para efectuar el código en el controlador se usó el programa STM32CUBEIDE el cual se programa mediante un lenguaje programación C++. Para empezar, se identifican los componentes que se conectan a la placa para esto se define la configuración de pines tomando en cuenta el funcionamiento de cada elementos, en el caso de los motores de 12V se usaron pines digitales de salida; y en el caso del PWM que define la velocidad de los motores hacia sus respectivos controladores, se usaron pines que permiten el uso de “timers” para la generación de canales PWM donde se usaron dos canales para cada motor y como fuente se aplicó el reloj de referencia interno; ya que, para este no es necesario aplicar una fuente de reloj externa en la placa, como se muestra en la figura.

**Figura 32**

*TIM2 modo y configuración.*



**Nota:** Módulo de configuración de TIM2 en la sección timers para la generación de PWM.



al código principal en el caso de que sean necesarios, esto evita repetir un mismo código para cada una de las condiciones propuestas en un bucle donde se encuentra el código principal.

Cada condición representa un valor de recepción de datos que fue enviado por la pantalla mediante números hexadecimales hacia el controlador, si la condición cumple entonces se realiza el código respectivo. En el caso la interrupción, se encuentra dentro del código una sección establecida al momento de construir el código que depende del pin donde se colocó, dentro de esta interrupción se hizo el código para el conteo de hilo. Para la lectura del código completo véase los anexos adheridos.

### **Diseño y programación en la pantalla NEXTION NX3224To28.**

Para conseguir la interacción entre humano y la máquina la programación de la pantalla NEXTION se llevó a cabo en el programa brindado por la empresa. Con Nextion Editor se facilitó la programación de un GUI donde inicialmente se colocan el número de pantallas a usar, donde se aplicaron 6 páginas iniciando por la bienvenida y finalizando con la pantalla de contactos. Cada página cuenta con un valor; por lo que, mediante codificación se lograba entrar o salir de la pantalla con el uso de los botones. Dependiendo del botón que se pulse este realiza el envío de datos, para esto se imprime un número que identifique la página y otro que exprese el valor que está enviando el botón. La interfaz de la pantalla en conjunto con el programa se presenta en la figura 34.

### **Figura 34**

*Interfaz Nextion Editor.*



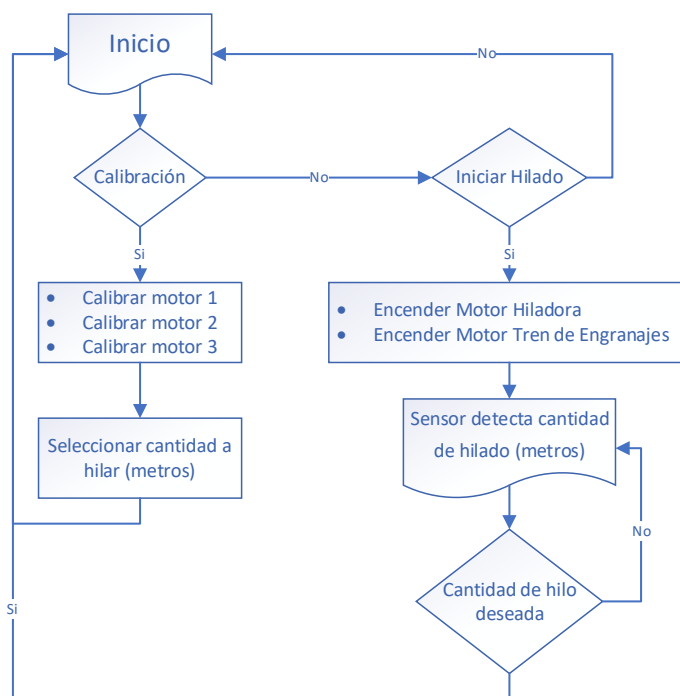
**Nota:** Interfaz del programa para la disposición de los elementos que interactúan con el usuario.

### Proceso y diagrama de funcionamiento en base al programa diseñado.

El proceso inicia con la interacción entre el operario y la interfaz de la máquina. Para ello, se necesitará que el operario siempre inicie con la calibración de la máquina cada vez que se vaya a comenzar desde cero el proceso de hilado; es decir, cada vez que se necesite comenzar con un hilo de referencia sobre el huso de la hiladora. Dicha calibración permite colocar los cilindros de sujeción en sus posiciones adecuadas para la correcta presión de estos sobre el vellón a hilar. A continuación, el usuario deberá seleccionar la cantidad de hilado que se desea obtener. Esta opción de calibración se deberá usar únicamente cuando el proceso se lo realice por primera vez, debido a que una vez ya configurado todos estos parámetros, se podrá simplemente iniciar el proceso de hilado en la siguiente ocasión. Para el proceso de hilado, solo se deberá aceptar la opción que encenderá los motores de la máquina y darán inicio con el proceso. Mediante un sensor, se determinará el momento exacto en el que la cantidad de hilado haya llegado a su valor de referencia, y la máquina procederá a finalizar el proceso.

**Figura 35**

*Diagrama de flujo del funcionamiento de la máquina*

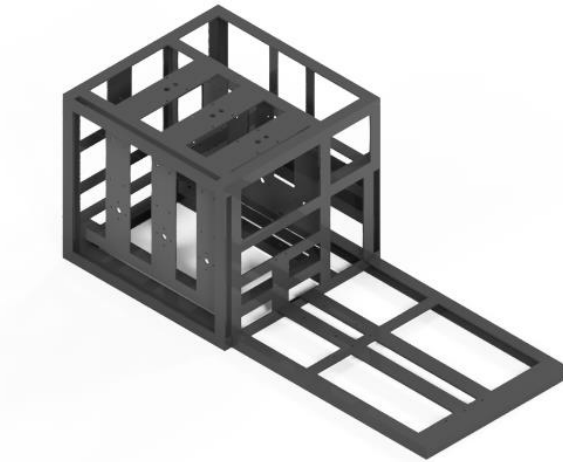


**Nota:** Diagrama de flujo que representa el proceso que se sigue con respecto al control de la máquina. Diagrama realizado en el software Visio.

### 5.2.2.6. Diseño estructural del prototipo

#### Figura 36

##### *Estructura*

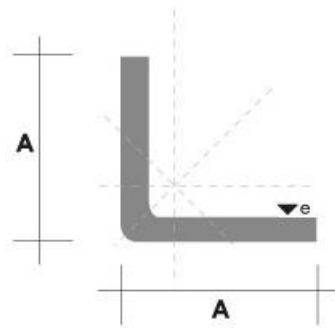


**Nota:** Representación tridimensional de la estructura realizada en Autodesk Inventor 2022 con todos sus componentes diseñados e identificados en los anexos respectivos.

En la sección de la estructura se cuenta con tres secciones las cuales son correspondientes a cada parte de la hiladora siendo así dividida por tren de engranajes, sistemas de rodillos y la hiladora. Estas serán armadas en base a lugares donde sea necesario la colocación de componentes y su unión se verá dada mediante soldadura eléctrica de tipo cordón y filete. Para estas secciones se identifica necesario platinas y ángulos estructurales de acero negro de calidad ASTM A36 – SAE J 403 1008 la cuál es identificada en base a la hoja de datos de DIPAC. Estas cuentan con un largo normal de 6 metros que posteriormente será reducido para la construcción de la máquina. Y el espesor base escogido será el de 3 mm este contiene la denominación AL 25x3 ya que cuenta con dimensiones de 25 mm de ancho. (DIPAC, 2022)

**Figura 37**

*Datos de ángulos*



Denominación	Dimensiones		Peso		Área
	mm		kg/m	kg/6m	cm <sup>2</sup>
	A	e			
AL 20X2	20	2	0.60	3.62	0.76
AL 20X3	20	3	0.87	5.27	1.11
AL 25X2	25	2	0.75	4.56	0.96
AL 25X3	25	3	1.11	6.68	1.41
AL 25X4	25	4	1.45	8.75	1.84
AL 30X3	30	3	1.36	8.13	1.71
AL 30X4	30	4	1.77	10.63	2.24
AL 40X3	40	3	1.81	11.00	2.31
AL 40X4	40	4	2.39	14.34	3.04
AL 40X6	40	6	3.49	21.34	4.44
AL 50X3	50	3	2.29	13.85	2.91
AL 50X4	50	4	3.02	18.33	3.84
AL 50X6	50	6	4.43	26.58	5.64
AL 60X6	60	6	5.37	32.54	6.84
AL 60X8	60	8	7.09	42.54	9.03
AL 65X6	65	6	5.84	35.25	7.44
AL 70X6	70	6	6.32	38.28	8.05
AL 75X6	75	6	6.78	40.65	8.64
AL 75X8	75	8	8.92	54.18	11.36
AL 80X8	80	8	9.14	56.84	11.60
AL 100X6	100	6	9.14	56.95	11.64
AL 100X8	100	8	12.06	74.05	15.36
AL 100X10	100	10	15.04	90.21	19.15
AL 100X12	100	12	18.26	109.54	22.56

También en galvanizado e inoxidable

**Nota:** Tabla para la selección y dimensionamiento de elementos estructurales (ángulos). (DIPAC, 2022)

**Sección tren de engranajes.**

Esta sección sufre un cambio donde se planteó eliminar la visibilidad de las tapas que sujetan y protegen los ejes. Por esta razón se expande en la parte lateral una sección en la que se podrán colocar una plancha que permita cubrir de manera amplia todos los elementos. Se presenta en dicho modelo en la siguiente figura:

### **Figura 38**

*Estructura (tren de engranajes)*



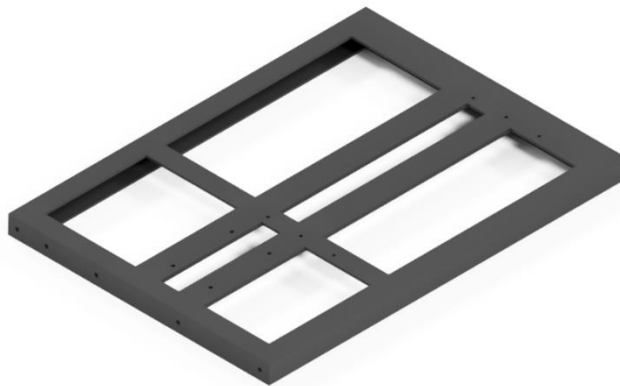
**Nota:** Representación tridimensional de la estructura realizada para la colocación de elementos que conforman el tren de engranajes.

### **Sección de hiladora y sistema de conteo.**

Esta sección disminuyó de tamaño en comparación a la del prototipo, pero manteniendo las posiciones de los elementos correspondientes. Se puede identificar dicha estructura en la siguiente figura:

### **Figura 39**

*Estructura (hiladora y sistema de conteo)*



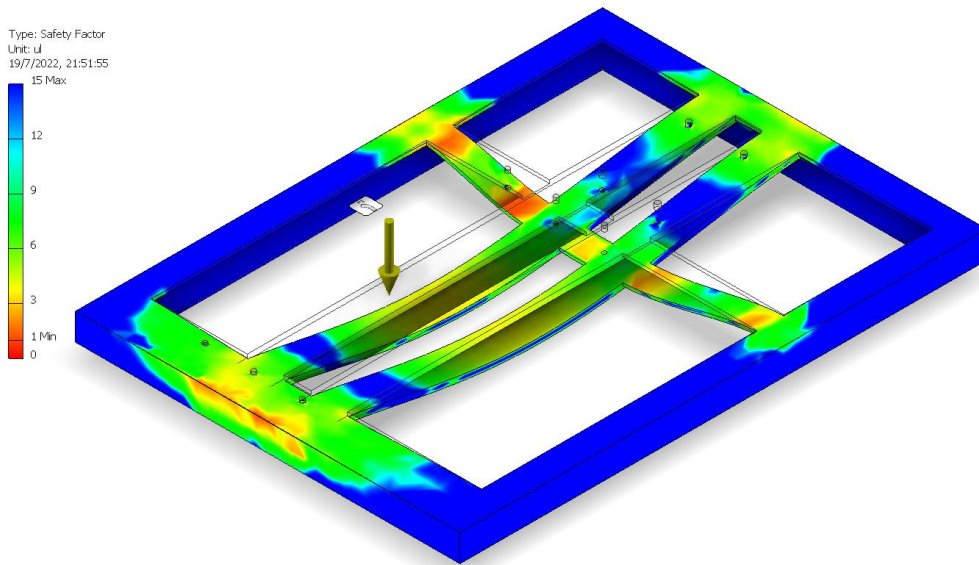
**Nota:** Representación tridimensional de la estructura realizada para la colocación de elementos que conforman la hiladora y el sistema de conteo.



Dentro de esta sección se soldaron elementos que permitirán la sujeción de los componentes, en este caso toda la hiladora double drive. Para ver si el elemento soldado soporta la carga se aplicó un estudio mediante el software Autodesk Inventor denominado como análisis de esfuerzos donde se consideró una carga última sobre el elemento base de sujeción representado por la masa de la hiladora double drive, y se identificó el factor de seguridad. Si el factor de seguridad es 1 decimos que la carga aplicada y la carga última son iguales. Para esto se define una carga de 2590 N obteniendo así un factor de seguridad de 1. Este se identifica en la figura 40 en la parte lateral izquierda (barra de colores) teniendo un mínimo de factor igual a la unidad.

**Figura 40**

*Análisis de factor de seguridad en la sección hiladora*



**Nota:** Representación tridimensional con carga aplicada de 2590 N a la sección de la hiladora double drive, para identificar el factor de seguridad mediante el análisis obtenido del software Autodesk Inventor 2022.

$$N = \frac{\text{Carga última}}{\text{Carga permisible}}$$

Si la carga última es igual a la permisible entonces:

$$N = \frac{2590 \text{ N}}{2590 \text{ N}} = 1$$

Conociendo la carga última de 2590 N se pudo obtener el factor de seguridad cuando se conoce el peso del sistema de rodillos para estos se obtiene la masa del sistema que brinda el software Autodesk Inventor 2022 y se suma la masa del motor obtenida de la tabla de datos, los cuales afectan sobre el elemento soldado. Teniendo así, un factor de seguridad alto:

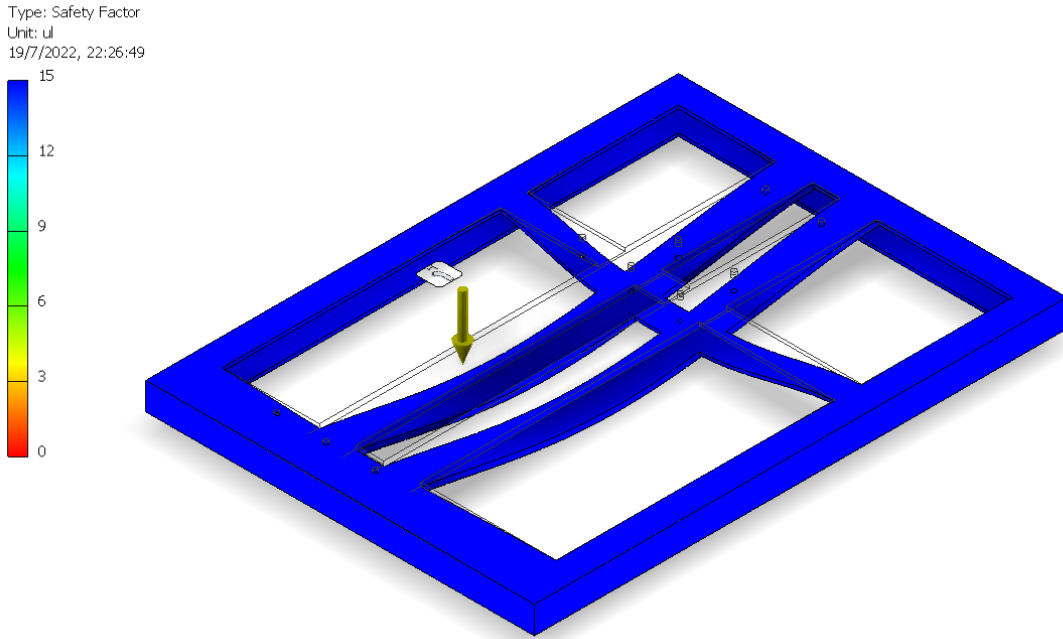
$$W = (\text{masa del sistema} + \text{masa del motor AmpFlow})(9.81)$$

$$W = (2.982 + 1.36)(9.81) = 42.595 \text{ N}$$

$$N = \frac{2590 \text{ N}}{42.595 \text{ N}} = 60.805$$

**Figura 41**

*Análisis de factor de seguridad en sección hiladora.*



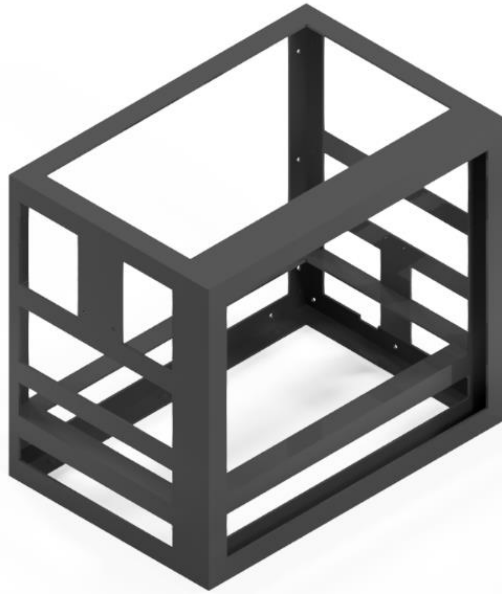
**Nota:** Representación tridimensional con carga aplicada de 42.595 N a la sección de la hiladora double drive, para identificar el factor de seguridad mediante el análisis obtenido del software Autodesk Inventor 2022.

**Sección de sistema de rodillos adhesivos de sujeción.**

Los cambios generados se presentan en el aparato lateral donde al igual que en la sección de tren de engranaje se da una pequeña expansión que permitirá ocultar las tapas de sujeción de los ejes. Se muestra en la siguiente figura.

**Figura 42**

*Estructura (sistema de rodillos adhesivos de sujeción)*

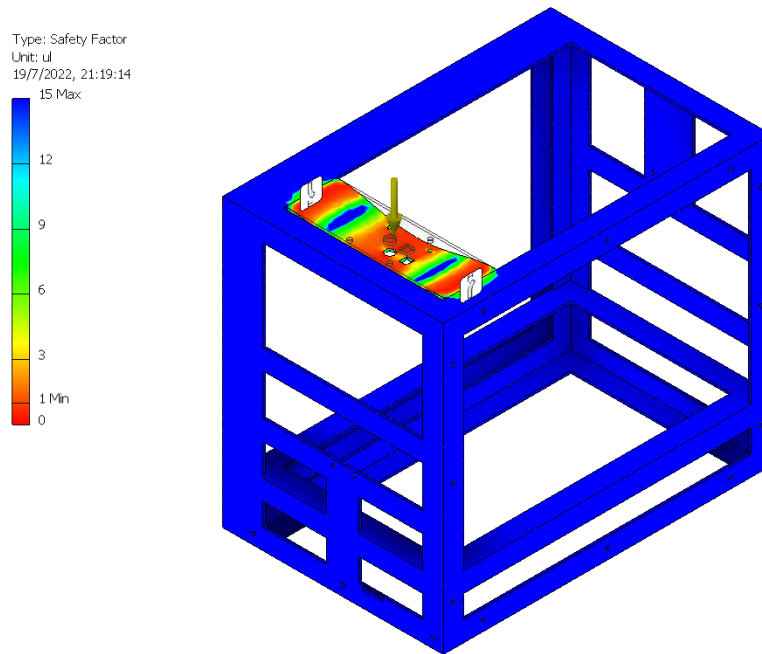


**Nota:** Representación tridimensional de la estructura realizada para la colocación de elementos que conforman el sistema de rodillos adhesivos de sujeción.

Dentro de esta sección se soldaron elementos que permitirán la sujeción de los componentes, en este caso todo el sistema de rodillos adhesivos de sujeción. Para ver si el elemento soldado soporta la carga se aplicó el estudio de análisis de esfuerzos donde se consideró una carga última sobre el elemento de sujeción representada por el peso del sistema de rodillos adhesivos de sujeción, y se identificó el factor de seguridad. Para esto se define una carga de 1650 N obteniendo así un factor de seguridad de 1. Este se identifica en la figura 43 en la parte lateral izquierda (barra de colores) teniendo un mínimo de factor igual a la unidad.

### Figura 43

Análisis del factor de seguridad en la sección de alimentación



**Nota:** Representación tridimensional con carga aplicada de 1650 N a la sección del sistema de rodillos adhesivos de sujeción, para identificar el factor de seguridad mediante el análisis obtenido del software Autodesk Inventor 2022.

$$N = \frac{\text{Carga última}}{\text{Carga permisible}}$$

Si la carga última es igual a la permisible entonces:

$$N = \frac{1650 \text{ N}}{1650 \text{ N}} = 1$$

Conociendo la carga última de 1650 N se pudo obtener el factor de seguridad cuando se conoce el peso del sistema de rodillos para estos se obtiene la masa del sistema que brinda el software Autodesk Inventor 2022 y se suma la masa del motor obtenida de la tabla de datos, los cuales afectan sobre el elemento soldado. Teniendo así, un factor de seguridad alto:

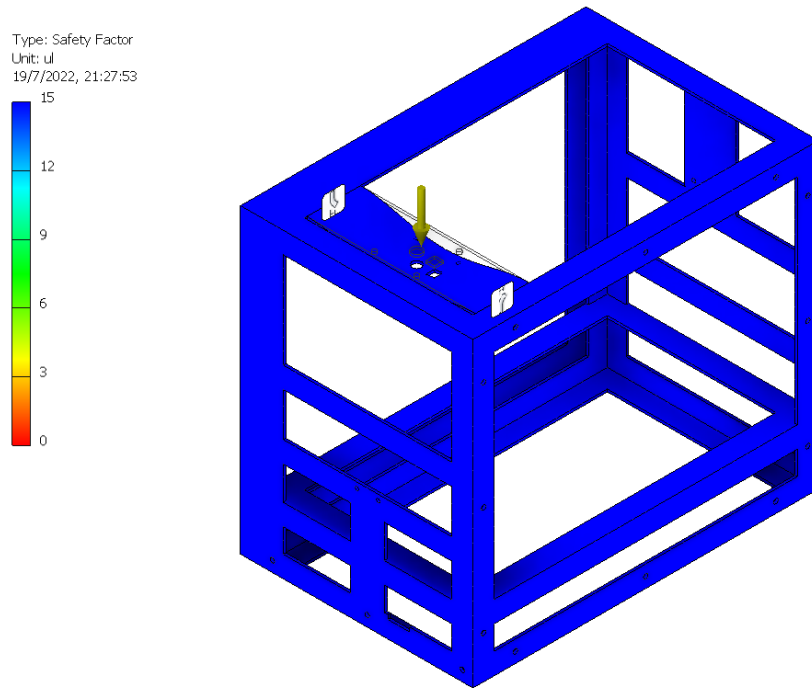
$$W = (\text{masa del sistema} + \text{masa del motor PAP})(9.81)$$

$$W = (1.081 + 0.280)(9.81) = 13.351 \text{ N}$$

$$N = \frac{1650 \text{ N}}{13.351 \text{ N}} = 123.58$$

## Figura 44

Análisis del factor de seguridad en la sección de alimentación.



**Nota:** Representación tridimensional con carga aplicada de 13.351 N a la sección del sistema de rodillos adhesivos de sujeción, para identificar el factor de seguridad mediante el análisis obtenido del software Autodesk Inventor 2022.

### 5.2.2.7. Identificación de costos a partir del diseño implementado.

En este aparato, se trata sobre los costos finales que se obtuvieron a partir de la propuesta para la máquina semiautomática de fibra de alpaca. Permitiendo identificar si la misma es adecuada para el proceso que se está realizando. Para esto se define los costos de cada uno de los apartados presentados en la propuesta dados en la tabla 22.

**Tabla 23**

*Tabla de costos (máquina hiladora semiautomática)*

Sección	Precio (\$)
Hiladora Double Drive	250 dólares
Sistema de tren de engranajes	200 dólares
Sistema de rodillos adhesivos de sujeción	290 dólares

Sistema de conteo	70 dólares
Sistema electrónico y eléctrico	250 dólares
Estructura	260 dólares
<b>TOTAL</b>	<b>1320 dólares</b>

**Nota:** Definición de costos obtenidos en base a la propuesta para la construcción de la máquina semiautomática de fibra de alpaca.

Dentro del mercado se identifican varios tipos de máquinas tanto artesanales, como industriales. Siendo el caso de las artesanales un costo mínimo de aproximadamente 700 dólares en sus versiones más simples, y de hasta 1000 dólares en sus versiones más complejas, recalcando que aquí el operador debe estar en continuo trabajo para realizar el hilado. En cuanto a las máquinas hiladoras industriales el costo mínimo encontrado es de aproximadamente 10000 dólares, siendo en su mayoría automática. Por lo que, es factible la construcción de una máquina que permita realizar un trabajo intermedio donde se buscó disminuir el trabajo de operador frente a una máquina artesanal y con el mejor costo.

### **5.2.3. Construcción de la hiladora de fibra de alpaca**

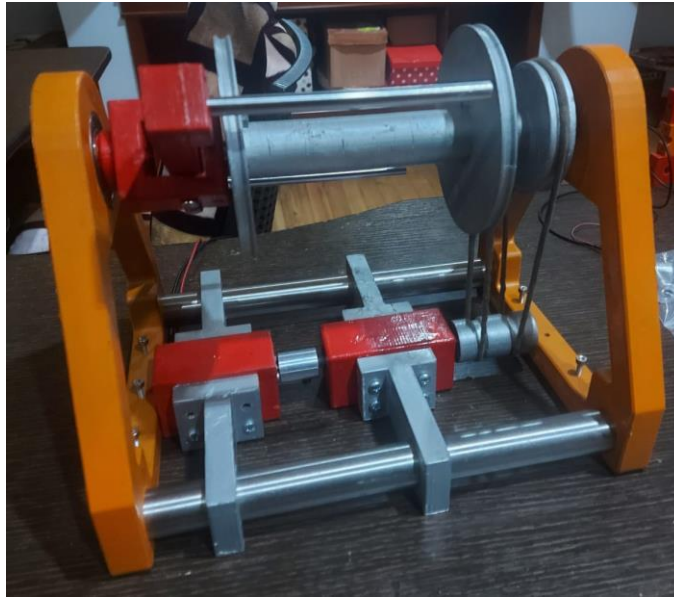
En este capítulo, se presenta la edificación de todos los elementos diseñados que se encuentran en los anexos respectivos, para estos se hará uso de diferentes tipos de fabricación donde se hizo uso principalmente de métodos como: la fabricación aditiva mediante impresión 3D para elementos con demasiadas particularidades, mecanizado de elementos, la identificación de elementos ya diseñados que sirve como implementación para generar movimiento como lo son los rodamientos, la soldadura de la estructura para la unión de ángulos y platinas que se identificaron en el diseño y la unión de todos los elementos mediante elementos de sujeción.

#### **5.2.3.1. Construcción de la hiladora double drive**

Los componentes tales como las paredes laterales izquierda y derecha, el volante, la bobinadora y los elementos de sujeción del motor y eje son realizados mediante fabricación aditiva con el material denominado como PETG. Y elementos como los acoples son realizados mediante mecanizado industrial en aluminio. Finalmente, los ejes tanto de arrastre presentes en el volante son fabricados en acero 45 chapado en cromo como dureza HRC58.

## Figura 45

*Hiladora double drive construida.*



**Nota:** Construcción de la maquina hiladora double drive la cual está conformada por el volante, bobina, motor, ejes y elementos de sujeción.

### **5.2.3.2. Construcción del tren de estiraje para la alimentación de la hiladora.**

En la sección del tren de engranajes para la definición de materiales se hizo uso de la fabricación aditiva para generar elementos como los engranajes, soporte del motor, el soporte de rodamientos y los rodillos dentados impresos tridimensionalmente mediante PETG. Los ejes que sujetan el sistema son fabricados en acero 45 chapado en cromo (acero cromado) y las chavetas fueron mecanizadas en acero de transmisión. Estos elementos dependen de la estructura como se muestra en la figura 39 se agregan al momento de la unión de todos los elementos tales como tronillos, tuercas, arandelas planas y de retención para evitar el movimiento de los engranajes.

## Figura 46

*Sistema de tren de engranajes construido*



**Nota:** Construcción del tren de engranajes el cual está conformado por el motor, ejes, acople, engranajes y elementos de sujeción.

En la sección de los rodillos adhesivos se definió de igual manera fabricación aditiva con material PETG para los brazos de sujeción del rodillo adhesivo, para los rodillos adhesivos se realizó el uso de moldes con ayuda de estos moldes se fabrica con material de caucho de poliuretano un elastómero adhesivo similar a los usados en bandas transportadoras para el transporte del hilo. Finalmente, los ejes se definió el uso de acero 45 chapado en cromo (acero cromado). En la figura 40 también se identifican los componentes tales como el tornillo sin fin M8 mecanizado y su respectiva tuerca de bronce.



## Figura 47

### Sistema de rodillos adhesivos construido



**Nota:** Construcción del sistema de rodillos adhesivos para la alimentación de hilo dentro de la máquina.

Anterior a la colocación se realizó un proceso de lijado, con una lija de agua número 1200 para eliminar virutas y obtener materiales lisos. Lo que se buscó con este proceso, es evitar que el vellón que se transporta por los rodillos dentados se adhiera a ellos y genere abultamiento de materia prima.

### 5.2.3.3. Construcción del sistema de conteo

Para la construcción del sistema de conteo se hace uso de fabricación aditiva de igual manera mediante impresión 3D con material PETG para las ruedas (acanalada y agujerada). Para la sujeción y transporte de estos componentes se hace uso de un tornillo de acero M8, en conjunto con su tuerca.

## Figura 48

### *Sistema de conteo construido*



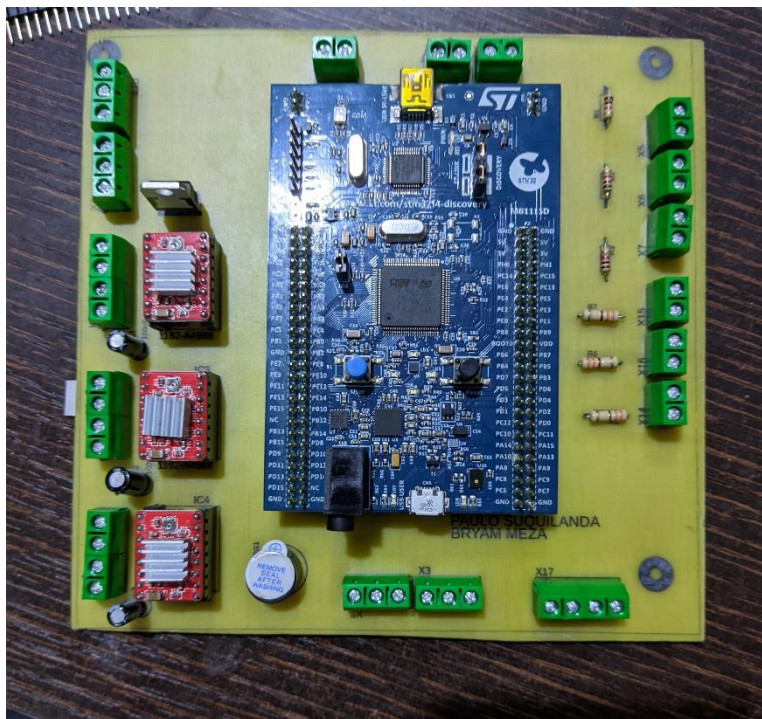
**Nota:** Construcción del sistema de conteo el cual está conformado por el rodillo agujerado, rodillo con canal y elementos de sujeción.

#### **5.2.3.4. Construcción del sistema eléctrico y electrónico**

Para el sistema eléctrico y electrónico, se construye la placa PCB presente en la figura 42 en esta se encuentran los elementos básicos para el control y funcionamiento de los elementos electrónico y eléctricos. Para la unión mediante cables se vio necesarios el uso de bornes, los cuales se identifican mediante la serigrafía en la parte superior. La placa se encuentra ordenada en función del diseño del circuito; es decir, se tiene en las secciones laterales los drivers respectivos para el control de los motores PAP, en el centro la placa de control STM32F411 Discovery, en la parte superior los “bornes” para la alimentación de componentes y controlador, en la sección derecha salidas para los fin carrera y los leds verde, amarillos y rojo para identificar el funcionamiento de la máquina. Finalmente, en la parte inferior se encuentran las salidas que se conectaran con los drivers de cada motor, y una salida para un “buzzer” que tiene la función de alarma para la máquina.

**Figura 49**

*Sistema eléctrico y electrónico montado*



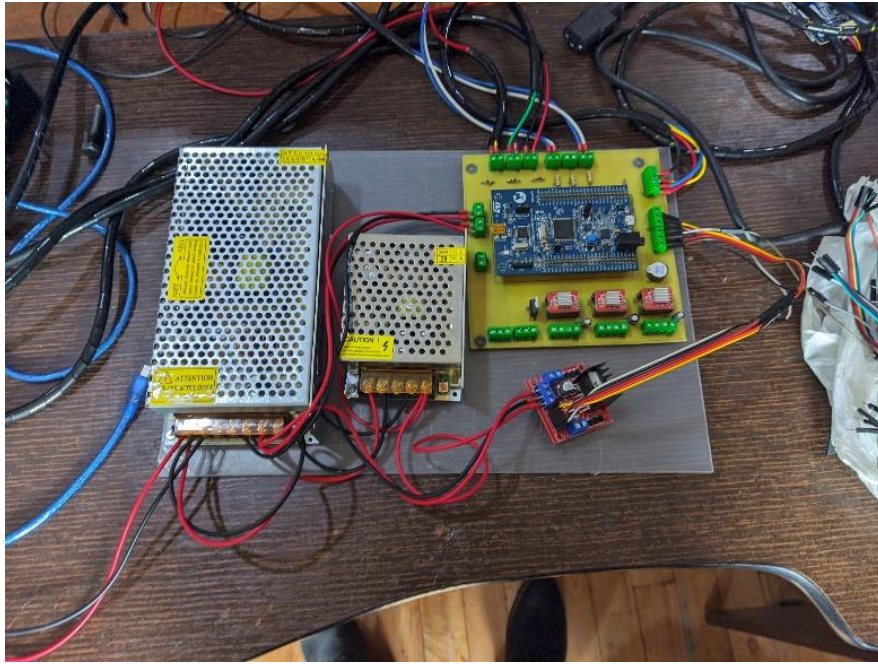
**Nota:** Construcción del sistema eléctrico y electrónico el cual está conformado por los controladores de los motores, microcontrolador, bornes, buzzer, resistencias y condensadores.

Posteriormente, se definen cables flexibles para facilitar la colocación, movimiento y evitando la ruptura y rigidez al momento al momento del ensamblaje de la máquina y en el caso de que sea necesario realizar mantenimiento. Para los cables flexibles se realizó el uso de dos diámetros diferentes siendo el AWG 14 para la red de 5V con 5A y AWG 10 para la red de 12V y 20A. Para esto se hace uso de la tabla Wire Gauge vs. Amps donde al tener una distancia de 4.57 metros para 20 A como consumo máximo se necesita de un cable AWG 10. (Engineering ToolBox, 2004)

Para evitar que exista movimiento en cada componente y daños al momento de unir la parte eléctrica y electrónica con la parte estructural se hace uso de un polímero termoplástico altamente transparente (PMMA) como se muestra en la figura 43. Esto evita el contacto de las partes metálicas de la máquina con las partes electrónicas y eléctricas logrando impedir un corto de los dispositivos.

## Figura 50

*Sistema eléctrico y electrónico (conexión)*



**Nota:** Sistema electrónico y eléctrico completo donde se identifican las fuentes de alimentación conmutadas y la tarjeta PCB y los shield.

### 5.2.3.5. Construcción de la estructura

Dentro de este apartado, se tomó en cuenta la selección de materiales donde se aplicó soldadura de arco por electrodo revestido (SMAW) a todos los elementos de unión, para el tipo de unión se aplicó un cordón de soldadura. Buscando obtener la mayor precisión posible cada una de las uniones se escuadro dejando así las tres secciones diseñadas las cuáles serán unidas con el fin de obtener un solo sistema estructural para esto se necesitó de elementos de sujeción tales como tornillos, arandelas planas y tuercas.

En la figura 51 se identifica el resultado final. Para el pintado de los elementos se realizó un proceso de galvanizado en caliente obteniendo un resultado óptimo que evita daños en la estructura.



## Figura 51

### *Estructura construida*



**Nota:** Construcción de la estructura soldada con elementos seleccionados.

Por último, con todos los sistemas montados finalmente se ensambla la parte mecánica y electrónica en conjunto con la parte estructural. Posteriormente, se conectan cada uno de los elementos tales como la hiladora, sistema de conteo, y sistema de tren de estiraje a la placa PCB. Finalmente, se colocan planchas de 1mm de grosor que permiten proteger y resguardar los elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos; para la sujeción de estas planchas se hace uso de elementos como tornillos tripa de pato y remaches de acero en caso de que no se requiera la extracción de la plancha. Donde se logró obtener el resultado mostrado en la figura 52.

## Figura 52

### *Máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca*



**Nota:** Construcción final de la máquina donde se presenta cada una de las secciones en base a los diseños definidos. Se presenta la interfaz HMI, leds, tren de estiraje, hiladora double drive y el sistema de conteo.

#### 5.2.4. Evaluación de la hiladora de fibra de alpaca

Se dan a conocer las diferentes calibraciones que la hiladora requiere para que pueda funcionar de manera correcta. Cada una de estas calibraciones se realizan con el propósito de poder evaluar el rendimiento que puede llegar a tener la máquina durante el proceso de hilado para el tipo de vellón escogido.

##### **Evaluación del sistema electromecánico.**

Como primera fase de evaluación, se procedió a verificar que cada uno de los mecanismos funcionaran de manera adecuada sin necesidad de realizar la fase de control; es decir, que puedan funcionar de manera adecuada sin necesidad de automatizar el proceso.

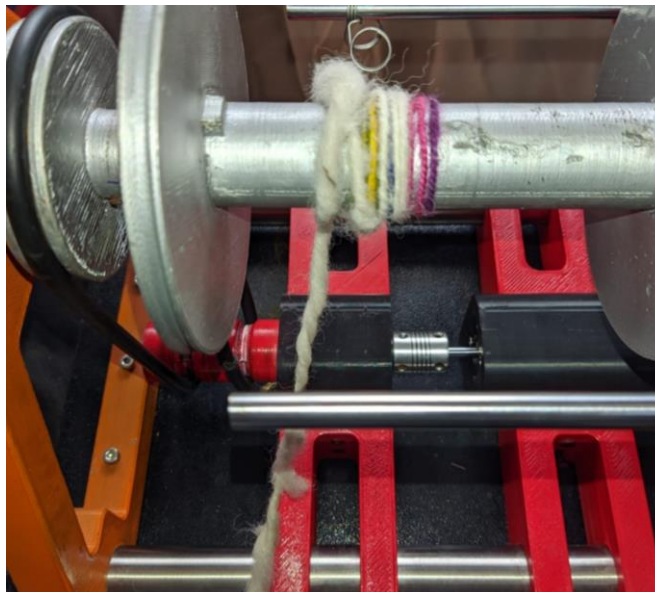
- **Hiladora**

Para el conjunto de la hiladora, se procedió a hilar de manera manual sin necesidad de realizar ningún tipo de comandos de uso. Se dio uso simplemente del actuador y un variador de PWM con la intención de poder modificar su velocidad de giro y, por lo tanto, proceder así a realizar un tipo de hilado con una torsión específica.

Al realizar pruebas del mecanismo de la hiladora con diferentes velocidades de giro del actuador, se puede determinar un rango de funcionamiento. Este rango depende directamente del vellón que se desea realizar el hilado, pues al calibrar el variador de velocidad de tal forma que el motor gire a su máxima velocidad, la torsión efectuada por el sistema de poleas es excesivamente alto, y esto a su vez, termina dañando tanto el vellón de alpaca hilado, como el sistema de recogido; esto último sucede debido a que el vellón al estar con exceso de torsión, este llega a enredarse generando así abultamiento en la entrada del orificio de la hiladora, y por lo tanto, llega a obstruir el paso del vellón hilado y deteniendo el proceso.

**Figura 53**

*Vellón con exceso de torsión*

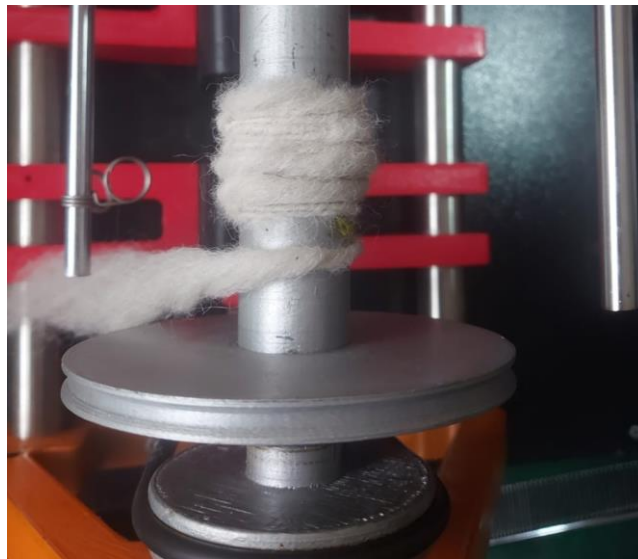


**Nota:** Existe exceso de torsión durante el proceso de hilado, lo que genera un hilo que se puede llegar a enredar con demasiada frecuencia

Por otra parte, si en su lugar la velocidad de giro es demasiado lenta, el proceso se vuelve ineficiente; esto debido a que, al realizar una torsión demasiado lenta, el vellón puede llegar a no hilarse de una manera adecuada y al igual que en el anterior caso, esto generaría que la velocidad de arrastre al ser mayor que la velocidad de torsión, el vellón intente ingresar por el orificio de entrada de la hiladora sin realizar su hilado de manera correcta y, por lo tanto, obstruiría nuevamente la entrada deteniendo así el proceso.

### **Figura 54**

*Vellón con poca torsión*



**Nota:** Existe poca torsión durante el proceso de hilado, lo que genera un hilo bastante grueso y con poca resistencia.

En cuanto al rendimiento del sistema en función de la alimentación eléctrica, se establece que al variar el PWM del motor de la hiladora, se consigue variar tanto la velocidad de giro de su eje, como el torque otorgado por el mismo. Esta variación de torque suministrado genera dos tipos de fallas. Al igual que se determinó un rango de velocidades para el funcionamiento de la hiladora en base al tipo de hilado que se desee realizar, se establece un rango para los límites permitidos de la potencia suministrada al motor de este mecanismo. Esto debido a que, al suministrar la completa potencia que requiere el actuador, las bandas de transmisión suelen descarrilarse de su polea. Por otra parte, al suministrar muy poca potencia al motor, el torque ejercido por el mismo no es lo suficientemente alto para poder hacer funcionar al mecanismo.



## Figura 55

### *Banda de transmisión descarrilada*



**Nota:** Al existir exceso de suministro de potencia por el eje del motor al mecanismo, existe descarrilamiento de la correa en la polea. Esto a su vez cancela la acción de arrastre del vellón.

#### ▪ **Sistema de alimentación**

El sistema de alimentación consta del tren de engranajes y del sistema de sujeción. Para realizar las respectivas pruebas de funcionamiento, el sistema de alimentación debe transportar y estirar el vellón que se desea hilar. Al evaluar el rendimiento de este mecanismo, se determina que el proceso de transporte realizado por el tren de engranajes se realiza de manera correcta, siempre y cuando los cilindros además de realizar presión sobre los rodillos, estos sirvan como guía para que el vellón sea forzado a estar en contacto con los mismos y, por lo tanto, desplazarse por toda la caja de alimentación.

Por otra parte, para el proceso de estiraje se establecen diferentes valores para el posicionamiento de los cilindros de goma con respecto a los rodillos ranurados. Estos valores dependen de la presión permitida que se puede ejecutar del cilindro sobre el rodillo. Por ejemplo, al posicionar los cilindros demasiado cerca de los rodillos se obtiene una presión muy alta, por lo que, al realizar el transporte del vellón, este tiende a deformar y retirar material en exceso, volviendo así ineficiente el proceso de alimentación. Sin embargo, si los

cilindros se posicionan de tal manera que no exista demasiado contacto entre los mismos y los rodillos, esto ocasionaría que el proceso de estiraje no se ejecute. A su vez, como se explicó en el anterior párrafo, al no existir una guía para el transporte del vellón, este simplemente se llegaría a enredar en los rodillos ranurados.

### **Figura 56**

*Vellón atascado en el rodillo ranurado*



**Nota:** Al existir exceso de bulto de vellón en la alimentación, existe el riesgo de que este se llegue a enredar y, en consecuencia, se bobine en el rodillo.

### **Evaluación del control y funcionamiento de la máquina hiladora.**

Finalmente, en este espacio se darán a conocer las diferentes calibraciones a considerar para que la máquina pueda operar de manera autónoma mientras que todos sus subsistemas mecatrónicos funcionan de manera sinérgica. Para ello, en función de las evaluaciones anteriormente realizadas de cada uno de los conjuntos por separado, se procederá a relacionar el funcionamiento de cada uno de estos entre sí.

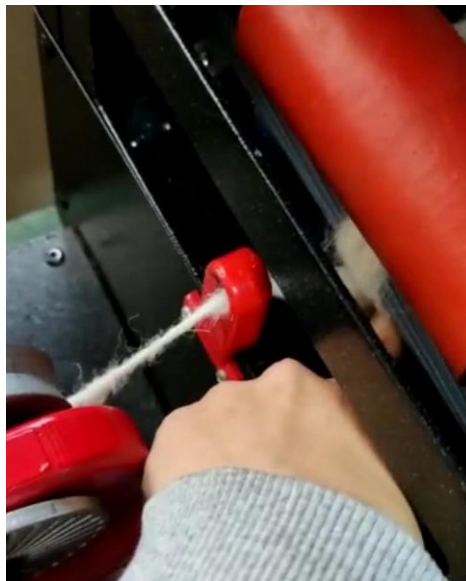
Se debe evaluar el funcionamiento del mecanismo de hilado y el mecanismo de alimentación de manera conjunta. Para ello, se debe definir valores de velocidades específicos para el eje del motor de la hiladora, y el eje del motor del tren de engranajes; a su vez, se debe establecer una correcta posición de los cilindros de caucho sobre los rodillos ranurados. Si bien cada mecanismo tiene sus propias consideraciones para la elección de la velocidad con la que estos deben trabajar, al juntarlos se necesita establecer una velocidad de

producción de tal forma que el un conjunto pueda trabajar al mismo ritmo que el otro. Por ejemplo, al establecer una velocidad para el motor de la hiladora en función de la torsión que se desee realizar, este poseerá una velocidad de arrastre (esta velocidad de arrastre será siempre la misma independientemente de la torsión que se desee realizar), por lo que esta velocidad deberá ser lo más igual posible a la velocidad con la que se realiza la alimentación.

Al realizar las pruebas de funcionamiento, se logró determinar los valores que requieren los diferentes actuadores de la hiladora, mismos que servirán como puntos de referencia para realizar su correcta calibración. Esta calibración se establece con la intención de poder estandarizar el proceso lo más posible. Las consideraciones para el rango permitido de la velocidad del motor de la hiladora son las mismas; sin embargo, la velocidad del motor del tren de engranajes deberá variar en función de la velocidad con la que se realiza el bobinado del hilo. Eso es así debido a que, al tener una velocidad completa por parte del actuador del sistema de alimentación, esto genera que el transporte del material sea demasiado rápido. Por lo que, al no completarse la torsión y el bobinado del hilo, se llega a obstruir vellón en la salida de la alimentación y a su vez, se llega a enredar en los rodillos ranurados. Dicho fallo se puede observar mejor en la siguiente figura.

### **Figura 57**

Vellón atascado en la salida de la alimentación



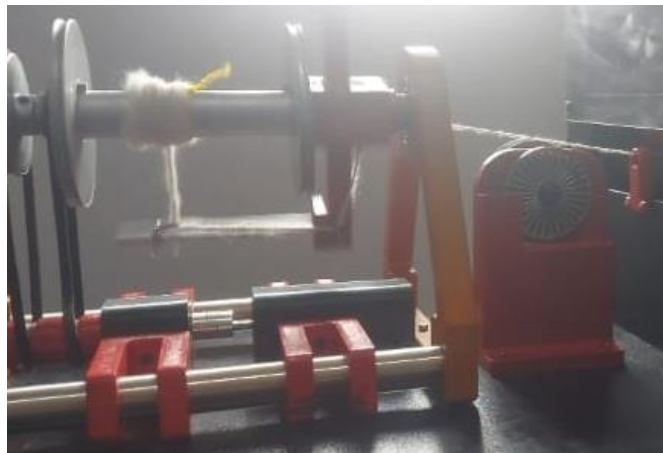
**Nota:** Obstrucción en la salida de la alimentación a causa del enredamiento del vellón en el rodillo ranurado final.

Por otra parte, si la velocidad del motor del tren de engranajes es muy lenta, ocasiona que el proceso de hilado sea disparejo entre la torsión y el bobinado. Esto último se debe a que, al realizar una alimentación más lenta, la hiladora está realizando exceso de torsión antes de recoger el vellón hilado. Si recordamos de las evaluaciones hechas sin la interacción entre los conjuntos, al tener un exceso de torsión en el hilado, se genera enriando del hilo y a su vez, obstruye su entrada a la hiladora. Otro factor a considerar si la velocidad de alimentación es muy lenta, es que antes de que se obstruya la entrada a la hiladora, el proceso de recoger el hilo se sigue realizando a mayor velocidad que el proceso de transporte del vellón, por lo que existe riesgo a ruptura del vellón en la salida de la alimentación.

Al transportar el vellón por el sistema de conteo, se determinó que este permite solo hasta un máximo de grosor en función del ancho de la ranura de la polea. Esto debido a que, si se desea hilar un vellón de cordón con diámetro muy grande en comparación al ancho de la ranura existente en la polea que conforma el sistema de conteo, este se puede llegar a descarrilar de la rueda y, por lo tanto, dejar de realizar su proceso de conteo.

### **Figura 58**

*Vellón descarrilado del sistema de conteo*



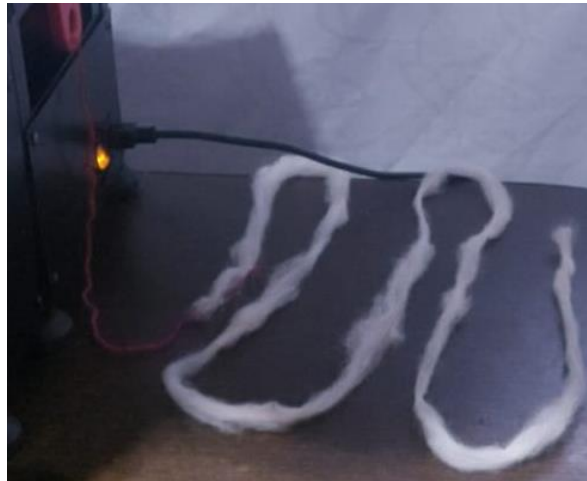
**Nota:** Si el vellón a hilar posee un diámetro demasiado alto, este perderá pista en el sistema de conteo durante su transporte a la hiladora, lo que provocaría que la máquina siga operando sin realizar el conteo del hilo producido.

Debido a lo anterior comentado, se procedió a definir un grosor de vellón uniforme y de un diámetro establecido. Para ello, se requiere procesar el vellón obtenido en el proceso

anterior al hilado, es decir, el cardado. El objetivo es poder realizar un cordón lo bastante compacto y de diámetro reducido, capaz de transportarse por el sistema de conteo sin descarrilarse del mismo. Además, se desea preparar la cantidad suficiente de material de entrada a la máquina; pues si la máquina durante su funcionamiento carece de alimentación, la misma no completará la cantidad de metros a hilar.

### **Figura 59**

*Cordón para el proceso de hilado*



**Nota:** Se procesa el vellón cardado con el fin de obtener un cordón de fibras lo bastante compacto y uniforme

Una vez realizadas las pruebas anteriormente mencionadas, se procedió a dar uso del sistema de conteo para realizar el control de toda la máquina y, a su vez, a realizar las respectivas pruebas finales con el uso de la interfaz HMI.

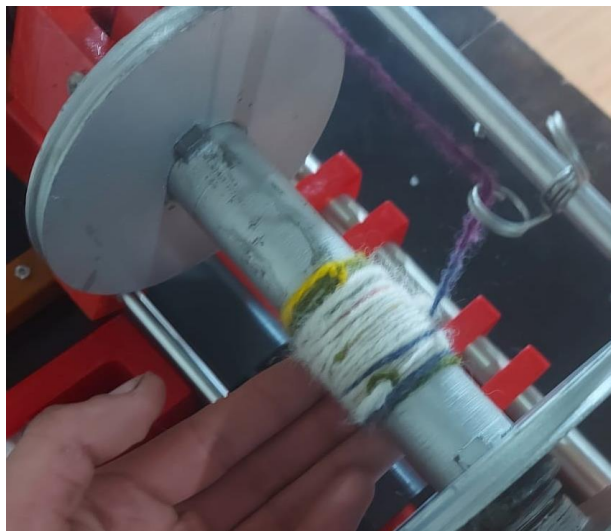
En estas pruebas finales, se logró determinar un correcto funcionamiento de todo el sistema de hilado en la máquina. Esto es:

- Se realizan cada uno de los comandos establecidos mediante la interacción con la interfaz HMI como se estableció en el programa
- Los procesos de calibración se ejecutan de manera correcta cumpliendo los mecanismos en función de los sensores y actuadores

- El proceso final de hilado se realiza de manera autónoma siempre y cuando el usuario calibrara de manera correcta la máquina y se halla preparado un cordón del vellón lo suficientemente largo para cumplir con la cantidad establecida a hilar.
- El sistema de conteo funciona de manera correcta, lo que permite al sistema de control realizar lo establecido según su diagrama y, por lo tanto, la planta trabaja en función de este control de encendido/apagado automático de la máquina una vez completada la cantidad de metros a hilar.

### **Figura 60**

*Obtención del hilo deseado*



**Nota:** Se obtiene un hilo deseado gracias al correcto funcionamiento de la máquina con un proceso de hilado uniforme y automático.

Finalmente, se establece una tabla como resumen que permite observar las variables específicas a considerar para obtener una correcta calibración de los diferentes sistemas que conforman la máquina. Esta calibración a su vez permite determinar los valores específicos en los que la máquina puede trabajar y realizar el proceso de hilado de manera correcta en función de la torsión que se desee establecer al hilo. A su vez, en la tabla se establece las posibles fallas o errores que se pueden ocasionar en el proceso, debido al cambio de estos valores especificados.

**Tabla 24***Calibraciones posibles para el uso de la máquina*

Motor hiladora	Motor PAP 1	Motor PAP 2	Motor PAP 3	Motor tren de engranajes	Funcionamiento
Voltaje de alimentación	Pasos			Valor PWM	
7V a 8V	510	460	470	225 / 255	Correcto funcionamiento del hilado. Se puede variar la velocidad del motor de la hiladora en función del voltaje de alimentación con el uso del variador PWM. Esta variación permite realizar diferentes tipos de torsión.
7V a 8V	510	460	470	>225/255	Existe obstrucción de material en la salida de la alimentación, lo que genera enriando del vellón en los rodillos y cancela el proceso de hilado.
7V a 8V	510	460	470	<225 / 255	Existe ruptura del vellón en la salida de la alimentación. A su vez, existe exceso de torsión el proceso de hilado. Ambos factores cancelan el proceso de hilado.
7V a 8V	>510	>460	>470	225 / 255	Existe demasiada presión entre los cilindros de caucho y los rodillos ranurados, lo que genera deformación y exceso de retiro de material en el vellón. Se puede considerar funcionamiento deficiente.
7V a 8V	<510	<460	<470	225 / 255	No existe proceso de estiraje en el vellón y a su vez, se genera un mal transporte y atascamiento del material con los rodillos ranurados. El proceso de hilado se cancela.
>8	510	460	470	225 / 255	Existe exceso de torsión en el proceso de hilado, lo que genera atascamiento y obstrucción del hilo en la entrada de la hiladora. A su vez, el uso completo de potencia en el motor genera vibración en el conjunto, lo que ocasiona el descarrilamiento de las bandas de transmisión en las poleas. Ambos defectos cancelan el proceso.
<8	510	460	470	225 / 255	Existe poca potencia ejercida por el motor al sistema de hilado, por lo que el conjunto no puede funcionar y no existe trabajo del mismo.

**Nota:** Resumen de las evaluaciones realizadas para determinar el correcto funcionamiento de la máquina hiladora semiautomática.

## 6. Resultados

### 6.1. Condiciones iniciales de la hiladora de fibra de alpaca

En base al prototipo previo se obtienen las parametrizaciones iniciales que afectan a cada uno de los componentes de la máquina semiautomática hiladora. Dentro de estos se encuentra la determinación del principio de funcionamiento de cada uno de los mecanismos que conforman el prototipo. El mecanismo de la hiladora funciona mediante un sistema “Double Drive”; el sistema de alimentación trabaja mediante un tren de engranajes y un sistema de sujeción; el prototipo realiza el proceso de control mediante el uso de un sistema de conteo, para realizar la operación de encendido/apagado del mismo.

Por otra parte, mediante las tablas 2, 3, 4 y 5 se pueden observar los diferentes materiales como algunas de sus características, de los elementos y piezas que conforman el diseño del prototipo. Estas características son el estado actual del material y el peso correspondiente de cada elemento, como el peso total del conjunto.

A su vez, se determinó el funcionamiento y necesidad de cada uno de los elementos electrónicos y eléctricos que conforman la máquina. Mediante sensores y actuadores integrados a un sistema de control con el uso de un microcontrolador, se da funcionamiento a toda la planta que conforma el prototipo. Se tiene una pantalla LCD como medio de visualización para el usuario, y un “encoder” especial que permite interactuar con el prototipo para la emisión de sus operaciones. También se obtiene la información del consumo de los elementos electrónicos y, mediante las tablas 6 y 7 se determina el voltaje y corriente necesaria para la alimentación del sistema.

### 6.2. Optimización mecánica y electrónica de una hiladora de fibra de alpaca

Con la identificación de las condiciones iniciales, se determinan variables a optimizar para la máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca. Inicialmente, mediante la aplicación de selección de materiales con la ayuda de los diagramas de Ashby representados en la figura 10, se obtiene como resultado el material óptimo para la fabricación aditiva. De los elementos que aplican esta tecnología se diseñaron los planos que identifican cada uno de los componentes de la máquina. Y, mediante el método tradicional, se identifican los



materiales que conforman los demás componentes como elementos de sujeción y transporte, y elementos estructurales y de soporte.

En la sección de cuantificación, para el sistema de hilado se determinó que la velocidad de producción de hilado, ofrecida por el sistema “Double Drive” con el diseño propuesto, es de  $2.357 \text{ mm/s}$ . Por otra parte, en función de las relaciones de transmisión, las cuales están influenciadas por el estiraje mecánico que se desee realizar en sistema de alimentación, y el módulo de engranajes, se determinan las características esenciales para el diseño de las ruedas dentadas. Dichas características se tabularon en la tabla 9. En el sistema de sujeción, se obtiene como resultado el torque necesario para realizar el transporte de los componentes; dicho torque requerido es de  $0.014 \text{ Nm}$  por cada brazo. Con la distancia entre ranuras de  $6.25 \text{ mm}$  en el sistema de conteo, se obtiene que para  $50 \text{ m}$  de hilado se requiere del conteo de  $8000$  ranuras; para  $100 \text{ m}$  se requiere de  $16000$  ranuras; y así sucesivamente.

Con las gráficas de rendimiento brindados por AMPFLOW para la selección del motor, se determina que para  $12 \text{ V}$  la velocidad del motor M27-150 será de  $2420 \text{ rpm}$  con una eficiencia del  $60.5\%$ . Por otra parte, mediante el cálculo de las sumatorias de las corrientes requeridas para el trabajo correcto de los componentes electrónicos, se definen sus consumos en las tablas 21 y 22; por lo que, se determinaron dos fuentes de alimentación conmutadas de  $5 \text{ V}$ ,  $5 \text{ A}$  y  $12 \text{ V}$ ,  $20 \text{ A}$ . Para el diseño de la tarjeta electrónica, mediante la colocación específica de componentes, se obtuvo un circuito impreso de capa simple. A su vez, mediante la norma IPC-2221, se determinó un ancho de pista de  $1.975 \text{ mm}$  con una resistencia de  $0.000674 \Omega$ , una caída de voltaje de  $0.00708 \text{ V}$  y una pérdida de energía de  $0.0743 \text{ W}$ .

Para la fase de diseño estructural, mediante la selección de materiales con el método tradicional, se definió ángulos y platinas estructurales de acero negro con calidad ASTM A36-SAE J 403 1008. Con el análisis de factor de seguridad, se obtiene una carga última en la sección estructural de la hiladora de  $2590 \text{ N}$  con un factor de seguridad mínimo de  $1$  y máximo de  $15$ ; por otra parte, con la carga del sistema de hilado ( $42.595 \text{ N}$ ) se obtiene un factor de seguridad de  $60.805$ . En la sección del sistema de rodillos, se obtiene una carga última de  $1650 \text{ N}$  con un factor de seguridad mínimo de  $1$  y máximo de  $15$ ; por otra parte, con la carga del sistema de rodillos adhesivos ( $13.351 \text{ N}$ ) se obtiene un factor de seguridad de  $123.58$ .

### 6.3. Construcción de la hiladora de fibra de alpaca

Los resultados obtenidos en la construcción en base a la propuesta de diseño, cumplen con cada una de las especificaciones de las dimensiones, geometrías y materiales establecidos. Por otra parte, los acabados superficiales y las tolerancias dimensionales permitieron realizar un ensamblaje correcto y sin complicaciones entre elementos como ejes y acoples, rodamientos, piñones, elementos realizados por fabricación aditiva, cilindros de caucho, entre otros. La estructura de cada una de las secciones presenta la suficiente robustez para mantener el conjunto montado adecuadamente.

### 6.4. Evaluación de la hiladora de fibra de alpaca

Cuando el motor de la hiladora ejerza un valor de velocidad demasiado elevado al rango establecido (voltaje de alimentación mayor a 8V), se obtiene un hilo con exceso de torsión y, por lo tanto, inaceptable para su uso. A su vez, al existir exceso de potencia ejercida por el motor para realizar esta torsión, la máquina empieza a generar vibraciones lo que ocasiona que las bandas de transmisión lleguen a descarrilarse de sus respectivas poleas. Por otra parte, si la velocidad es demasiado lenta (voltaje de alimentación menor a 7V) se obtiene un vellón con poca torsión y, por lo tanto, un hilo ineficiente y con poca resistencia. También se puede llegar a enredar el vellón en el sistema de alimentación; esto último debido a que, al tener un vellón grueso sin mucha torsión, suele llegar a obstruir el ingreso por la hiladora y, por lo tanto, a detener el proceso de hilado.

Al posicionar los cilindros de caucho a distancias muy cercanas a los rodillos ranurados (pasos mayores a 510) el transporte del vellón se ve afectado por demasiada presión en el sistema de sujeción, lo que ocasiona pérdidas de material al realizar dicho transporte. Por otra parte, si los valores son menores a 460 pasos, el vellón transportado tiende a no realizar su correcto estiraje según lo diseñado.

Al no variar la velocidad del motor de tren de engranajes, se obtiene una velocidad de alimentación demasiado alta en comparación a la velocidad de hilado. Al modificar el valor PWM correspondiente al motor, se logra determinar que para valores menores a 225, el motor pierde potencia, la suficiente para dejar de ejercer movimiento al mecanismo del tren de engranajes. Por otra parte, si los valores son mayores a 225, la velocidad de alimentación es muy alta, y genera obstrucción en el proceso de alimentación previo al proceso de hilado.

## 7. Conclusiones

Se logró establecer el estado actual y las condiciones iniciales como actividad previa a la elaboración de la propuesta para la optimización mecánica y electrónica de una máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca. Dentro de ello, se consiguió definir las parametrizaciones que diferencian cada uno de los funcionamientos de los sistemas mecatrónicos que conforman la máquina.

Se concluye que la propuesta para la optimización mecánica y electrónica de una máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca funciona y cumple con lo establecido. Para los materiales de las piezas elaboradas por fabricación aditiva, se define mediante el diagrama de ASHBY que el material PETG es adecuado para el diseño de los elementos. Por otra parte, mediante la obtención de los parámetros de funcionamiento obtenidos a base de cálculos, se logró determinar que el diseño mecánico de los sistemas que conforman la máquina tiene un resultado funcional. Con los diagramas y cálculos correspondientes a la propuesta electrónica de la máquina, se alcanzó el diseño más óptimo para el sistema electrónico y eléctrico; donde se consigue determinar el tamaño de una placa impresa de 150mm x 145mm en simple capa. Con el “análisis de esfuerzos” mediante simulación, se consiguió eliminar la incertidumbre en base al factor de seguridad con respecto a las cargas aplicadas sobre los elementos estructurales.

Se determina que la construcción de la máquina semiautomática hiladora de fibra de alpaca optimizada mecánica y electrónicamente, es correcta y conforme a lo establecido según los diseños mecatrónicos de la propuesta. En base a los mismos diseños mencionados, se logra mecanizar de manera correcta y sin requerimientos de procesos complicados y costosos, las diferentes piezas con los materiales escogidos. A su vez, el montaje de las piezas resulta sencillo, debido a las propuestas de diseño donde constan las dimensiones, geometrías y materiales para cada uno de los elementos.

Mediante la evaluación de la hiladora semiautomática de fibra de alpaca, se logra establecer un correcto funcionamiento para la misma mediante diferentes pruebas y rangos de valores que se consideran parte de la calibración de la máquina. Por una parte, para el correcto funcionamiento del sistema de hilado se establecen valores entre 7V a 8V para la alimentación de su motor; a su vez, para que el sistema de alimentación genere un correcto arrastre y cumpla con el estiraje planteado, se requiere establecer un valor PWM para el

motor correspondiente al tren de estiraje de 225, mientras que, para obtener un correcto posicionamiento de los cilindros de caucho, se determinan valores de 510 pasos para el motor PAP 1, 460 pasos para el motor PAP 2, y 470 pasos para el motor PAP3. Con estos valores, se determinó que la hiladora semiautomática permite realizar diferentes tipos de torsión de manera automática en función de las calibraciones que se realicen en el sistema. A su vez, si los valores establecidos para las calibraciones se encuentran fuera de los límites permitidos, se generan fallas o defectos en el proceso de hilado.

## 8. Recomendaciones

Se recomienda replantear el sistema de conteo con el fin de simplificar procesos de fabricación para la obtención de las piezas que conforman el mismo; evitando así, generar costos adicionales innecesarios que pueden ser suplidos mediante el uso de otros componentes en la máquina. Una recomendación es utilizar un “encoder” en el motor del sistema de hilado.

Previo al proceso de hilado, se recomienda realizar un correcto tratamiento en los procesos de cardado y peinado del vellón, para así obtener un cordón de fibra de alpaca como material de entrada, lo más uniforme posible con el fin de obtener una calidad de hilo adecuada.

Posterior al proceso de hilado, se sugiere implementar un dispositivo que permita que el hilo presente en la bobina de la máquina hiladora semiautomática, fluya a su siguiente proceso de ovillado de manera continua, disminuyendo así el tiempo muerto en procesos de producción para la obtención del producto final.

## Referencias

- Ashford. (s.f.). Telar de chorro de aire. *Disponible en:* <https://www.ashford.co.nz>.
- Baugh, G. (2011). *Manual de tejidos para diseñadores de moda*. Parramón Ediciones.
- Calvo, C. A. (2005). *Ovinos Tecnologías*. Buenos Aires, Argentina: Orientación Gráfica.
- Choque, V. B. (2001). *La alpaca*. Lima: Puno: Oficina de Recursos del Aprendizaje.
- Choquehuanca, D. (2009). *Situación económica de los productores*. Diario los Andes.
- CLR Compañía Levantina de Reductores. (s.f.). *CLR*. (Compañía Levantina de Reductores) <https://clr.es/blog/es/pasos-para-calcular-la-relacion-de-transmision-de-engranajes/#:~:text=La%20relaci%C3%B3n%20de%20transmisi%C3%B3n%20de%20engranajes%20o%20relaci%C3%B3n%20de%20reducci%C3%B3n,i%3D%20Ze%2F%20Zs>).
- Cross, N. (2000). *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design* (3 ed.). JOHN WILEY and SONS, LTD.
- DIPAC. (02 de 2022). *Angulo Importado*. <https://dipacmanta.com/producto/perfiles/perfiles-laminados/angulo-importado/>
- Engineering ToolBox. (2004). *12 Volt - Wire Gauge vs. Amps*. 12 Volt - Wire Gauge vs. Amps: [https://www.engineeringtoolbox.com/amps-wire-gauge-d\\_730.html](https://www.engineeringtoolbox.com/amps-wire-gauge-d_730.html)
- González, H., & Mesa, D. (2004). *LA IMPORTANCIA DEL METODO EN LA SELECCIÓN DE MATERIALES*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Indiamart. (s.f.). 7 Kw Air Jet Loom, 1200 Rpm, 190 Cm To 280 Cm Fabric Width. *Disponible en:* <https://www.indiamart.com/proddetail/air-jet-loom-11100801988.html>.
- INEN. (2015). *FIBRA DE ALPACA EN VELLÓN. REQUISITOS*. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/n-te-inen-2852.pdf>.
- Keane, P. (28 de 05 de 2021). *PETG vs ABS: How do they compare?* A Closer Look at Two Tough Filaments: <https://www.wevolver.com/article/petg-vs-abs-how-do-they-compare->
- Kern, R. (1979). *Steel Selection: A Guide for Improving Performance and Profits*. Ed. John Wiley - Sons.
- Li, Q., & Wang, Z. (2011). *Ultrasonic Scouring of Wool and Its Effects on Fibre Breakage During Carding*. Journal of Textile Institute.
- Mena, L. &. (2000). *RECONSTRUCCIÓN Y PUESTA A PUNTO DE UN MANUAR PARA LA PLANTA ACADÉMICA TEXTIL*. Ibarra: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
- Pahl, G., & Beitz, W. (2007). *Engineering design: A Systematic Approach* (3 ed.). Springer.

- Pillacela, C., & Jumbo, J. (2021). *AUTOMATIZACIÓN DE UNA HILADORA DE FIBRA DE ALPACA PARA EL GAD PARROQUIAL DE JERUSALÉN*. Master's thesis, Universidad Politécnica Salesiana - Ecuador.
- Romeva Riba, C. (2008). *Selección de materiales en el diseño de máquinas* (1 ed.). Universitat Politècnica de Catalunya.
- Russo, R. (2012). Wool Combing and Carding. *Disponible en: <https://www.interweave.com/wp-content/uploads/1012--SO-Carding-Combing.pdf>*.
- Savioli, M., Jardini, A., & Maciel, R. (2012). *Situación económica de los productores*. Procedia Eng.
- Shercliff, H., & Ashby, M. (2016). Elastic Structures in Design. *Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128035818029441/>*.
- Silvia, L. (1998). *Teoría de hilados*. LIMUSA. <https://doi.org/9681855639>
- Spence, W. (2006). *The Home Carpenter And Woodworker's Repair Manual*. Sterling, New York City.
- Zoo, A. T. (1980). Spinning Yarns, Telling Tales about Textiles. *Disponible en: <http://www.smithsonianeducation.org/educators/lesson-plans/spinning-yarns/ATZ-SpinningYarns-Sep1980.pdf>*.

# ANEXOS

## Anexo A: Matriz de Consistencia Lógica

**Tabla 25**

*Matriz de consistencia*

<b>Optimización de una hiladora de fibra de alpaca para el GAD parroquial del Tambo.</b>				
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>
¿Se podrá optimizar una hiladora de fibra de alpaca en el proceso de producción del GAD parroquial del Tambo?	Optimizar una hiladora de fibra de alpaca en el proceso de producción del GAD parroquial del Tambo.	Se optimizará una hiladora de fibra de alpaca en el proceso de producción del GAD parroquial del Tambo.		Hiladora de fibra
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>
¿Es factible establecer el estado actual y las condiciones iniciales para la optimización de una hiladora de fibra de alpaca para mejorar el proceso de producción en el GAD parroquial de Biblián?	Establecer el estado actual y las condiciones iniciales para la optimización de una hiladora de fibra de alpaca para mejorar el proceso de producción en el GAD parroquial de Biblián.	Se establecerá el estado actual y las condiciones iniciales para la optimización de una hiladora de fibra de alpaca para mejorar el proceso de producción en el GAD parroquial de Biblián.	VD: proceso de producción VI: optimizar	Optimización
¿Es posible proponer la optimización de una hiladora de fibra de alpaca para mejorar el proceso de producción en el GAD parroquial de Biblián?	Proponer la optimización de una hiladora de fibra de alpaca para mejorar el proceso de producción en el GAD parroquial de Biblián.	Se propondrá la optimización de una hiladora de fibra de alpaca para mejorar el proceso de producción en el GAD parroquial de Biblián.	VD: proceso de producción VI: optimizar	Proceso de producción (de fibra de alpaca)



¿Se podrá construir la hiladora de fibra de alpaca <b>optimizada</b> para mejorar el <b>proceso de producción</b> en el GAD parroquial de Biblián	Construir la hiladora de fibra de alpaca <b>optimizada</b> para mejorar el <b>proceso de producción</b> en el GAD parroquial de Biblián	Se construirá la hiladora de fibra de alpaca <b>optimizada</b> para mejorar el <b>proceso de producción</b> en el GAD parroquial de Biblián	VD: <b>proceso de producción</b> VI: <b>optimizar</b>	Condiciones iniciales: Capacidad, tamaño, altura, materiales, diseño, elementos.
¿Es posible evaluar la hiladora de fibra de alpaca <b>optimizada</b> para mejorar el <b>proceso de producción</b> en el GAD parroquial de Biblián	Evaluar la hiladora de fibra de alpaca <b>optimizada</b> para mejorar el <b>proceso de producción</b> en el GAD parroquial de Biblián	Se evaluará la hiladora de fibra de alpaca <b>optimizada</b> para mejorar el <b>proceso de producción</b> en el GAD parroquial de Biblián	VD: <b>proceso de producción</b> VI: <b>optimizar</b>	Diseño mecánico

**Nota:** La matriz de consistencia presentada facilita identificar la relación que existe entre las variables y los objetivos además de cómo se relaciona con el marco teórico referencial.

## Anexo B: Programación realizada en STM32CUBEIDE

```
/* USER CODE BEGIN Header */
/**
 * *****
 * @file      : main.c
 * @brief     : Main program body
 * *****
 * Programa realizado por: Bryam Meza y Paulo Suquilanda
 *
 * *****
 */
/* USER CODE END Header */
/* Includes -----*/
#include "main.h"

/* Private includes -----*/
/* USER CODE BEGIN Includes */
#include "stdbool.h"
#include "stdio.h"
#include "math.h"
#include "stdlib.h"
//Variables
int btn;int estado; int e; int cont=0; int cont1=0; int MotorPAP;

int conta=0;
int sensorV;
int sensorI;
float vuelta;
float vuelta1;
bool NTE=false;

/* USER CODE END Includes */

/* Private typedef -----*/
/* USER CODE BEGIN PTD */

/* USER CODE END PTD */

/* Private define -----*/
/* USER CODE BEGIN PD */
/* USER CODE END PD */

/* Private macro -----*/
/* USER CODE BEGIN PM */

/* USER CODE END PM */

/* Private variables -----*/
TIM_HandleTypeDef htim2;

UART_HandleTypeDef huart1;
```

```

/* USER CODE BEGIN PV */

/* USER CODE END PV */

/* Private function prototypes -----*/
void SystemClock_Config(void);
static void MX_GPIO_Init(void);
static void MX_USART1_UART_Init(void);
static void MX_TIM2_Init(void);
/* USER CODE BEGIN PFP */

/* USER CODE END PFP */

/* Private user code -----*/
/* USER CODE BEGIN 0 */
uint8_t Rx_Data[2];
/* USER CODE END 0 */

/**
 * @brief The application entry point.
 * @retval int
 */
int main(void)
{
    /* USER CODE BEGIN 1 */
        //////////////////////////////////// MOVIMIENTO DE LOS MOTORES PASO A PASO - DEFINICIÓN DE
FUNCIONES
        void stepmotor1(){

            HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_8, 0); //GIRO DEL MOTOR

            for(int x=0;x<900;x++){ //Pasos a dar
                if(HAL_GPIO_ReadPin(GPIOE, GPIO_PIN_1)==1){
                    HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_6, 1);
                    HAL_Delay(150);
                    HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_6, 0);
                    break;
                }
                HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_9, 1); //ES EL STEP ES
DECIR EL PASO LE DOY 1 LOGICO
                HAL_Delay(6);
                HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_9, 0); //ES EL STEP LE DOY
UN 0 LOGICO
                HAL_Delay(6);
            }

        }

        void stepmotor01(){ //STEPPER MOTOR HACIA ABAJO
            //int f1=HAL_GPIO_ReadPin(GPIOE, GPIO_PIN_1);

            HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_8, 1); //GIRO DEL MOTOR

            for(int x=0;x<80;x++){ //Pasos a dar
                HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_9, 1); //ES EL STEP ES
DECIR EL PASO LE DOY 1 LOGICO

```

```

        HAL_Delay(4);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_9, 0);//////// ES EL STEP LE DOY
UN 0 LOGICO
        HAL_Delay(4);
    }
}
void stepmotor12(){
    //int f1=HAL_GPIO_ReadPin(GPIOE, GPIO_PIN_1);

    HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_8, 1); ////////// GIRO DEL MOTOR

    for(int x=0;x<510;x++){//Pasos a dar
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_9, 1); ////////// ES EL ESTEP ES
DECIR EL PASO LE DOY 1 LOGICO
        HAL_Delay(4);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_9, 0);//////// ES EL STEP LE DOY
UN 0 LOGICO
        HAL_Delay(4);
    }
}
//////////MOVIMIENTO DE LOS MOTORES PASO A PASO HACIA ARRIBA
void stepmotor2(){

    HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_12, 0); ////////// GIRO DEL MOTOR

    for(int x=0;x<900;x++){//Pasos a dar
        if(HAL_GPIO_ReadPin(GPIOB, GPIO_PIN_8)==1){
            HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_4, 1);
            HAL_Delay(150);
            HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_4, 0);
            break;
        }
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_11, 1); ////////// RETORNO DEL
MOTOR (STEP)
        HAL_Delay(6);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_11, 0);//////// ES EL STEP LE
DOY UN 0 LOGICO
        HAL_Delay(6);
    }
}
void stepmotor02(){
    //int f1=HAL_GPIO_ReadPin(GPIOE, GPIO_PIN_1);

    HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_12, 1); ////////// GIRO DEL MOTOR

    for(int x=0;x<80;x++){//Pasos a dar
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_11, 1); ////////// RETORNO DEL
MOTOR (STEP)
        HAL_Delay(4);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_11, 0);//////// ES EL STEP LE
DOY UN 0 LOGICO
        HAL_Delay(4);
    }
}

```

```

}
void stepmotor22(){
    //int f1=HAL_GPIO_ReadPin(GPIOE, GPIO_PIN_1);

    HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_12, 1); //GIRO DEL MOTOR

    for(int x=0;x<460;x++){//Pasos a dar
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_11, 1); //RETORNO DEL
MOTOR (STEP)
        HAL_Delay(4);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_11, 0); //ES EL STEP LE
DOY UN 0 LOGICO
        HAL_Delay(4);
    }

}
//MOVIMIENTO DE LOS MOTORES PASO A PASO HACIA ARRIBA
void stepmotor3(){

    HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_14, 0); //GIRO DEL MOTOR

    for(int x=0;x<900;x++){//Pasos a dar
        if(HAL_GPIO_ReadPin(GPIOB, GPIO_PIN_9)==1){
            HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_2, 1);
            HAL_Delay(150);
            HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_2, 0);
            break;
        }
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_13, 1); //RETORNO DEL
MOTOR (STEP)
        HAL_Delay(6);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_13, 0); //ES EL STEP LE
DOY UN 0 LOGICO
        HAL_Delay(6);
    }

}
void stepmotor03(){
    //int f1=HAL_GPIO_ReadPin(GPIOE, GPIO_PIN_1);

    HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_14, 1); //GIRO DEL MOTOR

    for(int x=0;x<80;x++){//Pasos a dar
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_13, 1); //RETORNO DEL
MOTOR (STEP)
        HAL_Delay(4);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_13, 0); //ES EL STEP LE
DOY UN 0 LOGICO
        HAL_Delay(4);
    }

}
void stepmotor32(){
    //int f1=HAL_GPIO_ReadPin(GPIOE, GPIO_PIN_1);

    HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_14, 1); //GIRO DEL MOTOR

```

```

        for(int x=0;x<470;x++){//Pasos a dar
            HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_13, 1); /////// RETORNO DEL
MOTOR (STEP)
            HAL_Delay(4);
            HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, GPIO_PIN_13, 0);////////// ES EL STEP LE
DOY UN 0 LOGICO
            HAL_Delay(4);
        }
    }
    void DCmotor_2 (){
//        TIM2->CCR2=c;
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_7, 1);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOC, GPIO_PIN_4, 0);
        HAL_UART_AbortReceive_IT (&huart1);
        Rx_Data[0] = 0x00;
        Rx_Data[1] = 0x00;
    }
    ///////////////////////////////////////////////////
    void DCmotor_stop_2 (){
//        //htim2.Instance->CCR2=c;
        TIM2->CCR2=c;
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_7, 0);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOC, GPIO_PIN_4, 0);
        HAL_UART_AbortReceive_IT (&huart1);
        Rx_Data[0] = 0x00;
        Rx_Data[1] = 0x00;
    }
    ///////////////////////////////////////////////////
    void DCmotor_1 (int s){
        TIM2->CCR1=s; //Timer 2 PWM
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_4, 1);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_6, 0);
        HAL_UART_AbortReceive_IT (&huart1);
        Rx_Data[0] = 0x00;
        Rx_Data[1] = 0x00;
    }
    ///////////////////////////////////////////////////
    void DCmotor_stop_1 (int s){
        TIM2->CCR1=s;
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_4, 0);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_6, 0);
        HAL_UART_AbortReceive_IT (&huart1);
        Rx_Data[0] = 0x00;
        Rx_Data[1] = 0x00;
    }
    ///////////////////////////////////////////////////
/* USER CODE END 1 */

/* MCU Configuration-----*/

/* Reset of all peripherals, Initializes the Flash interface and the Systick. */
HAL_Init();

/* USER CODE BEGIN Init */

```

```

/* USER CODE END Init */

/* Configure the system clock */
SystemClock_Config();

/* USER CODE BEGIN SysInit */

/* USER CODE END SysInit */

/* Initialize all configured peripherals */
MX_GPIO_Init();
MX_USART1_UART_Init();
MX_TIM2_Init();
/* USER CODE BEGIN 2 */
//////////Inicio de PWM y UART
HAL_UART_Receive_IT(&huart1, Rx_Data, 2);
HAL_TIM_PWM_Start (&htim2, TIM_CHANNEL_1);
HAL_TIM_PWM_Start (&htim2, TIM_CHANNEL_2);
//////////Buzzer inicio
HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_ROJO_Pin, 1);
HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_9, 1);
HAL_Delay(300);
HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_9, 0);
HAL_Delay(100);
HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_9, 1);
HAL_Delay(300);
HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_9, 0);
HAL_Delay(100);
HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_9, 1);
HAL_Delay(300);
HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_9, 0);
HAL_Delay(100);
HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_9, 1);
HAL_Delay(300);
HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_9, 0);
HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_ROJO_Pin, 0);
HAL_Delay(1000);

/* USER CODE END 2 */

/* Infinite loop */
/* USER CODE BEGIN WHILE */
while (1)
{
    /* USER CODE END WHILE */
    HAL_UART_Receive_IT(&huart1, Rx_Data, 2);
    if (Rx_Data[0] == 0x32){
        if (Rx_Data[1] == 0x05){ //Botón Inicio de calibración
            HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_VERDE_Pin, 0);
            HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_ROJO_Pin, 0);
            HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_AMARILLO_Pin, 1);
            stepmotor1();
            HAL_Delay(200);
        }
    }
}

```

```

        HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_AMARILLO_Pin, 0);
        stepmotor01();
        HAL_Delay(500);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_AMARILLO_Pin, 1);
        stepmotor2();
        HAL_Delay(200);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_AMARILLO_Pin, 0);
        stepmotor02();
        HAL_Delay(500);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_AMARILLO_Pin, 1);
        stepmotor3();
        HAL_Delay(200);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_AMARILLO_Pin, 0);
        stepmotor03();
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_VERDE_Pin, 1);
        HAL_Delay(2000);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_VERDE_Pin, 0);
        HAL_UART_AbortReceive_IT (&huart1);
        Rx_Data[0] = 0x00;
        Rx_Data[1] = 0x00;
    }
}
HAL_UART_Receive_IT(&huart1, Rx_Data, 2);
if (Rx_Data[0] == 0x34){
    if (Rx_Data[1] == 0x04){ //Botón Bajar Medio
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_ROJO_Pin, 0);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_AMARILLO_Pin, 1);
        stepmotor12();
        HAL_Delay(500);
        stepmotor22();
        HAL_Delay(500);
        stepmotor32();
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_AMARILLO_Pin, 0);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_VERDE_Pin, 1);
        HAL_Delay(2000);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_VERDE_Pin, 0);
        HAL_UART_AbortReceive_IT (&huart1);
        Rx_Data[0] = 0x00;
        Rx_Data[1] = 0x00;
    }
}
HAL_UART_Receive_IT(&huart1, Rx_Data, 2);
if (Rx_Data[0] == 0x05){
    if (Rx_Data[1] == 0x30){ //Slider 0
        vuelta1=0;
        HAL_UART_AbortReceive_IT (&huart1);
        Rx_Data[0] = 0x00;
        Rx_Data[1] = 0x00;
    }
}
HAL_UART_Receive_IT(&huart1, Rx_Data, 2);
if (Rx_Data[0] == 0x05){
    if (Rx_Data[1] == 0x31){ //Slider 1
        vuelta1=8000;
        HAL_UART_AbortReceive_IT (&huart1);
    }
}

```



```

        Rx_Data[0] = 0x00;
        Rx_Data[1] = 0x00;
    }
}
HAL_UART_Receive_IT(&huart1, Rx_Data, 2);
if (Rx_Data[0] == 0x05){
    if (Rx_Data[1] == 0x32){ //Slider 2
        vuelta1=16000;
        HAL_UART_AbortReceive_IT (&huart1);
        Rx_Data[0] = 0x00;
        Rx_Data[1] = 0x00;
    }
}
HAL_UART_Receive_IT(&huart1, Rx_Data, 2);
if (Rx_Data[0] == 0x05){
    if (Rx_Data[1] == 0x33){ //Slider 3
        vuelta1=24000;
        HAL_UART_AbortReceive_IT (&huart1);
        Rx_Data[0] = 0x00;
        Rx_Data[1] = 0x00;
    }
}
HAL_UART_Receive_IT(&huart1, Rx_Data, 2);
if (Rx_Data[0] == 0x05){
    if (Rx_Data[1] == 0x34){ //Slider 4
        vuelta1=32000;
        HAL_UART_AbortReceive_IT (&huart1);
        Rx_Data[0] = 0x00;
        Rx_Data[1] = 0x00;
    }
}
HAL_UART_Receive_IT(&huart1, Rx_Data, 2);
if (Rx_Data[0] == 0x36){
    if (Rx_Data[1] == 0x03){ //Botón Iniciar Sistema
        //motor 1 es la es engranajes//motor2 es la hiladora
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_VERDE_Pin, 0);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_ROJO_Pin, 0);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_AMARILLO_Pin, 1);
        DCmotor_1 (225); DCmotor_2 ();
        HAL_Delay(200);
        HAL_UART_AbortReceive_IT (&huart1);
        Rx_Data[0] = 0x00;
        Rx_Data[1] = 0x00;
    }
}
HAL_UART_Receive_IT(&huart1, Rx_Data, 2);
if (Rx_Data[0] == 0x36){
    if (Rx_Data[1] == 0x04){ //Botón Terminar Hilado
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_VERDE_Pin, 0);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_AMARILLO_Pin, 0);
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_ROJO_Pin, 1);
        DCmotor_stop_1 (0); DCmotor_stop_2 ();
        HAL_Delay(200);
        HAL_UART_AbortReceive_IT (&huart1);
        Rx_Data[0] = 0x00;
    }
}

```

```

        Rx_Data[1] = 0x00;
    }
}
if (NTE == true){//Detención
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_VERDE_Pin, 1);
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_AMARILLO_Pin, 0);
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, LED_ROJO_Pin, 1);
    DCmotor_stop_1 (0); DCmotor_stop_2 ();
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_9, 1);
    HAL_Delay(300);
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_9, 0);
    HAL_Delay(100);
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_9, 1);
    HAL_Delay(300);
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, GPIO_PIN_9, 0);
    HAL_Delay(500);
    NTE=false;
    vuelta=0;
    HAL_UART_AbortReceive_IT (&huart1);
    Rx_Data[0] = 0x00;
    Rx_Data[1] = 0x00;
}
/* USER CODE BEGIN 3 */
}
/* USER CODE END 3 */
}

/**
 * @brief System Clock Configuration
 * @retval None
 */
void SystemClock_Config(void)
{
    RCC_OscInitTypeDef RCC_OscInitStruct = {0};
    RCC_ClkInitTypeDef RCC_ClkInitStruct = {0};

    /** Configure the main internal regulator output voltage
    */
    __HAL_RCC_PWR_CLK_ENABLE();
    __HAL_PWR_VOLTAGESCALING_CONFIG(PWR_REGULATOR_VOLTAGE_SCALE1);
    /** Initializes the RCC Oscillators according to the specified parameters
    * in the RCC_OscInitTypeDef structure.
    */
    RCC_OscInitStruct.OscillatorType = RCC_OSCILLATORTYPE_HSE;
    RCC_OscInitStruct.HSEState = RCC_HSE_ON;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLState = RCC_PLL_ON;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLSource = RCC_PLLSOURCE_HSE;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLM = 4;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLN = 96;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLP = RCC_PLLP_DIV2;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLQ = 4;
    if (HAL_RCC_OscConfig(&RCC_OscInitStruct) != HAL_OK)
    {
        Error_Handler();
    }
}

```

```

/** Initializes the CPU, AHB and APB buses clocks
 */
RCC_ClkInitStruct.ClockType = RCC_CLOCKTYPE_HCLK|RCC_CLOCKTYPE_SYSCLK
    |RCC_CLOCKTYPE_PCLK1|RCC_CLOCKTYPE_PCLK2;
RCC_ClkInitStruct.SYSCLKSource = RCC_SYSCLKSOURCE_PLLCLK;
RCC_ClkInitStruct.AHBCLKDivider = RCC_SYSCLK_DIV1;
RCC_ClkInitStruct.APB1CLKDivider = RCC_HCLK_DIV2;
RCC_ClkInitStruct.APB2CLKDivider = RCC_HCLK_DIV1;

if (HAL_RCC_ClockConfig(&RCC_ClkInitStruct, FLASH_LATENCY_3) != HAL_OK)
{
    Error_Handler();
}
}

/**
 * @brief TIM2 Initialization Function
 * @param None
 * @retval None
 */
static void MX_TIM2_Init(void)
{
    /* USER CODE BEGIN TIM2_Init 0 */

    /* USER CODE END TIM2_Init 0 */

    TIM_ClockConfigTypeDef sClockSourceConfig = {0};
    TIM_MasterConfigTypeDef sMasterConfig = {0};
    TIM_OC_InitTypeDef sConfigOC = {0};

    /* USER CODE BEGIN TIM2_Init 1 */

    /* USER CODE END TIM2_Init 1 */
    htim2.Instance = TIM2;
    htim2.Init.Prescaler = 96-1;
    htim2.Init.CounterMode = TIM_COUNTERMODE_UP;
    htim2.Init.Period = 255-1;
    htim2.Init.ClockDivision = TIM_CLOCKDIVISION_DIV1;
    htim2.Init.AutoReloadPreload = TIM_AUTORELOAD_PRELOAD_DISABLE;
    if (HAL_TIM_Base_Init(&htim2) != HAL_OK)
    {
        Error_Handler();
    }
    sClockSourceConfig.ClockSource = TIM_CLOCKSOURCE_INTERNAL;
    if (HAL_TIM_ConfigClockSource(&htim2, &sClockSourceConfig) != HAL_OK)
    {
        Error_Handler();
    }
    if (HAL_TIM_PWM_Init(&htim2) != HAL_OK)
    {
        Error_Handler();
    }
    sMasterConfig.MasterOutputTrigger = TIM_TRGO_RESET;
    sMasterConfig.MasterSlaveMode = TIM_MASTERSLAVEMODE_DISABLE;

```

```

if (HAL_TIMEx_MasterConfigSynchronization(&htim2, &sMasterConfig) != HAL_OK)
{
    Error_Handler();
}
sConfigOC.OCMode = TIM_OCMODE_PWM1;
sConfigOC.Pulse = 500;
sConfigOC.OCpolarity = TIM_OCPOLARITY_HIGH;
sConfigOC.OCFastMode = TIM_OCFAST_DISABLE;
if (HAL_TIM_PWM_ConfigChannel(&htim2, &sConfigOC, TIM_CHANNEL_1) != HAL_OK)
{
    Error_Handler();
}
sConfigOC.Pulse = 0;
if (HAL_TIM_PWM_ConfigChannel(&htim2, &sConfigOC, TIM_CHANNEL_2) != HAL_OK)
{
    Error_Handler();
}
/* USER CODE BEGIN TIM2_Init 2 */

/* USER CODE END TIM2_Init 2 */
HAL_TIM_MspPostInit(&htim2);

}

/**
 * @brief USART1 Initialization Function
 * @param None
 * @retval None
 */
static void MX_USART1_UART_Init(void)
{
    /* USER CODE BEGIN USART1_Init 0 */

    /* USER CODE END USART1_Init 0 */

    /* USER CODE BEGIN USART1_Init 1 */

    /* USER CODE END USART1_Init 1 */
    huart1.Instance = USART1;
    huart1.Init.BaudRate = 9600;
    huart1.Init.WordLength = UART_WORDLENGTH_8B;
    huart1.Init.StopBits = UART_STOPBITS_1;
    huart1.Init.Parity = UART_PARITY_NONE;
    huart1.Init.Mode = UART_MODE_TX_RX;
    huart1.Init.HwFlowCtl = UART_HWCONTROL_NONE;
    huart1.Init.OverSampling = UART_OVERSAMPLING_16;
    if (HAL_UART_Init(&huart1) != HAL_OK)
    {
        Error_Handler();
    }
    /* USER CODE BEGIN USART1_Init 2 */

    /* USER CODE END USART1_Init 2 */

```

```

}

/**
 * @brief GPIO Initialization Function
 * @param None
 * @retval None
 */
static void MX_GPIO_Init(void)
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStruct = {0};

    /* GPIO Ports Clock Enable */
    __HAL_RCC_GPIOH_CLK_ENABLE();
    __HAL_RCC_GPIOA_CLK_ENABLE();
    __HAL_RCC_GPIOC_CLK_ENABLE();
    __HAL_RCC_GPIOE_CLK_ENABLE();
    __HAL_RCC_GPIOD_CLK_ENABLE();
    __HAL_RCC_GPIOB_CLK_ENABLE();

    /*Configure GPIO pin Output Level */
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, DVR_IN3_Pin|DVR_IN4_Pin|DVR_IN1_Pin, GPIO_PIN_RESET);

    /*Configure GPIO pin Output Level */
    HAL_GPIO_WritePin(DVR_IN2_GPIO_Port, DVR_IN2_Pin, GPIO_PIN_RESET);

    /*Configure GPIO pin Output Level */
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, DIR1_Pin|STEP1_Pin|STEP2_Pin|DIR2_Pin
                      |STEP3_Pin|DIR3_Pin, GPIO_PIN_RESET);

    /*Configure GPIO pin Output Level */
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, BUZZER_Pin|GPIO_PIN_12|GPIO_PIN_13|GPIO_PIN_14
                      |GPIO_PIN_15|LED_AMARILLO_Pin|LED_ROJO_Pin|LED_VERDE_Pin,
GPIO_PIN_RESET);

    /*Configure GPIO pin : SENSOR_DETECCION_Pin */
    GPIO_InitStruct.Pin = SENSOR_DETECCION_Pin;
    GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_INPUT;
    GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL;
    HAL_GPIO_Init(SENSOR_DETECCION_GPIO_Port, &GPIO_InitStruct);

    /*Configure GPIO pin : SENSOR_VELOCIDAD_Pin */
    GPIO_InitStruct.Pin = SENSOR_VELOCIDAD_Pin;
    GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_IT_RISING;
    GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL;
    HAL_GPIO_Init(SENSOR_VELOCIDAD_GPIO_Port, &GPIO_InitStruct);

    /*Configure GPIO pins : DVR_IN3_Pin DVR_IN4_Pin DVR_IN1_Pin */
    GPIO_InitStruct.Pin = DVR_IN3_Pin|DVR_IN4_Pin|DVR_IN1_Pin;
    GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP;
    GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL;
    GPIO_InitStruct.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_LOW;
    HAL_GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStruct);

    /*Configure GPIO pin : DVR_IN2_Pin */
    GPIO_InitStruct.Pin = DVR_IN2_Pin;

```

```

GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP;
GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL;
GPIO_InitStruct.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_LOW;
HAL_GPIO_Init(DVR_IN2_GPIO_Port, &GPIO_InitStruct);

/*Configure GPIO pins : DIR1_Pin STEP1_Pin STEP2_Pin DIR2_Pin
STEP3_Pin DIR3_Pin */
GPIO_InitStruct.Pin = DIR1_Pin|STEP1_Pin|STEP2_Pin|DIR2_Pin
|STEP3_Pin|DIR3_Pin;
GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP;
GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL;
GPIO_InitStruct.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_LOW;
HAL_GPIO_Init(GPIOE, &GPIO_InitStruct);

/*Configure GPIO pins : BUZZER_Pin PD12 PD13 PD14
PD15 LED_AMARILLO_Pin LED_ROJO_Pin LED_VERDE_Pin */
GPIO_InitStruct.Pin = BUZZER_Pin|GPIO_PIN_12|GPIO_PIN_13|GPIO_PIN_14
|GPIO_PIN_15|LED_AMARILLO_Pin|LED_ROJO_Pin|LED_VERDE_Pin;
GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP;
GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL;
GPIO_InitStruct.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_LOW;
HAL_GPIO_Init(GPIOD, &GPIO_InitStruct);

/*Configure GPIO pins : FIn_carrera_2_Pin fin_carrera3_Pin */
GPIO_InitStruct.Pin = FIn_carrera_2_Pin|fin_carrera3_Pin;
GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_INPUT;
GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL;
HAL_GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStruct);

/*Configure GPIO pin : Fin_carrera_1_Pin */
GPIO_InitStruct.Pin = Fin_carrera_1_Pin;
GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_INPUT;
GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL;
HAL_GPIO_Init(Fin_carrera_1_GPIO_Port, &GPIO_InitStruct);

/* EXTI interrupt init*/
HAL_NVIC_SetPriority(EXTI3_IRQn, 0, 0);
HAL_NVIC_EnableIRQ(EXTI3_IRQn);
}

/* USER CODE BEGIN 4 */
void HAL_GPIO_EXTI_Callback(uint16_t GPIO_Pin)
{
    //// Sistema de conteo
    sensorV++;
    if((sensorV)==30){
        vuelta=vuelta+1;
        sensorV=0;}

    if(vuelta==vuelta1){
        NTE=true;
    }
}
/* USER CODE END 4 */

```

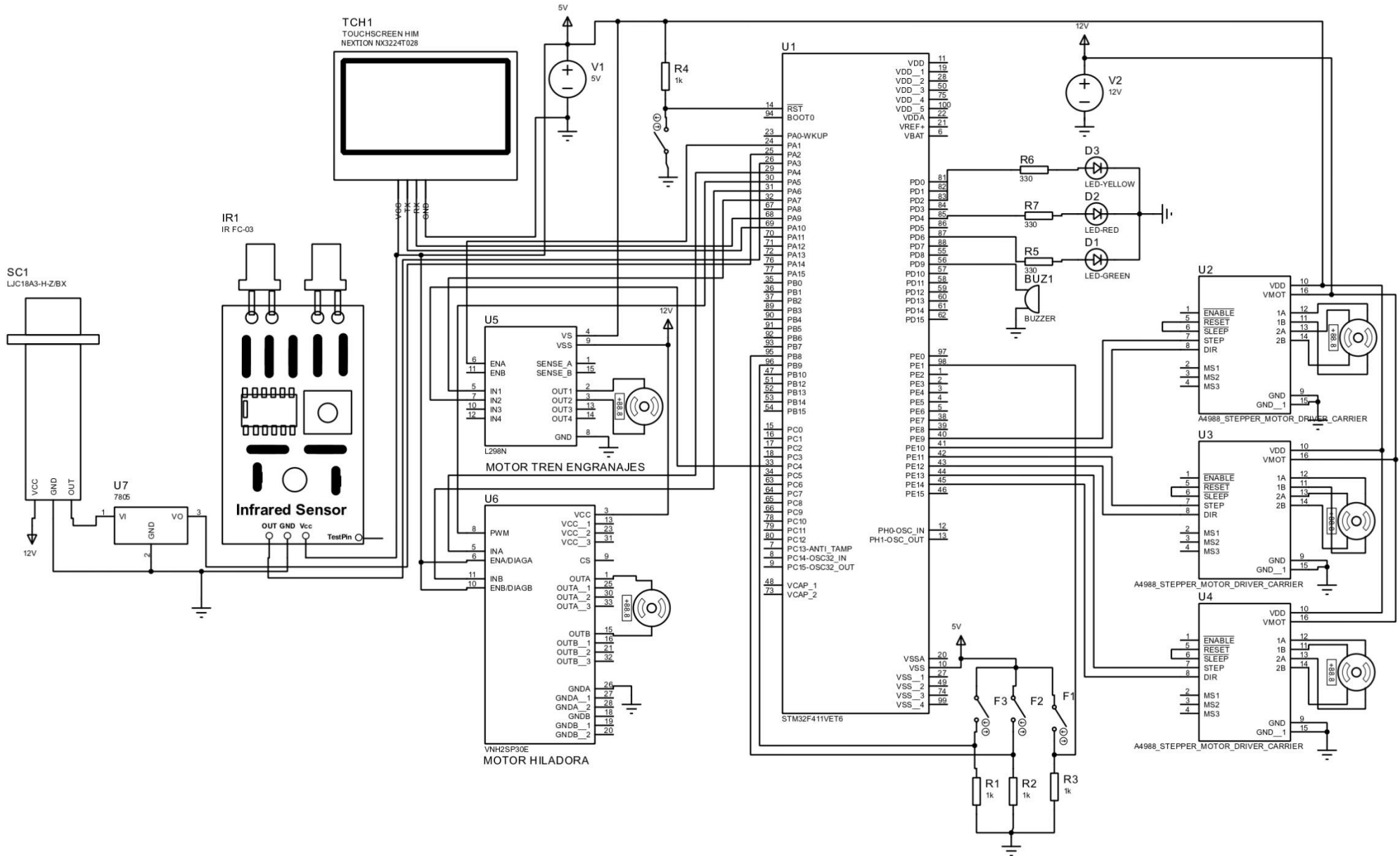
```

/**
 * @brief This function is executed in case of error occurrence.
 * @retval None
 */
void Error_Handler(void)
{
    /* USER CODE BEGIN Error_Handler_Debug */
    /* User can add his own implementation to report the HAL error return state */
    __disable_irq();
    while (1)
    {
    }
    /* USER CODE END Error_Handler_Debug */
}

#ifdef USE_FULL_ASSERT
/**
 * @brief Reports the name of the source file and the source line number
 * where the assert_param error has occurred.
 * @param file: pointer to the source file name
 * @param line: assert_param error line source number
 * @retval None
 */
void assert_failed(uint8_t *file, uint32_t line)
{
    /* USER CODE BEGIN 6 */
    /* User can add his own implementation to report the file name and line number,
    ex: printf("Wrong parameters value: file %s on line %d\r\n", file, line) */
    /* USER CODE END 6 */
}
#endif /* USE_FULL_ASSERT */

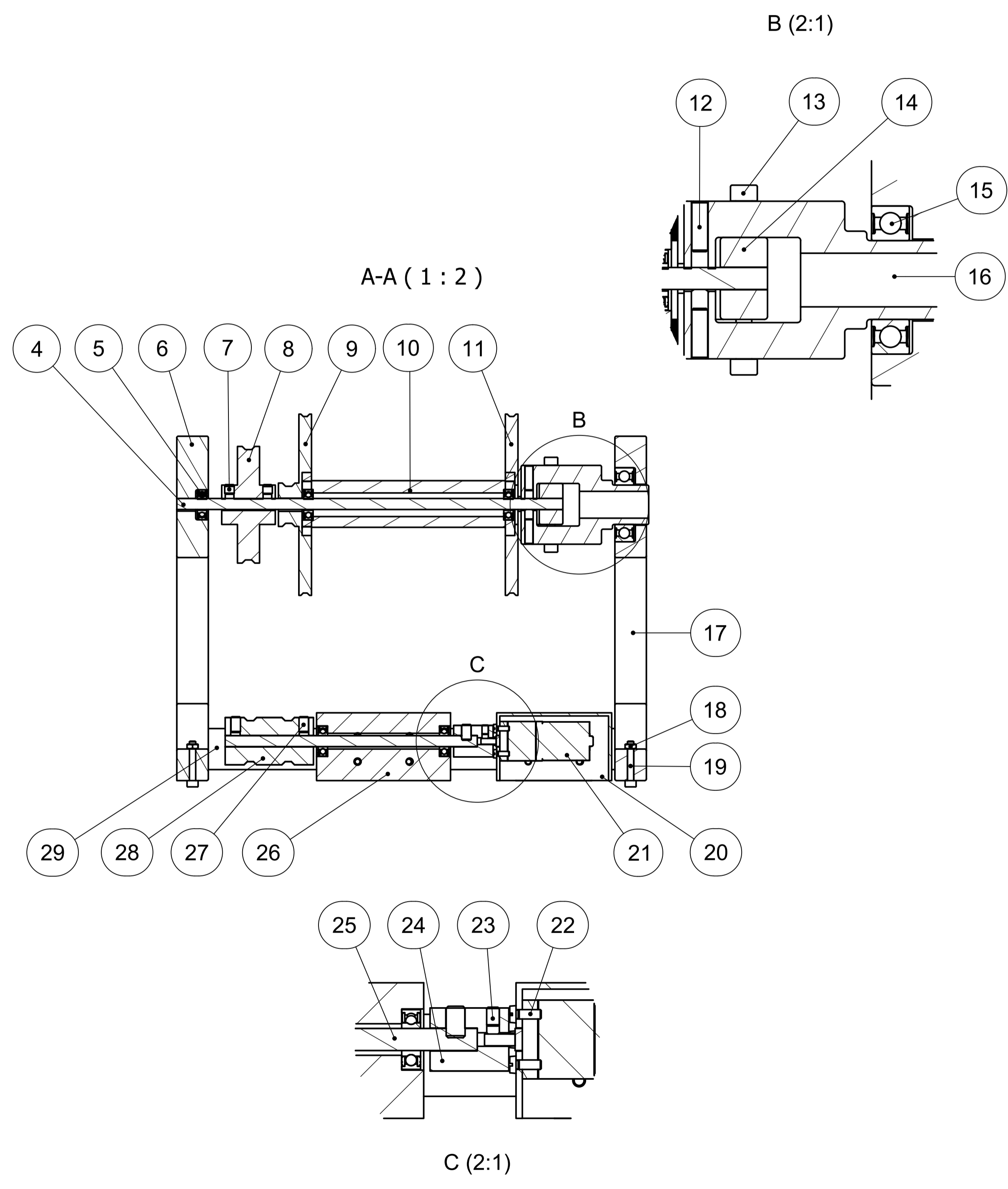
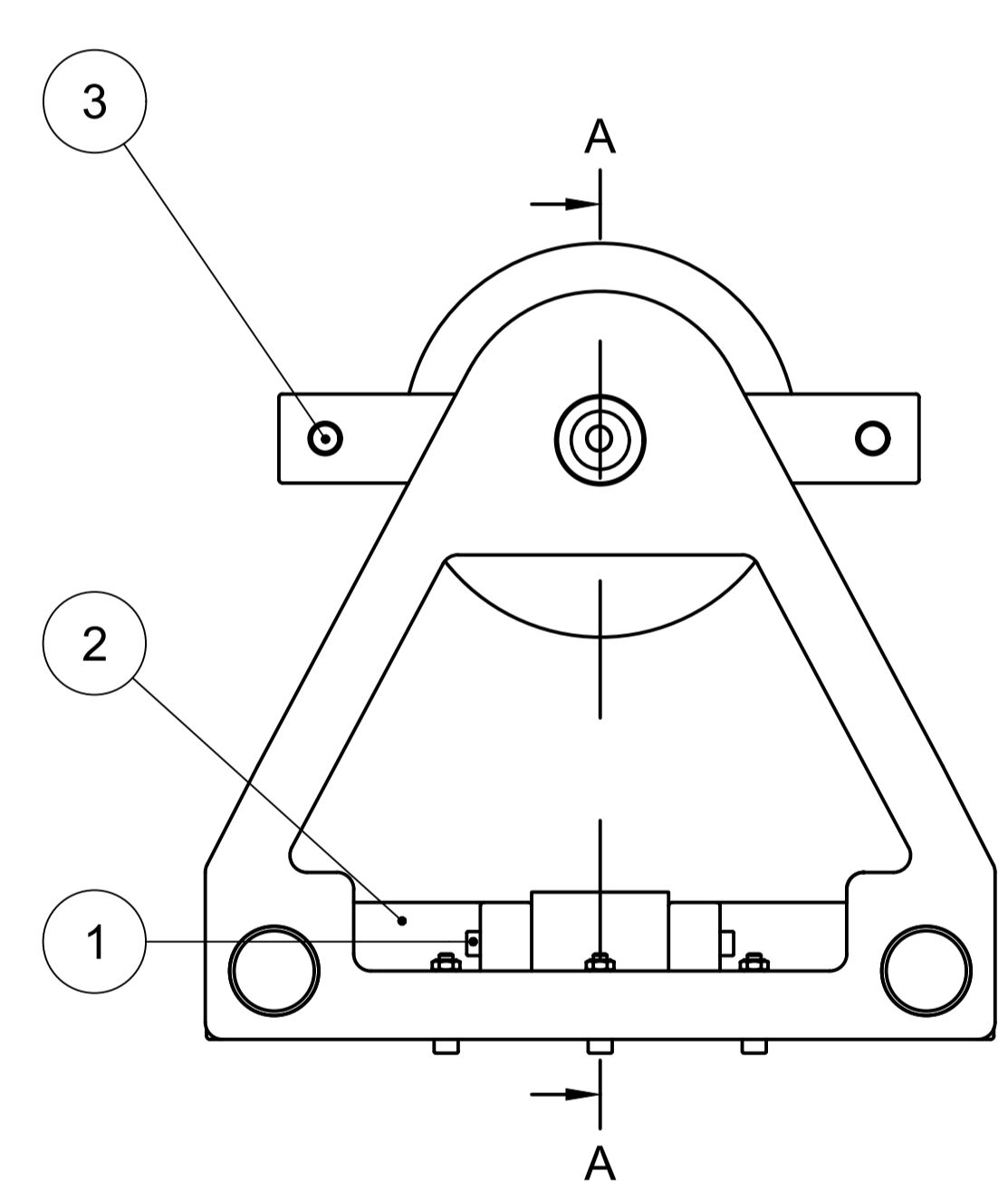
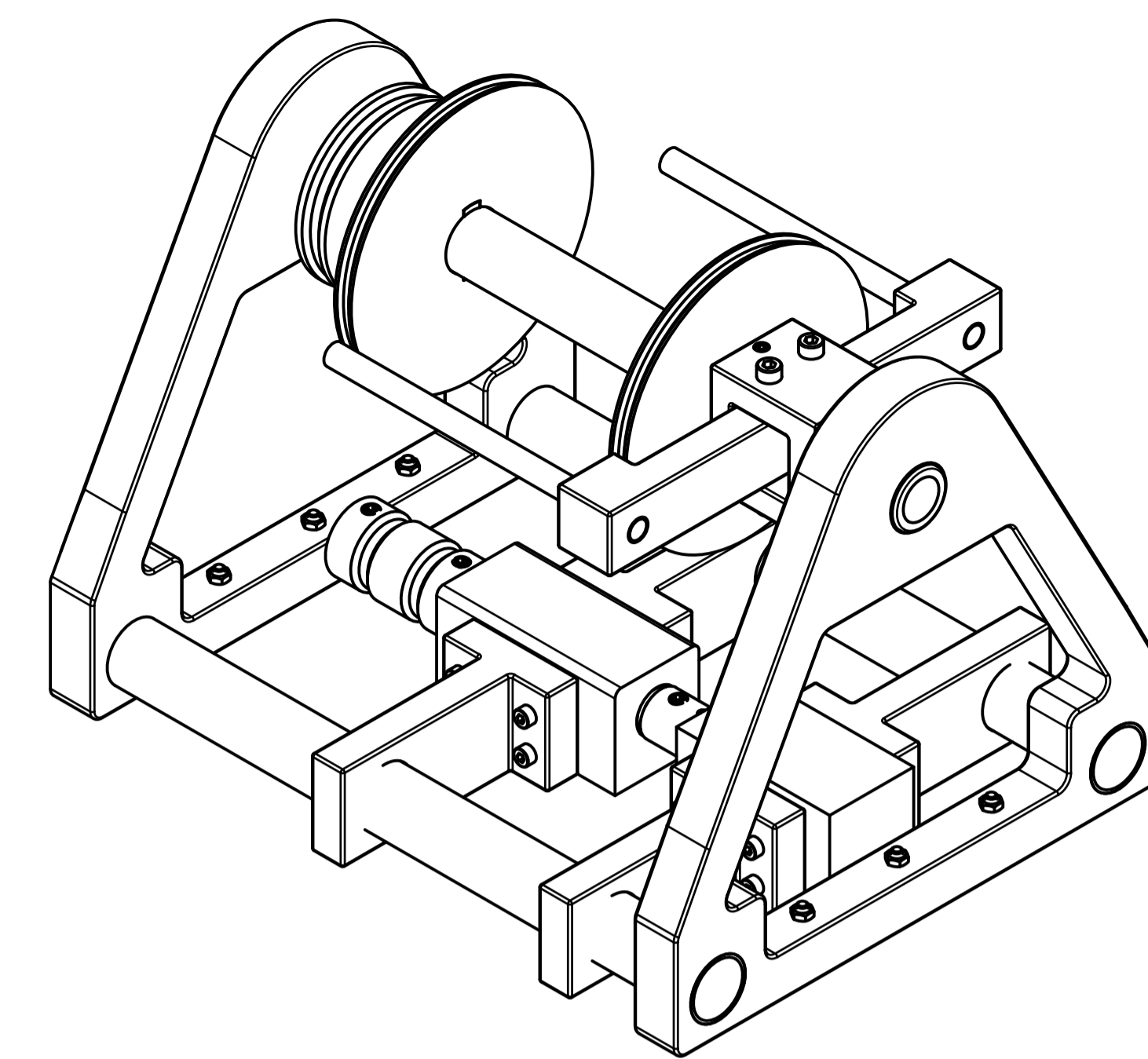
```

# Anexo C: Esquema del sistema electrónico y eléctrico




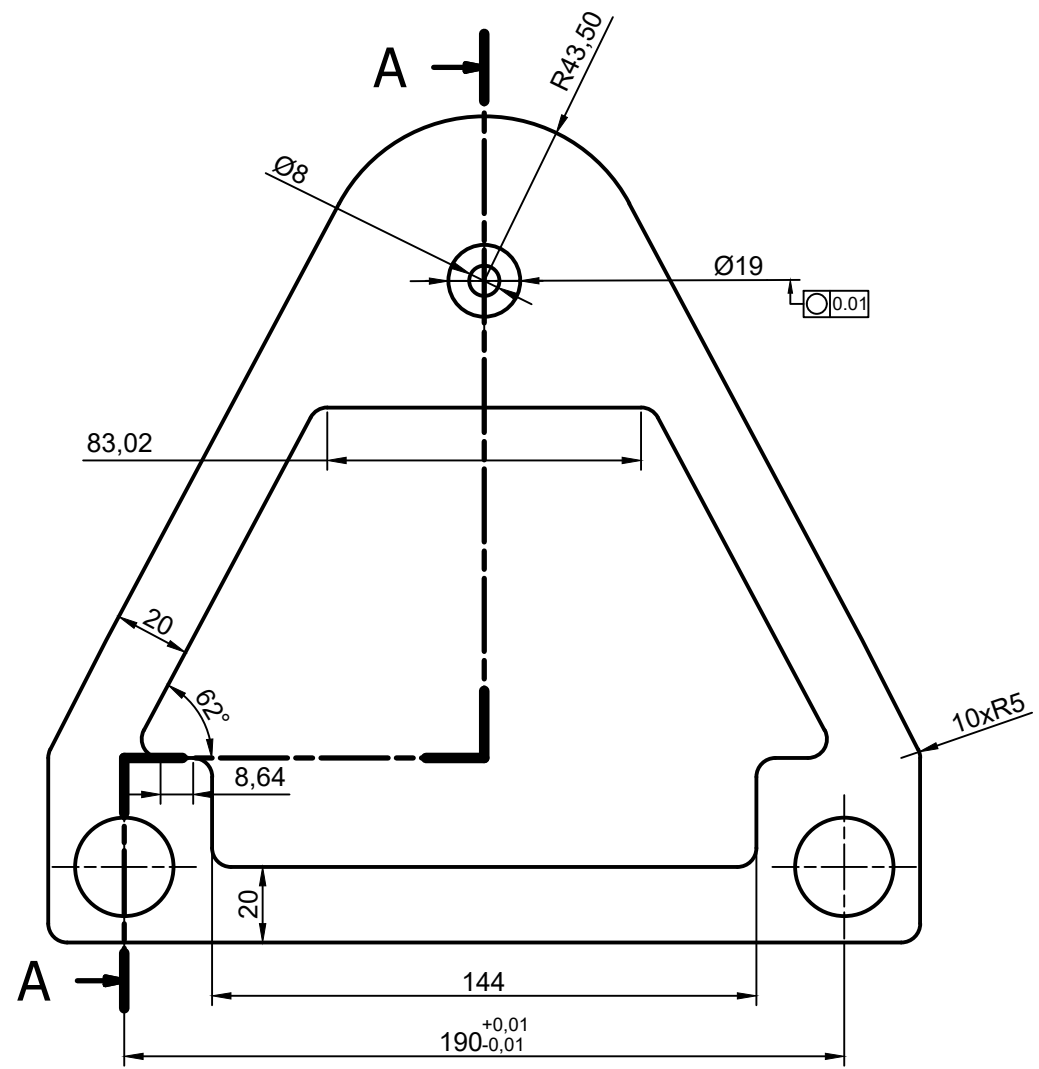
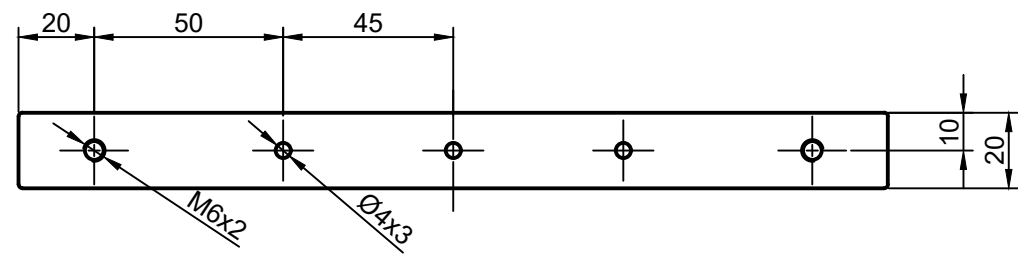


Anexo D: Planos de la máquina hiladora

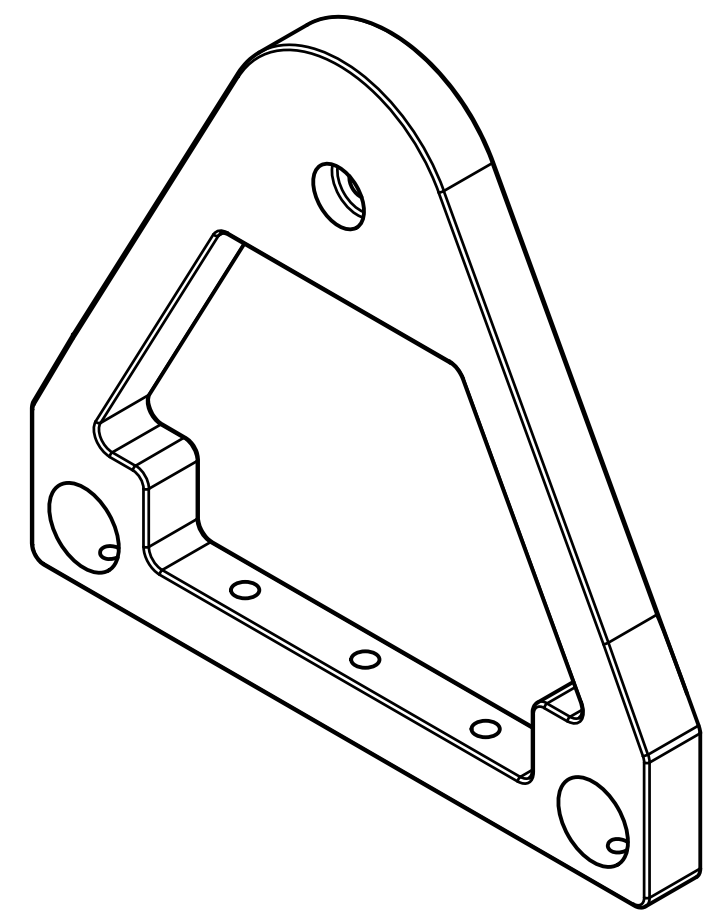
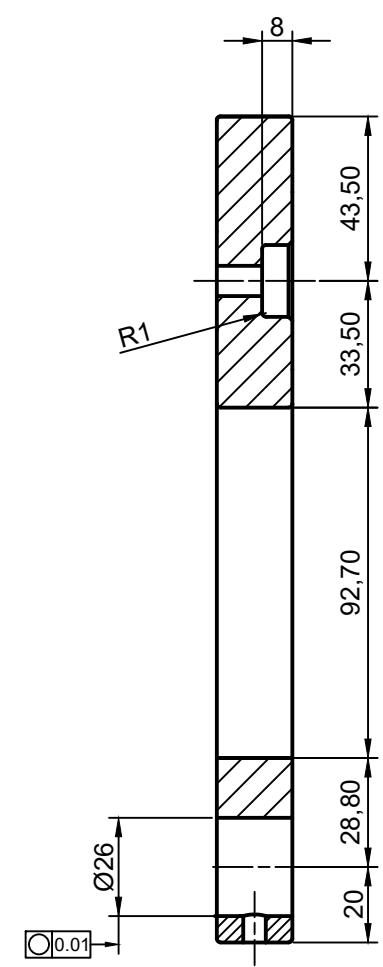


Item	Qty	Name	Description	Standard	Material	Note
29	2	Tubo	Tubo D26mm		Aluminio	
28	1	Acople eje	Elemento transmisor de potencia		Aluminio	
27	3	Tornillo	Prisionero	ISO 4026 M6x10		
26	1	Base eje	Elemento estructural		Aluminio	
25	1	Varilla 2	Varilla lisa 7mm		Aluminio	
24	1	Acople motor	Acople eje motor - eje 7mm		Aluminio	
23	1	Tornillo	Prisionero	ISO 4026 M4x6		
22	4	Tornillo		ISO 1207 M3x8		
21	1	Motor	Motor DC 12V, 1360 rpm	JGA25-370		
20	1	Base motor	Elemento estructural		Aluminio	
19	6	Tornillo	Tornillo Allen	ISO 4762 M4x25 6		
18	6	Tuerca	Tuerca hexagonal	ISO 4032 M4		
17	1	Lateral derecho	Elemento estructural		Aluminio	
16	1	Flyer - parte 2	Elemento estructural		Aluminio	
15	1	Rodamiento	Rodamiento de bolas	6005 2RS		47x25x12
14	1	Flyer - parte 1	Elemento estructural		Aluminio	
13	4	Tornillo	Tornillo Allen	ISO 4762 M5x20		
12	4	Tornillo	Prisionero	ISO 4026 M5x16		
11	1	Tapa derecha - tubo	Elemento estructural		Madera	
10	1	Tubo	Huso para el hilado		Madera	
9	1	Tapa izquierda - tubo	Elemento estructural		Madera	
8	1	Polea arrastre	Elemento transmisor de potencia		Madera	
7	6	Tornillo	Prisionero	ISO 4026 M6x6		
6	1	Lateral izquierdo	Elemento estructural		Aluminio	
5	5	Rodamiento	Rodamiento de bolas	607 2RS		19x7x6
4	1	Varilla 1	Varilla lisa 7mm		Aluminio	
3	2	Varilla lateral	Elemento estructural		Aluminio	
2	4	Soporte	Elemento estructural		Aluminio	
1	16	Tornillo	Tornillo Allen	ISO 4762 M4x20		

Fecha	10 / 01 / 2021	
Dibujado	Bryam Meza - Paulo Suquilanda	
Comprobado	Ing. Eugenio Cardenas	
Escala	Tol. gen.	Lámina
1:2	ISO 2768-mK	1
 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA		
<b>Subconjunto:</b> <b>Conjunto Hiladora</b>		

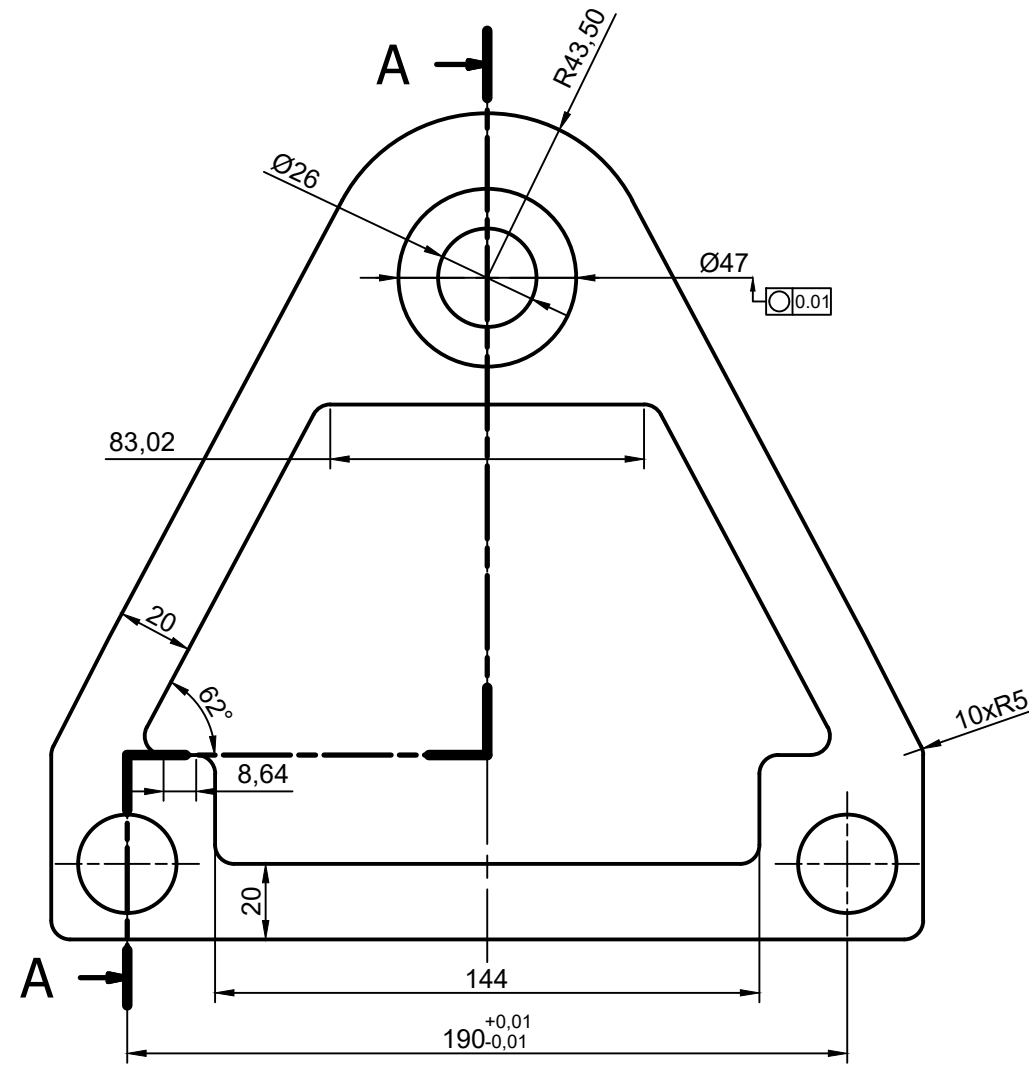
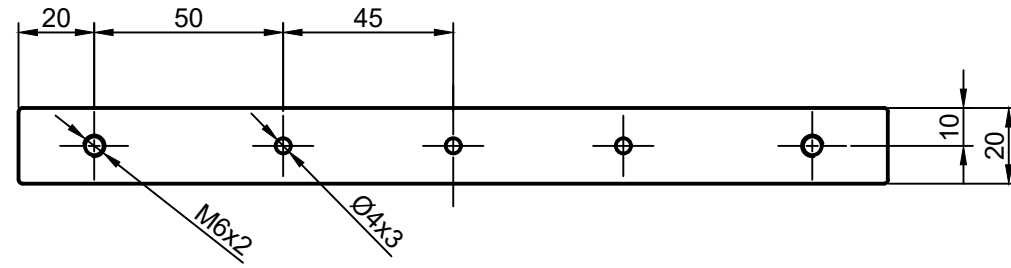


A-A ( 1 : 2 )

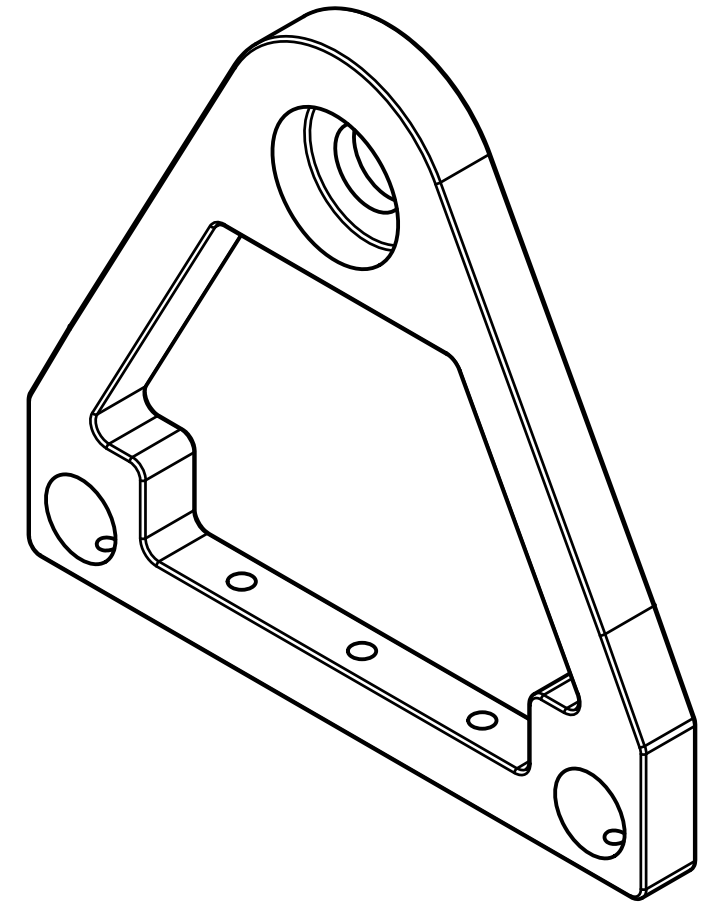
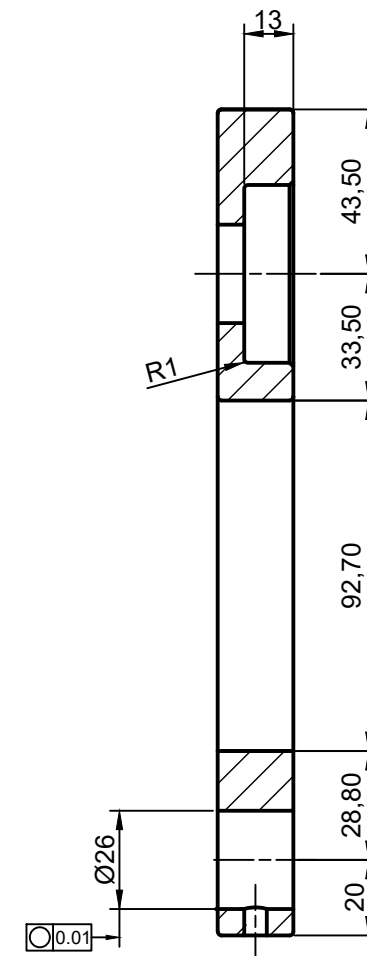


N6 (✓)


6	1	Lateral Izquierdo	Elemento estructural		Aluminio	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021		<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:		
1:2	ISO 2768-mK	Aluminio	2	<b>Lateral Izquierdo</b>		

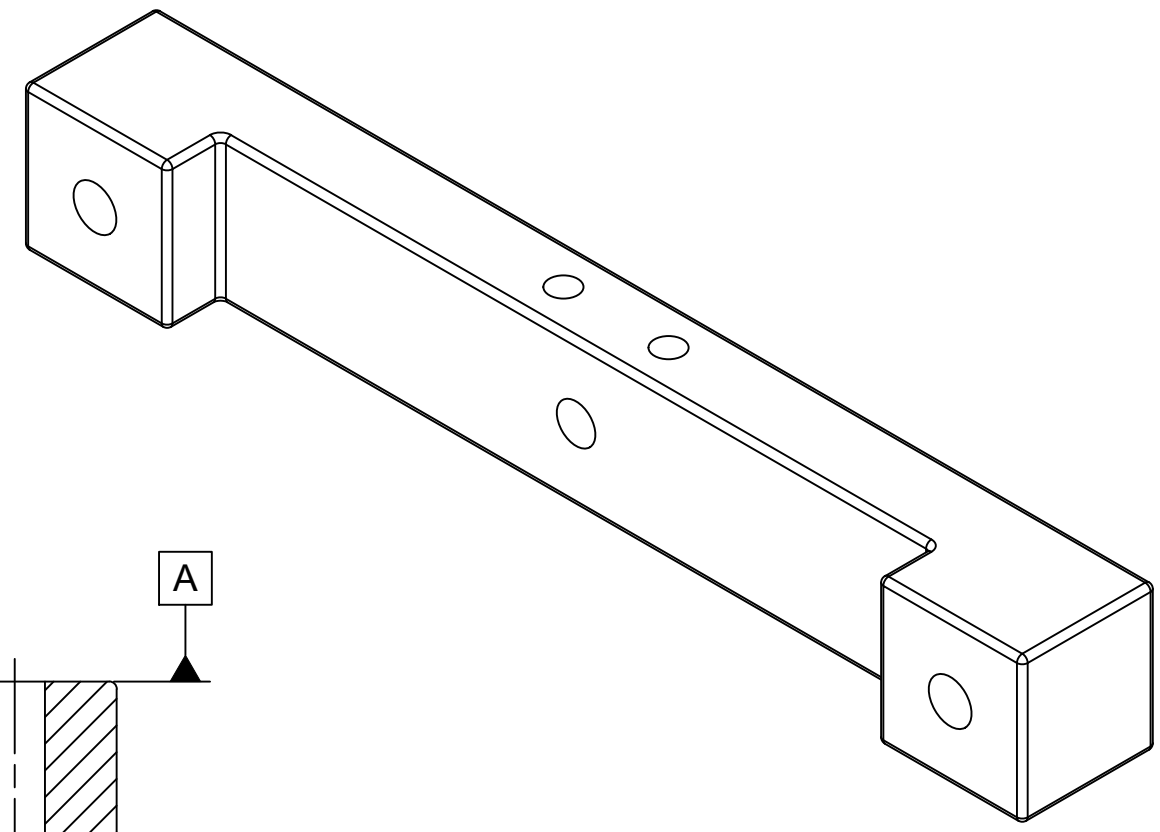


A-A ( 1 : 2 )

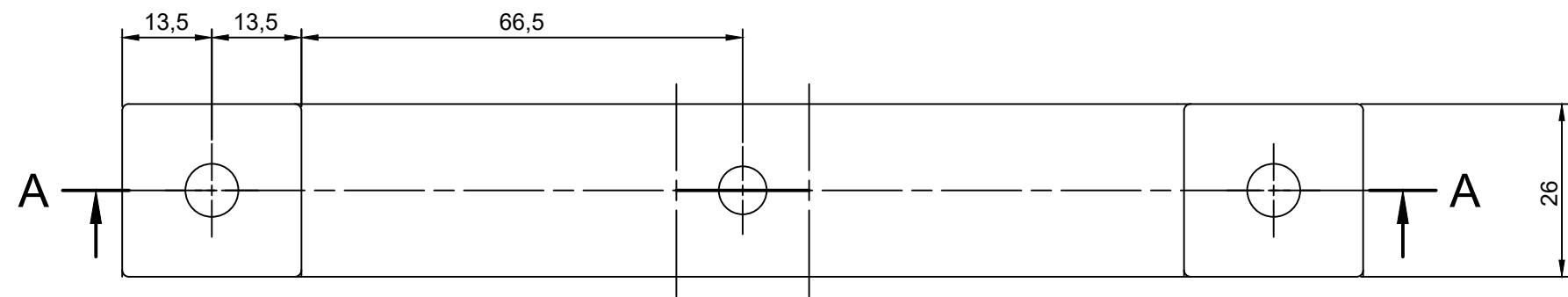
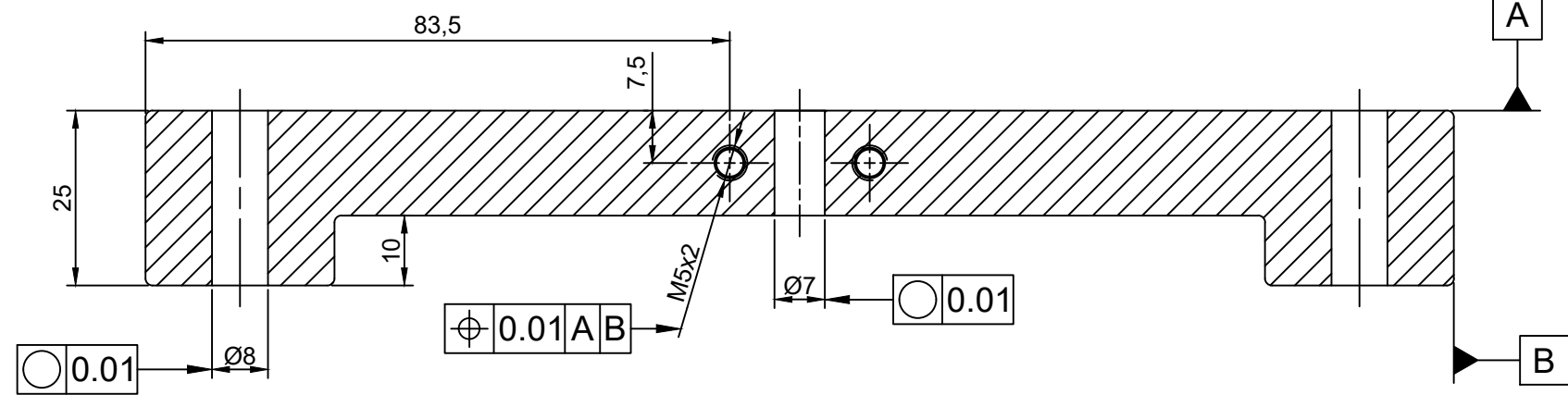


N6 (✓)

17	1	Lateral derecho	Elemento estructural		Aluminio	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021				
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA Subconjunto: <b>Lateral Izquierdo</b>		
1:2	ISO 2768-mK	Aluminio	3			

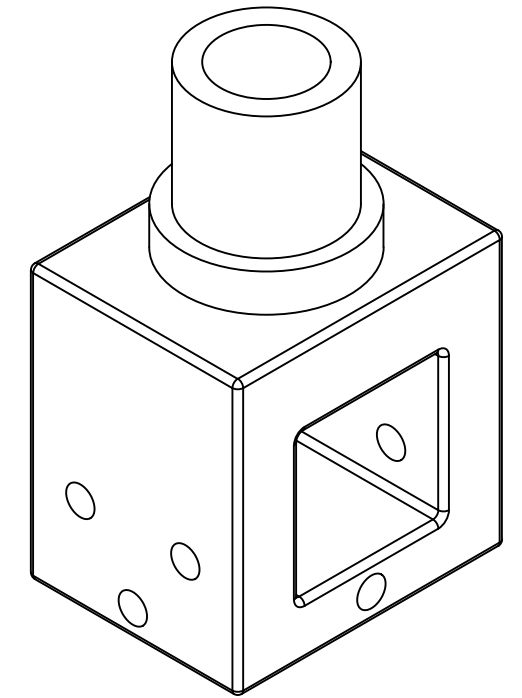


A-A (1:1)

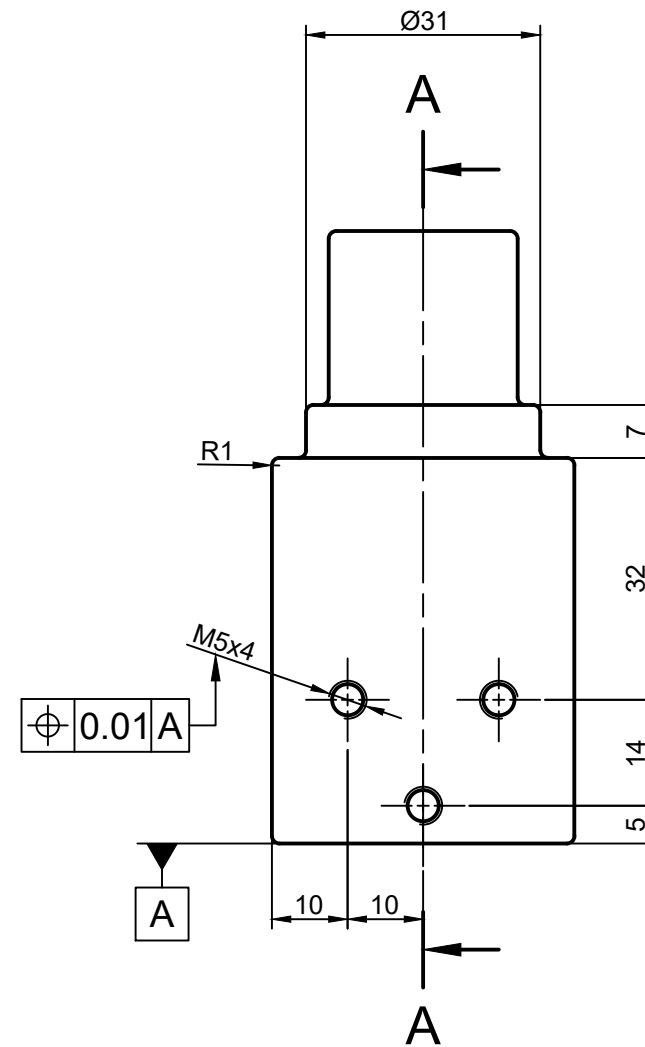
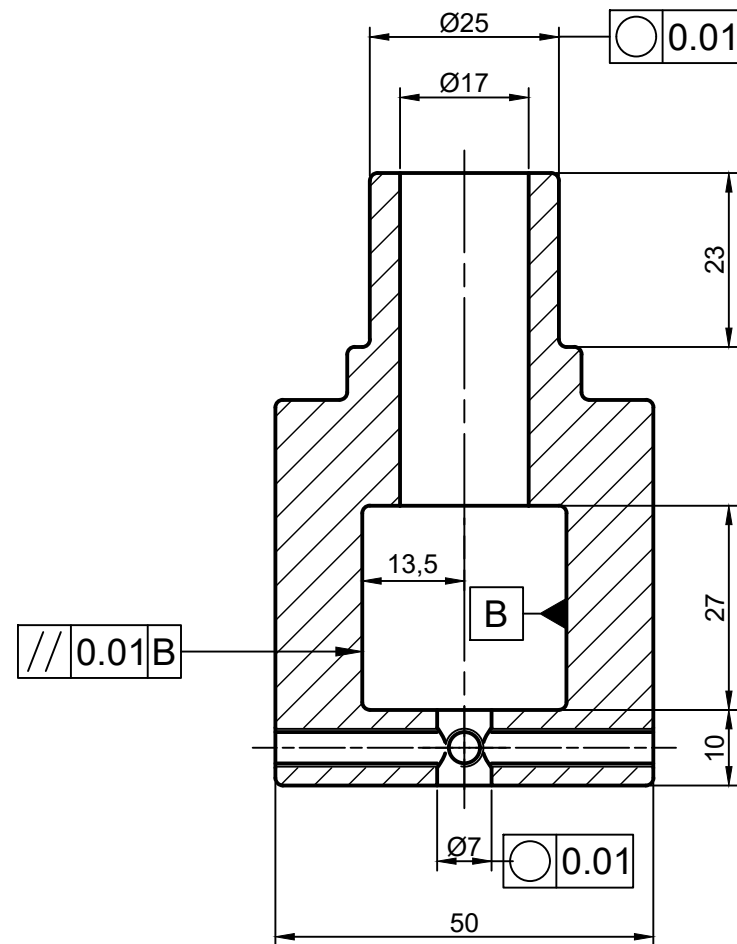


N6 (✓)

14	1	Flyer - Parte 1	Elemento estructural		Aluminio	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021		<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:		
1:1	ISO 2768-mK	Aluminio	4	<b>Flyer - Parte 1</b>		

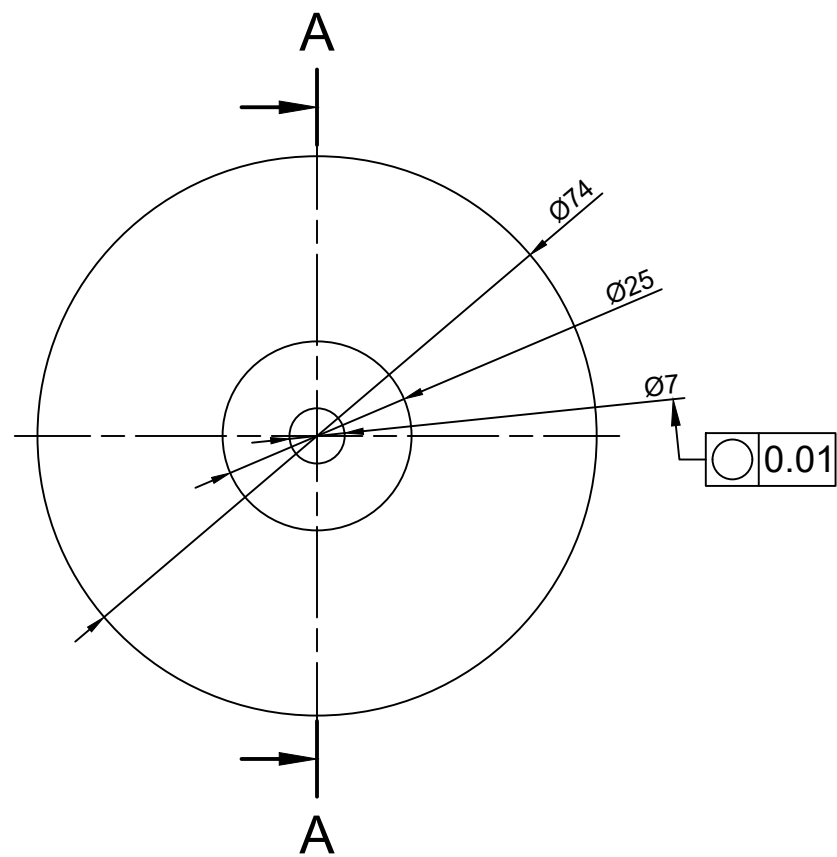


A-A ( 1 : 1 )

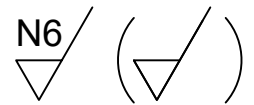
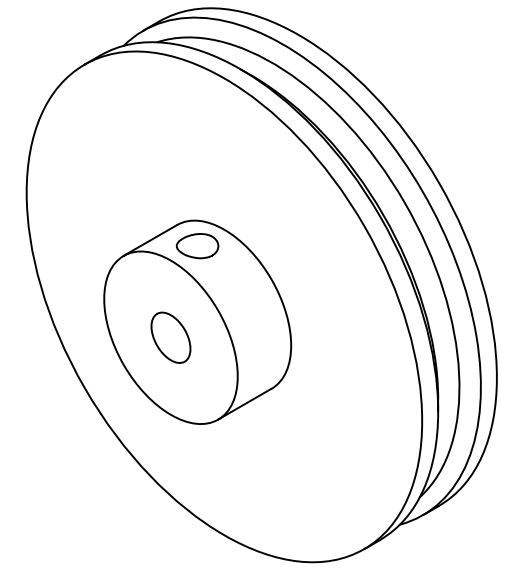
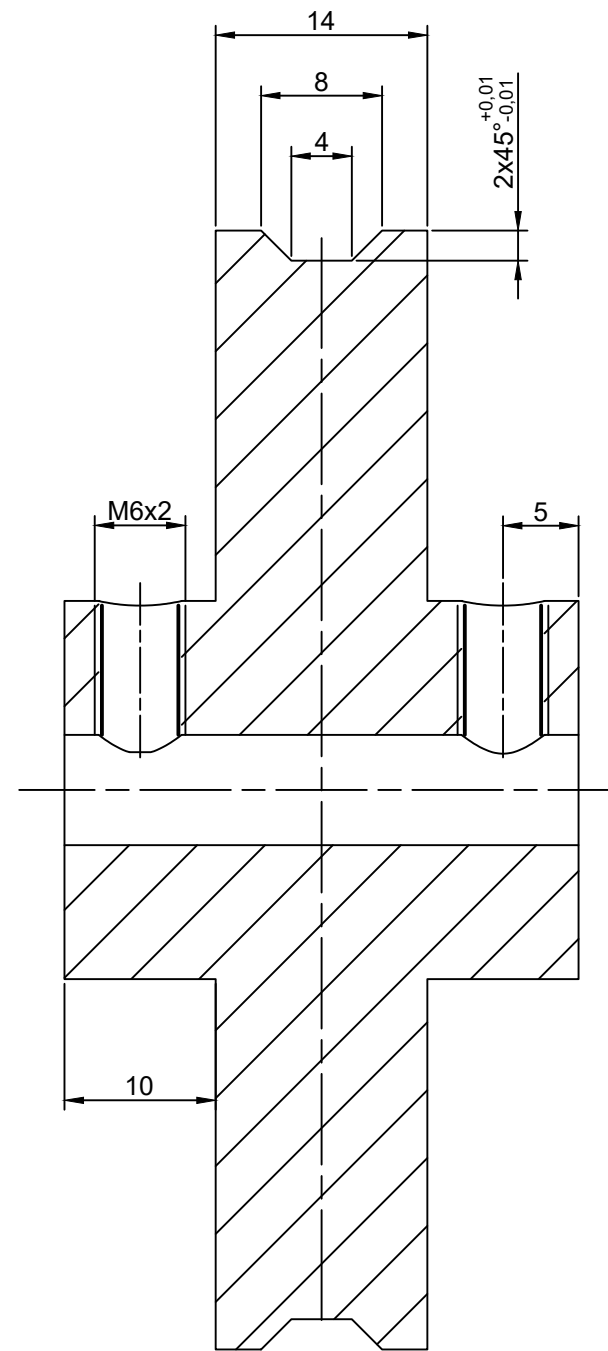


N6 (✓)

16	1	Flyer - Parte 2	Elemento estructural		Aluminio	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021				
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA Subconjunto: <b>Flyer - Parte 2</b>		
1:1	ISO 2768-mK	Aluminio	5			



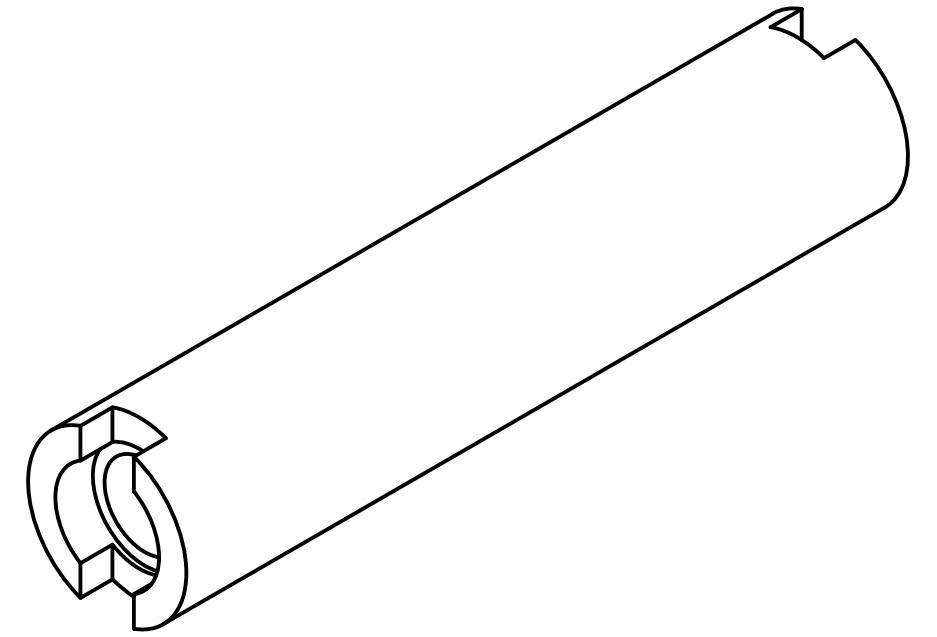
A-A ( 2 : 1 )



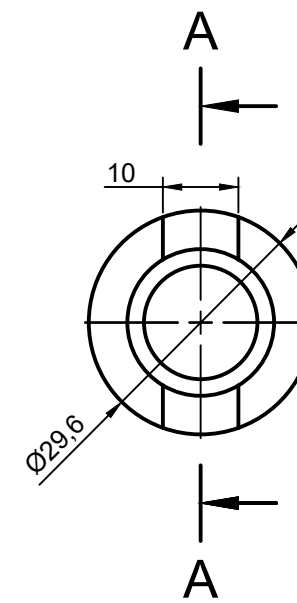
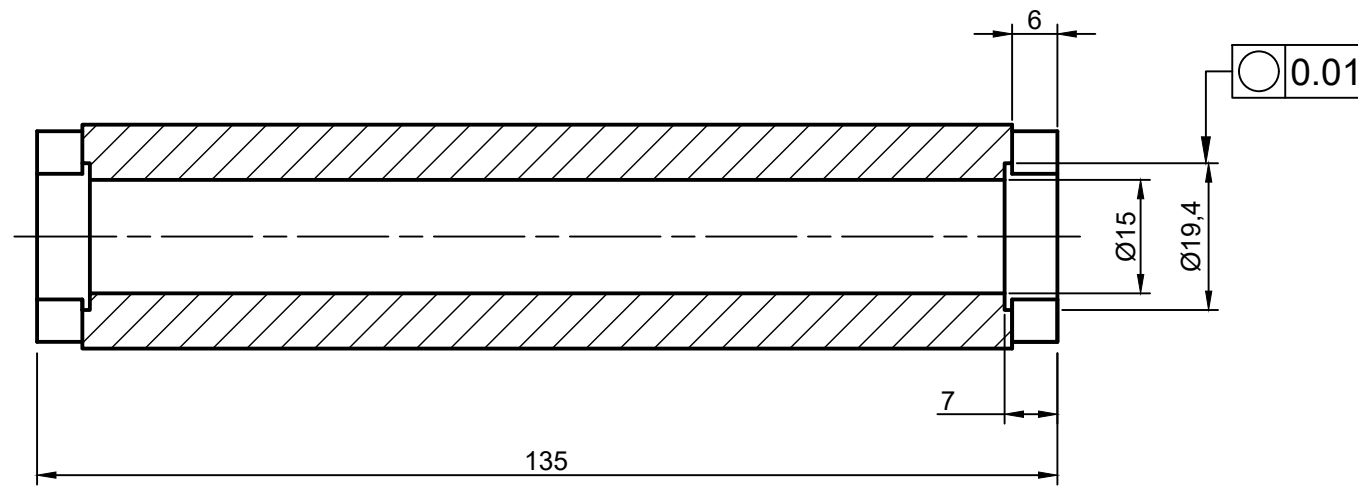
8	1	Polea Arrastre	Elemento transmisor de potencia		Madera	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021				
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:		
1:1	ISO 2768-mK	Madera	6	<b>Polea Arrastre</b>		



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SALESIANA**  
SEDE CUENCA



A-A ( 1 : 1 )

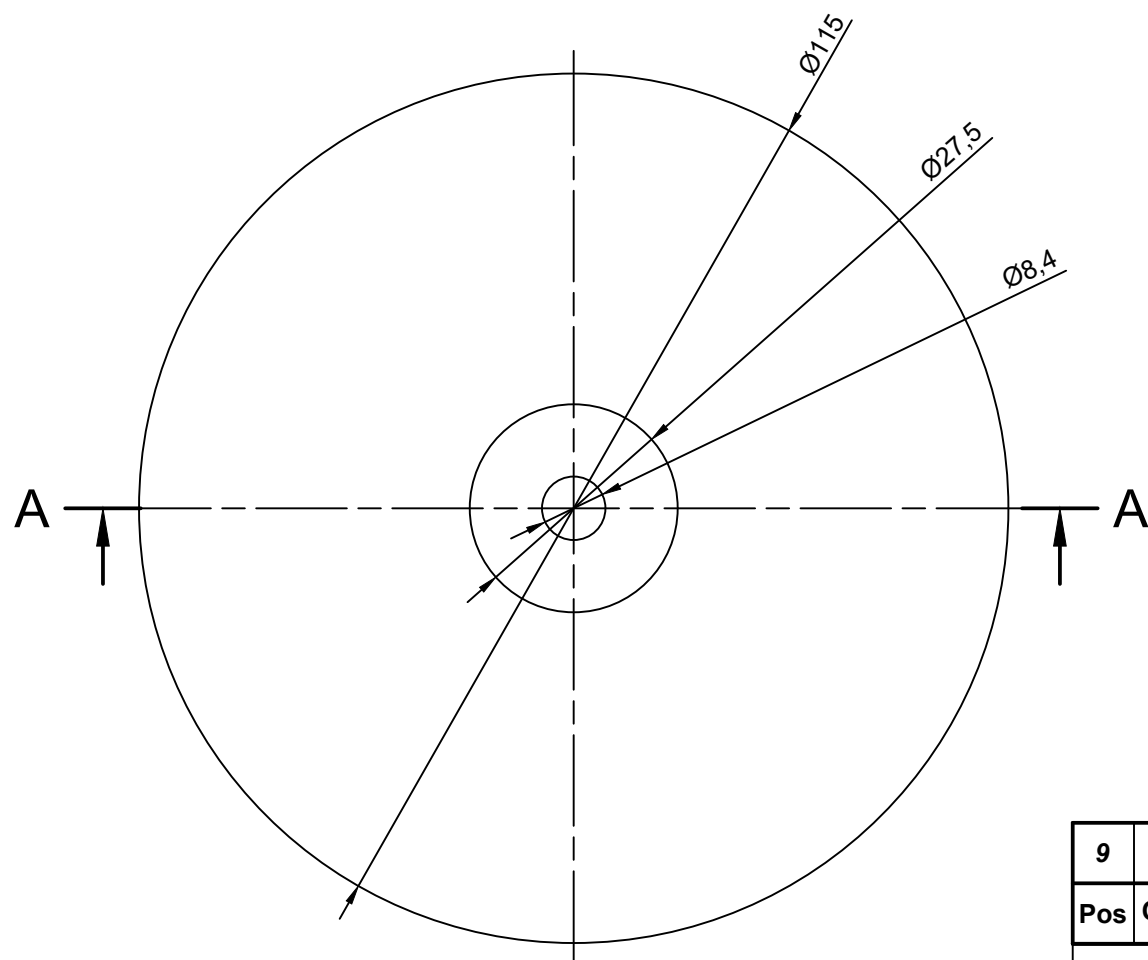
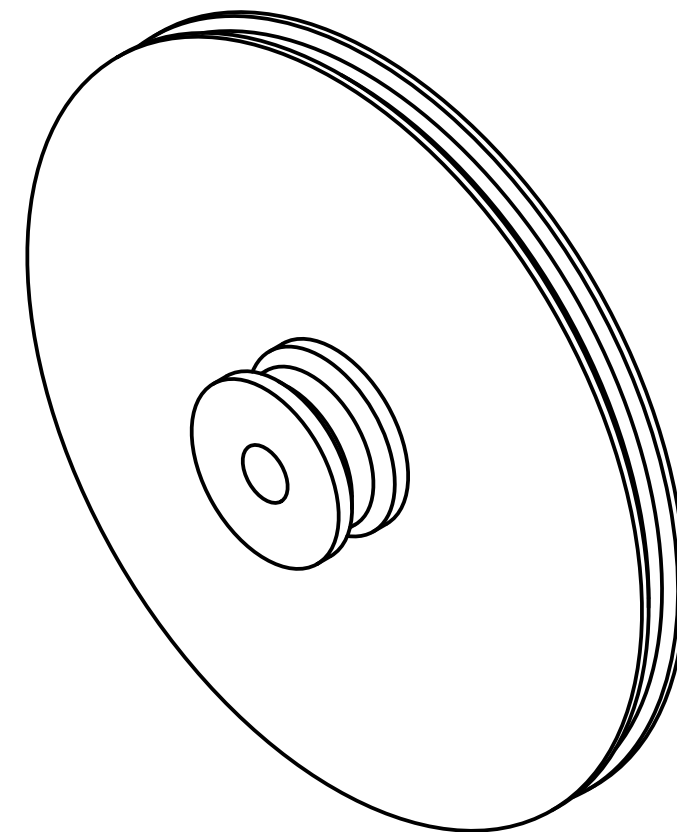
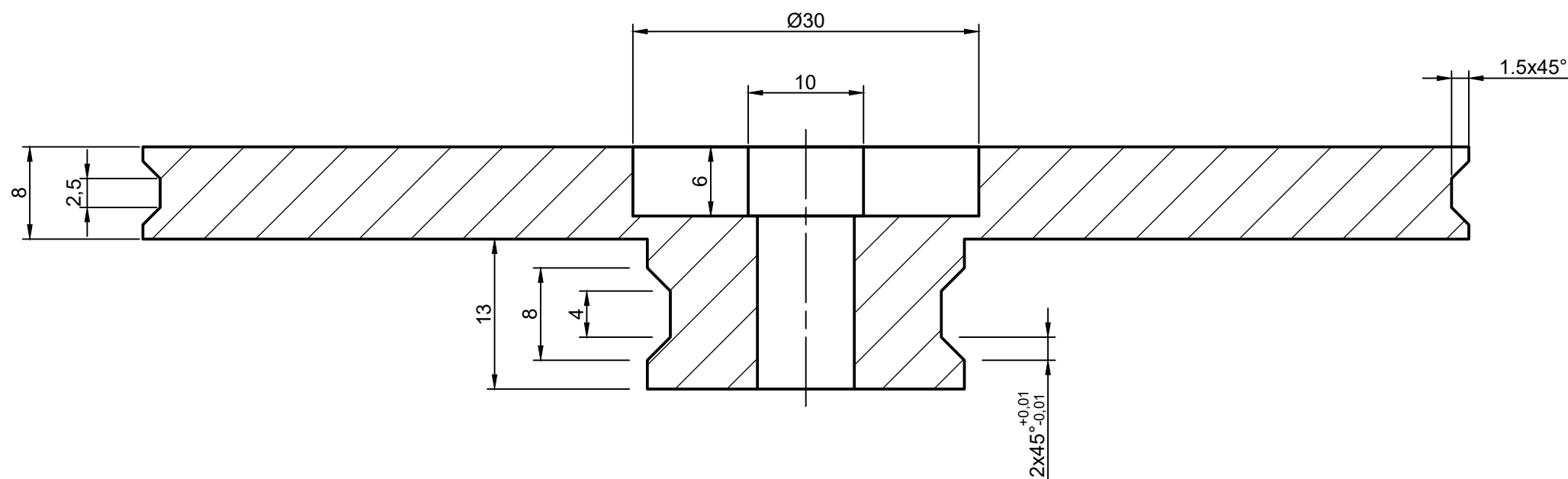


N6 / (✓)

3	1	Tubo	Elemento estructural		Madera	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021		<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:		
1:1	ISO 2768-mK	Madera	7	<b>Tubo</b>		

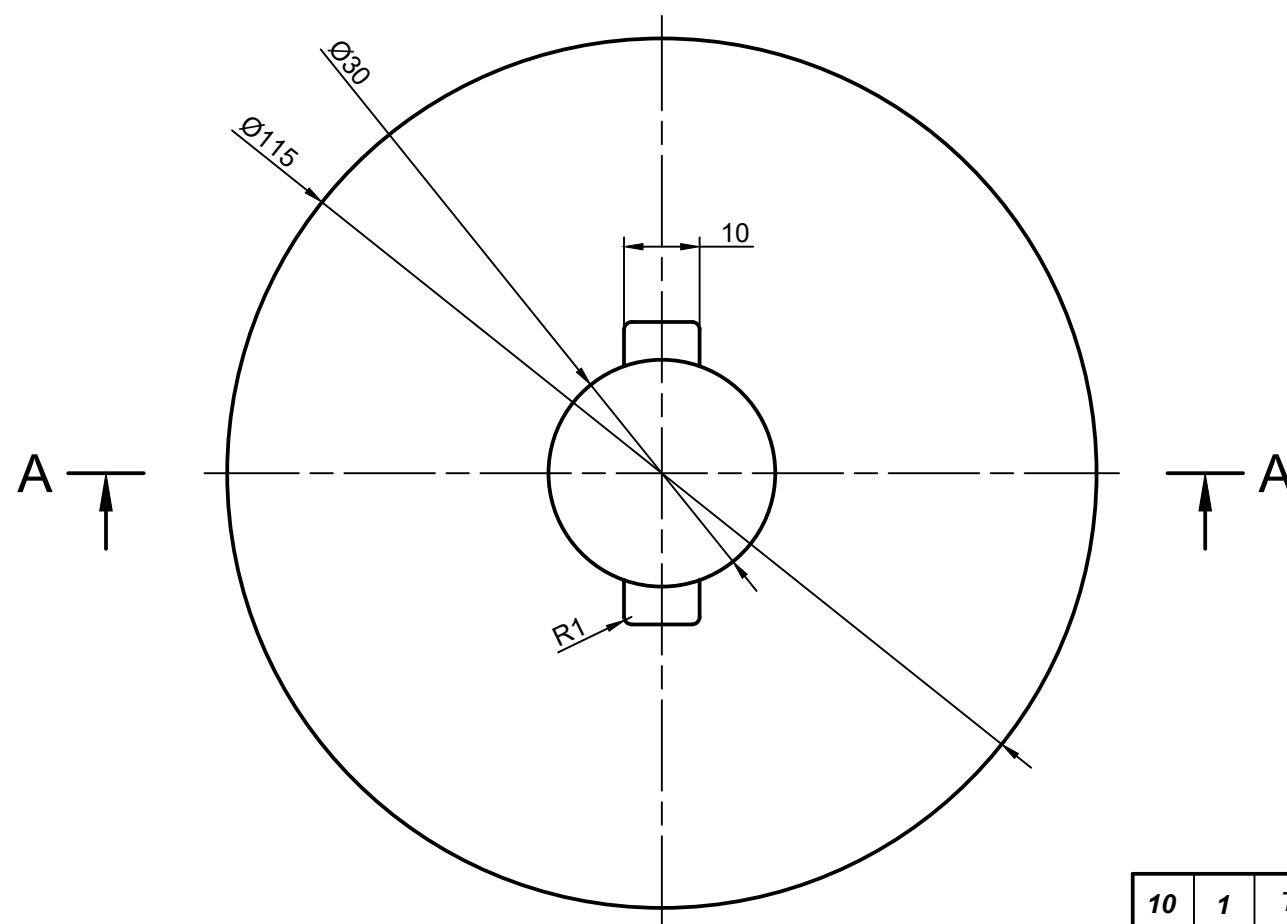
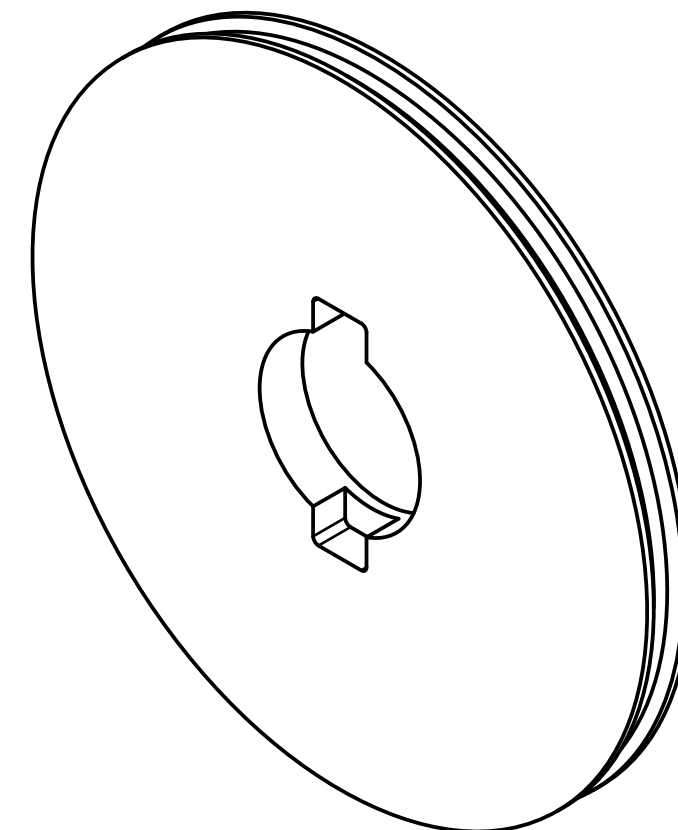
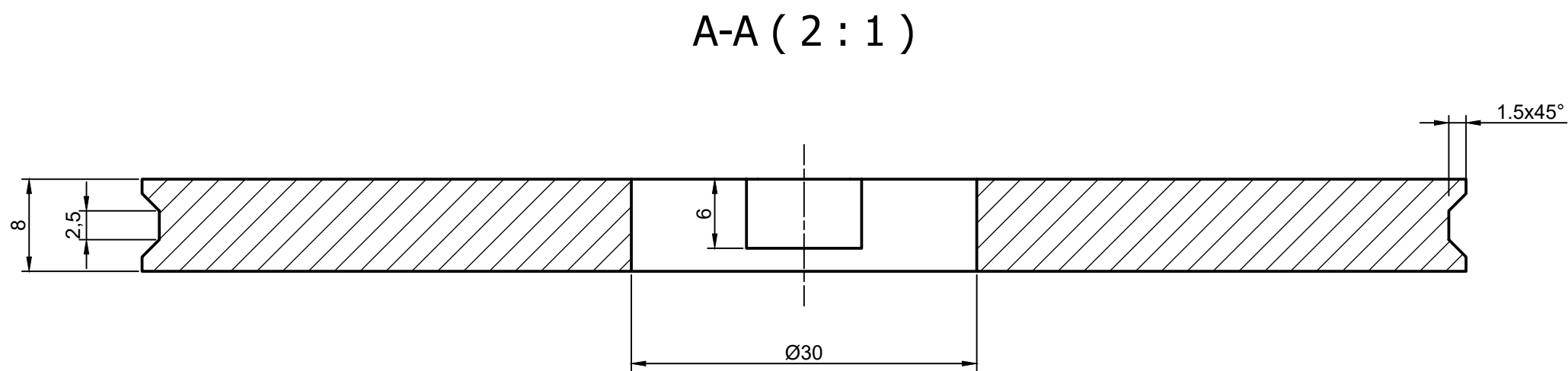


A-A ( 2 : 1 )



N6 (✓)

Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
9	1	Tapa izquierda - tubo	Elemento estructural		Madera	
Fecha		10 / 01 / 2021		<p><b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA</p>		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Subconjunto:	<b>Tapa izquierda - tubo</b>					
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina			
1:1	ISO 2768-mK	Madera	8			

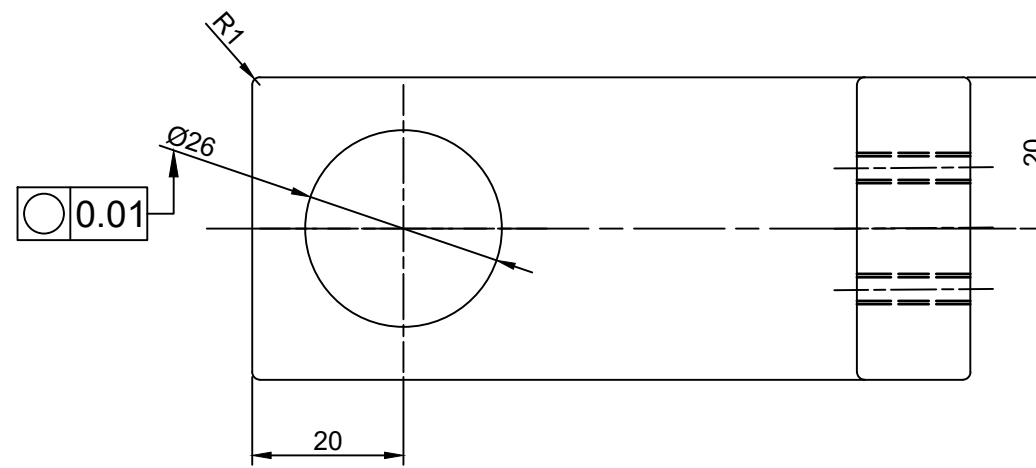
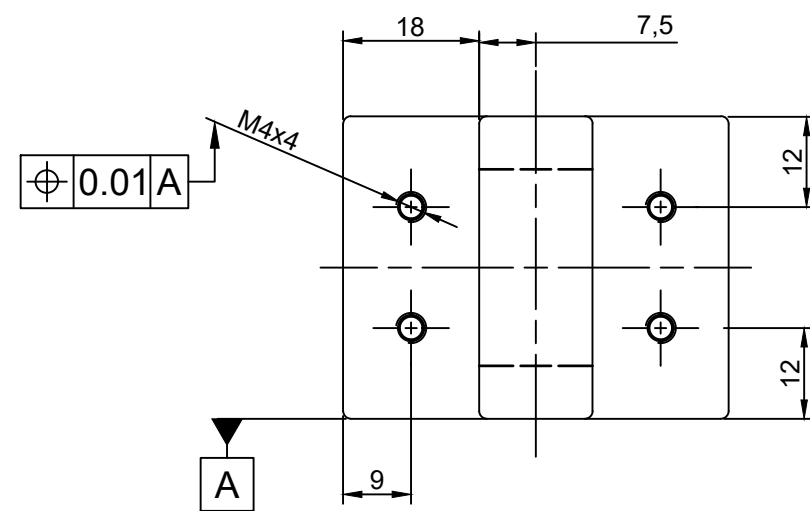
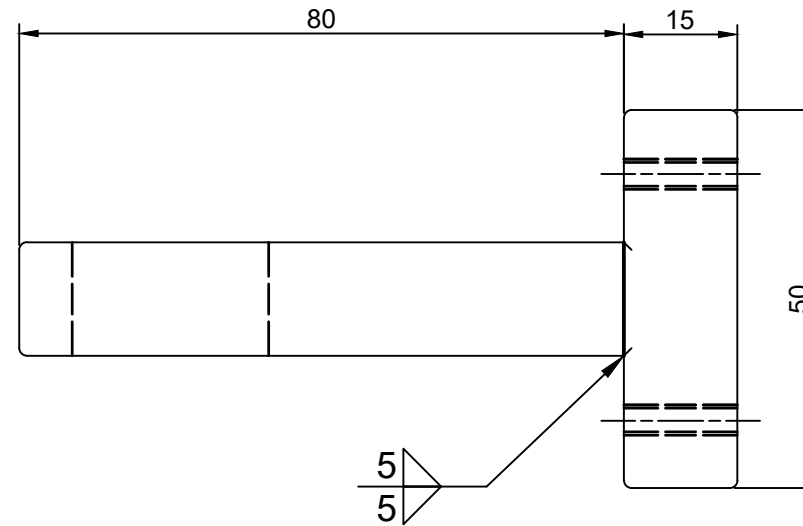
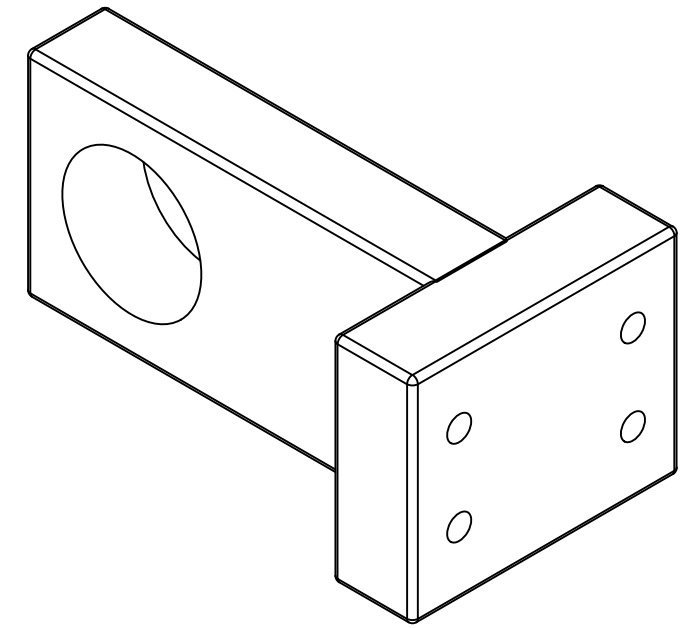


N6 / (✓)

10	1	Tapa derecha - tubo	Elemestructural		Madera	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021				
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:		
1:1	ISO 2768-mK	Madera	9	<b>Tapa derecha - tubo</b>		

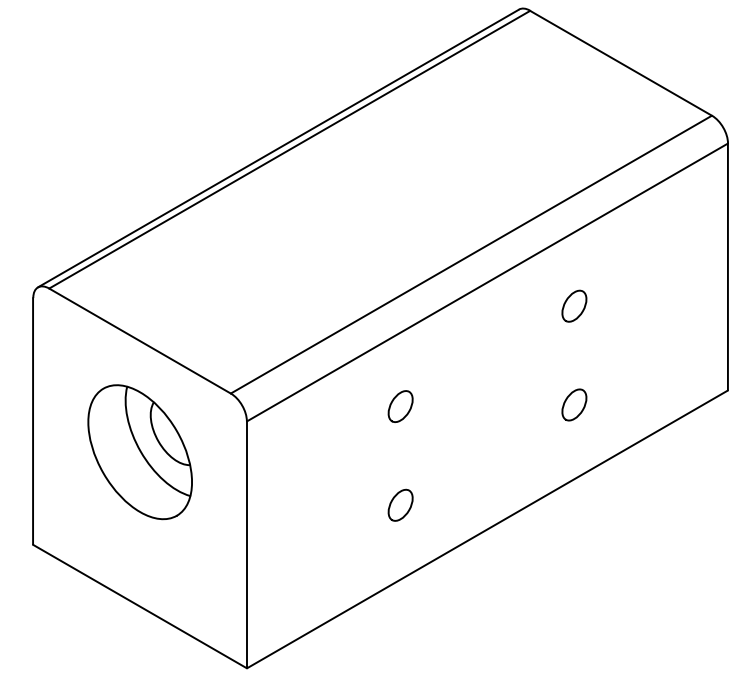


**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SALESIANA**  
SEDE CUENCA

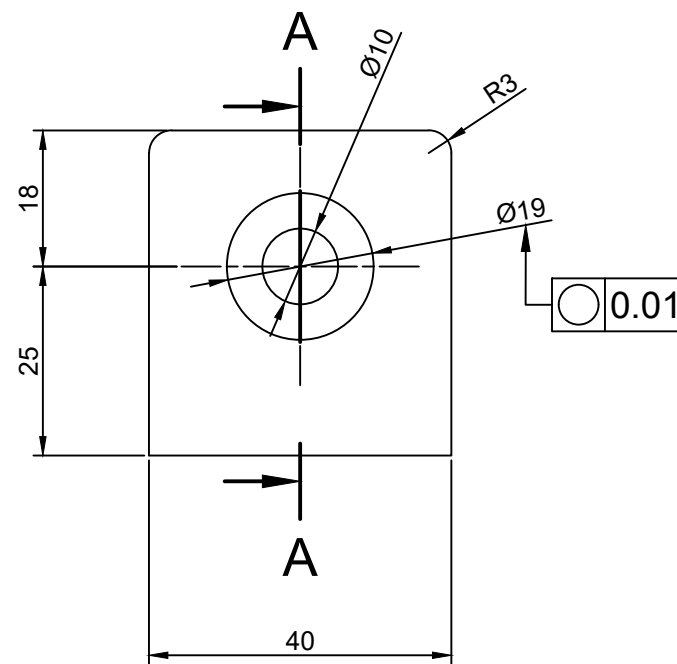
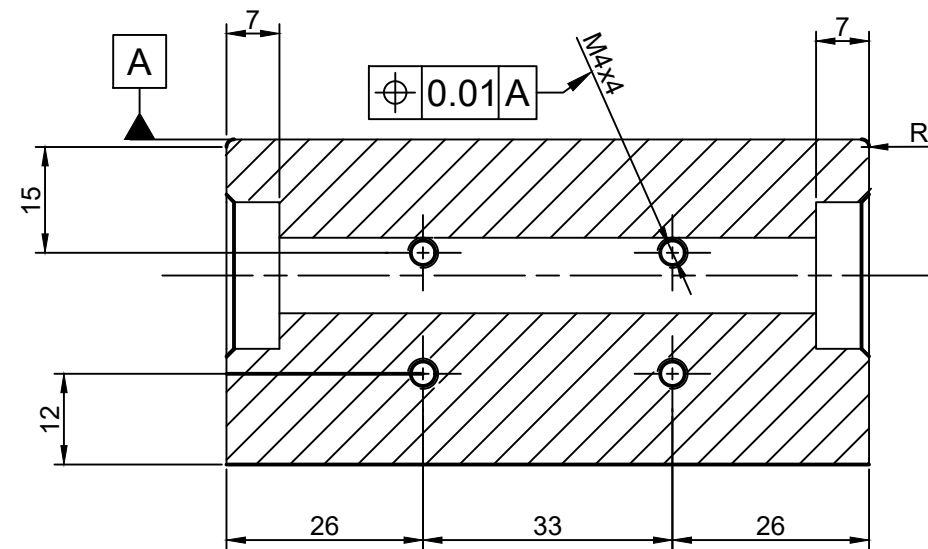


N6 / (✓)

Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
2	4	Soporte	Elemento estructural		Aluminio	
Fecha		10 / 01 / 2021		<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Subconjunto:	<b>Soporte</b>					
Escala						
1:1	ISO 2768-mK	Aluminio	10			

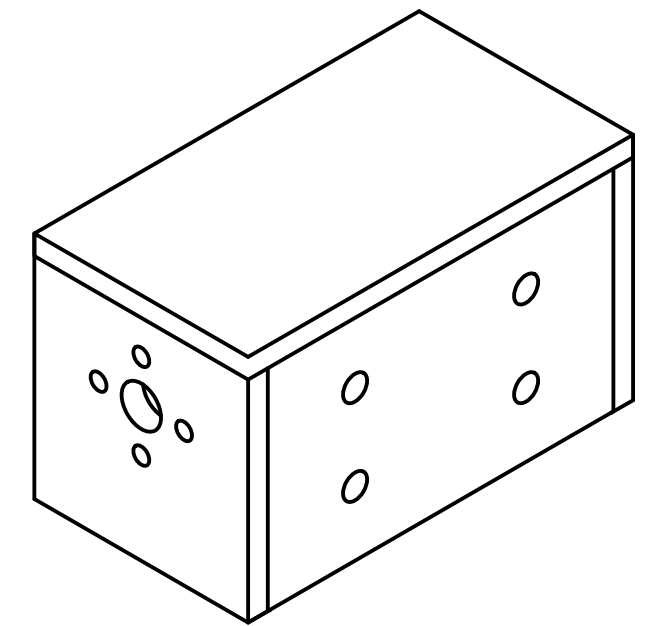


A-A ( 1 : 1 )

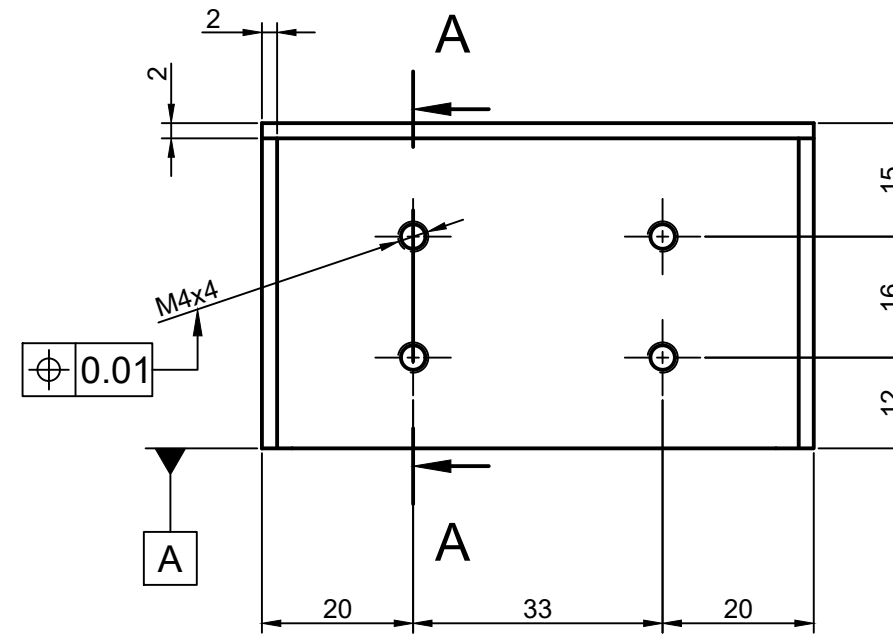
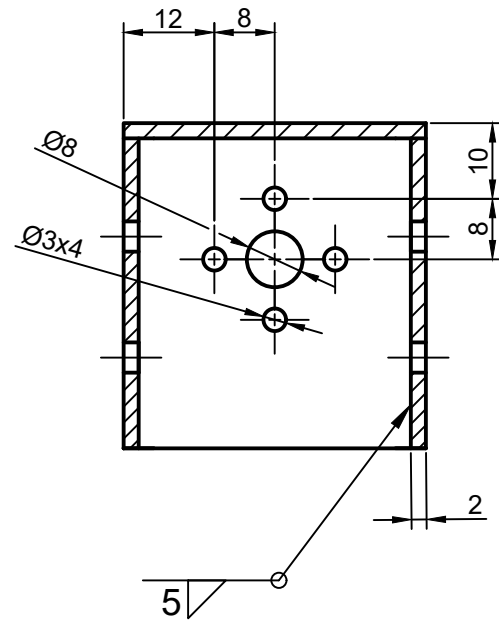


N6 (✓)

26	1	Base Eje	Elemento estructural		Aluminio	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021		<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:		
1:1	ISO 2768-mK	Aluminio	11	<b>Base Eje</b>		

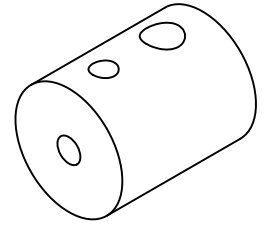


A-A ( 1 : 1 )

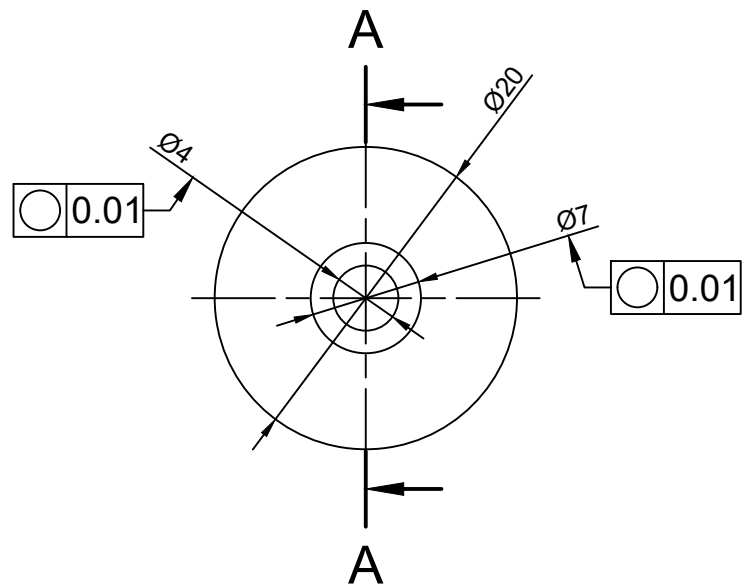
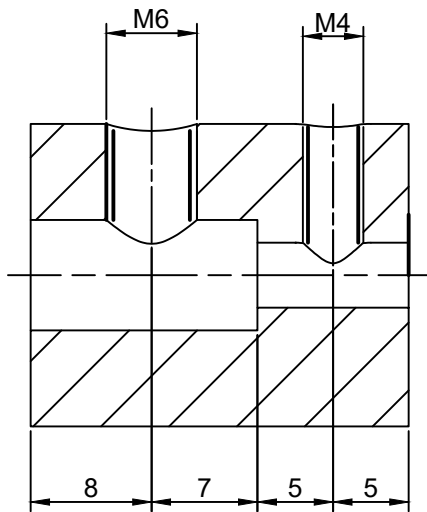


N6 / (✓)

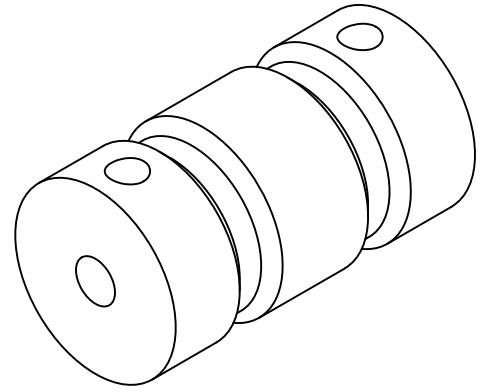
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
20	1	Base Motor	Elemento estructural		Aluminio	
Fecha		10 / 01 / 2021		<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:		
1:1	ISO 2768-mK	Aluminio	12	<b>Base Motor</b>		



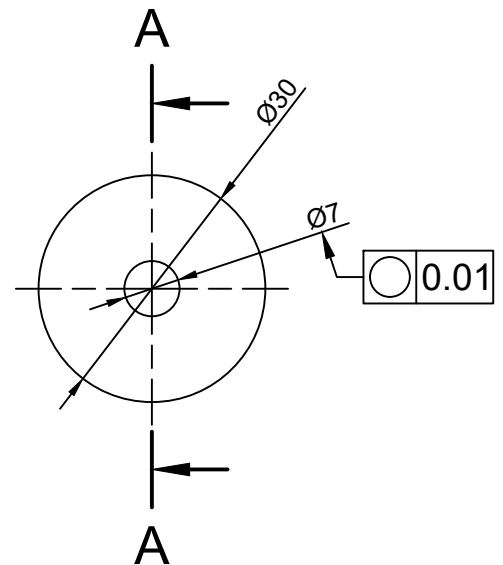
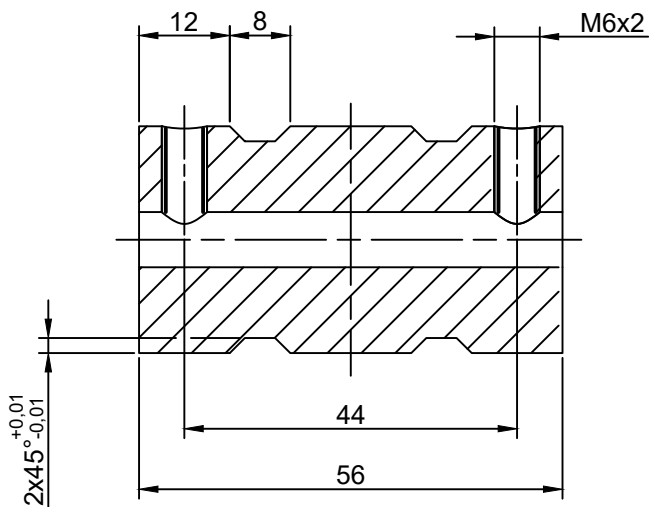
A-A ( 2 : 1 )



Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
24	1	Acople Motor	Elemento estructural		Aluminio	
Fecha		10 / 01 / 2021		<p><b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA</p>		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala		Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:	
2:1		ISO 2768-mK	Aluminio	13	<b>Acople Motor</b>	

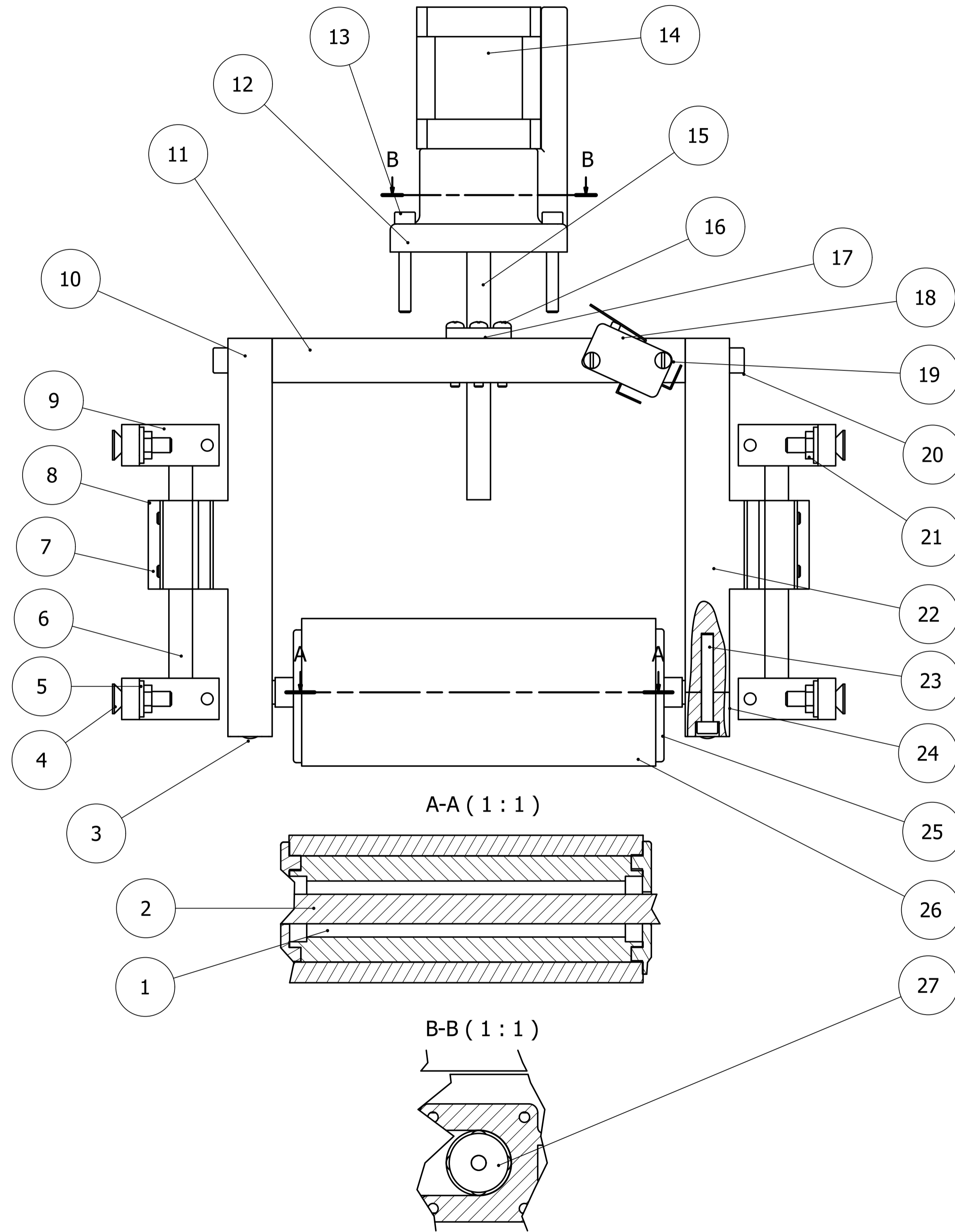
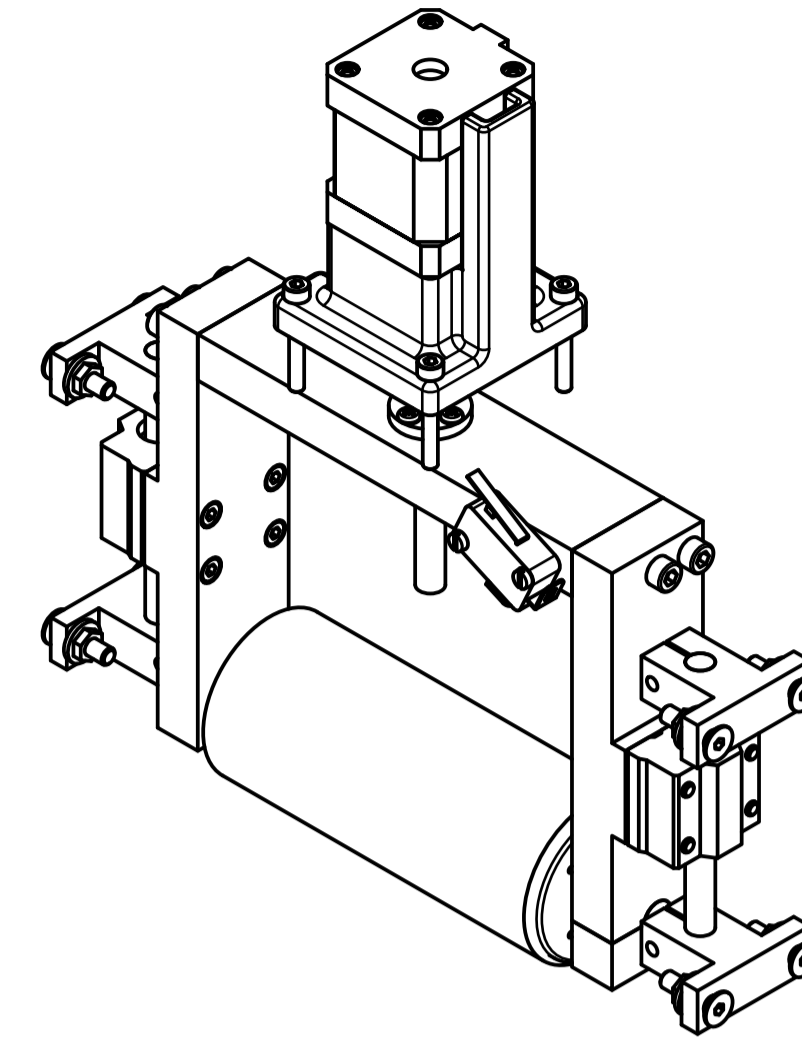


A-A ( 1 : 1 )



28	1	Acople Eje	Elemento transmisor de potencia		Aluminio	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021		<p><b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA</p>		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Subconjunto:	<b>Acople Eje</b>					
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina			
1:1	ISO 2768-mK	Aluminio	14			

# ESCALA 1:2



27	3	Acople	Acople para motor a paso		Aluminio
26	3	Caucho de silicona	Protección del rodillo		Caucho
25	6	Tapa de rodillo	Elemento de protección del alma		Aluminio
24	3	Sujección del rodillo	Elemento de sostén del eje del rodillo		Aluminio
23	12	Tornillo	Tornillo de cabeza hueca hexagonal	BS 4168 - M4 x 30	
22	3	Brazo Lateral Derecho	Soporte para rodillo		Aluminio
21	24	Tuerca	Tuerca hexagonal	AS 1474 - M5	
20	15	Tornillo	Tornillo de cabeza hueca hexagonal	BS 4168 - M5 x 25	
19	6	Tornillo	Tornillos de máquina métricos ISO	AS 1427 - M3 x 16	
18	3	Fin carrera	Switch NA/NO		Polímero
17	3	Tuerca de bronce	Tuerca de centro para sujetar y trasladar brazo		Bronce
16	16	Tornillo	Tornillos de máquina métricos ISO Phillips	AS 1427 - M3 x 20	
15	3	Tornillo	Tornillo sin fin de 100 mm		
14	3	Motor	Motor paso a paso NEMA17 de 40mm de longitud de plomo 1.2A		
13	12	Tornillo	Tornillo de cabeza hueca hexagonal	BS EN ISO 4762 - M4 x 30	
12	3	Base Motor a Paso	Sujetar motor		PLA
11	3	Brazo Superior	Soporte para rodillo y tornillo sin fin		
10	3	Brazo Lateral Izquierdo	Soporte para el rodillo		Aluminio
9	12	Soporte	Elemento de sujección para varilla		Aluminio
8	6	Rodamiento	Guia de varilla de 8 mm		Aluminio
7	24	Tornillo	Tornillo de cabeza hueca hexagonal	BS 4168 - M4 x 35	
6	6	Eje de traslado	Varilla lisa de 8 mm		Aluminio
5	36	Arandela	Arandela de prueba redonda	IFI - 5, RTW	
4	24	Tornillo	Tornillos de cabeza avellanada y semiesférica con hexágono interior - Serie métrica	BS 4168 - M5 x 20	
3	6	Sujección del eje	Pasadores cilíndricos de acero - serie métrica	BS 1804-2 - 5 x 12	
2	3	Eje del rodillo	Elemento central del rodillo		Aluminio
1	3	Alma del rodillo	Cuerpo del rodillo		Aluminio
Item	Qty	Name	Description	Standard	Material

Fecha	10 / 01 / 2021	
Dibujado	Bryam Meza - Paulo Suquilanda	
Comprobado	Ing. Eugenio Cardenas	
Escala	Tol. gen.	Lámina
1:2	ISO 2768-mK	1

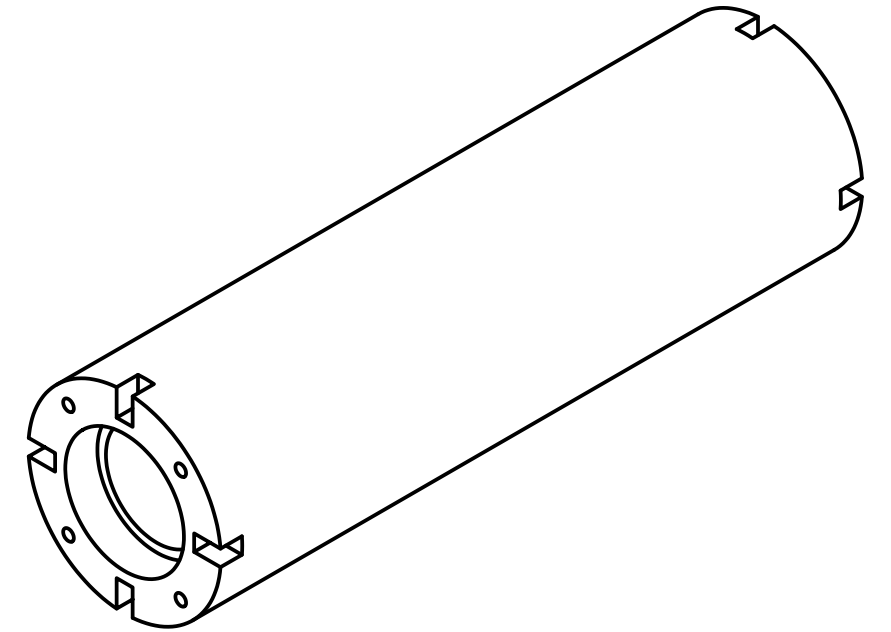
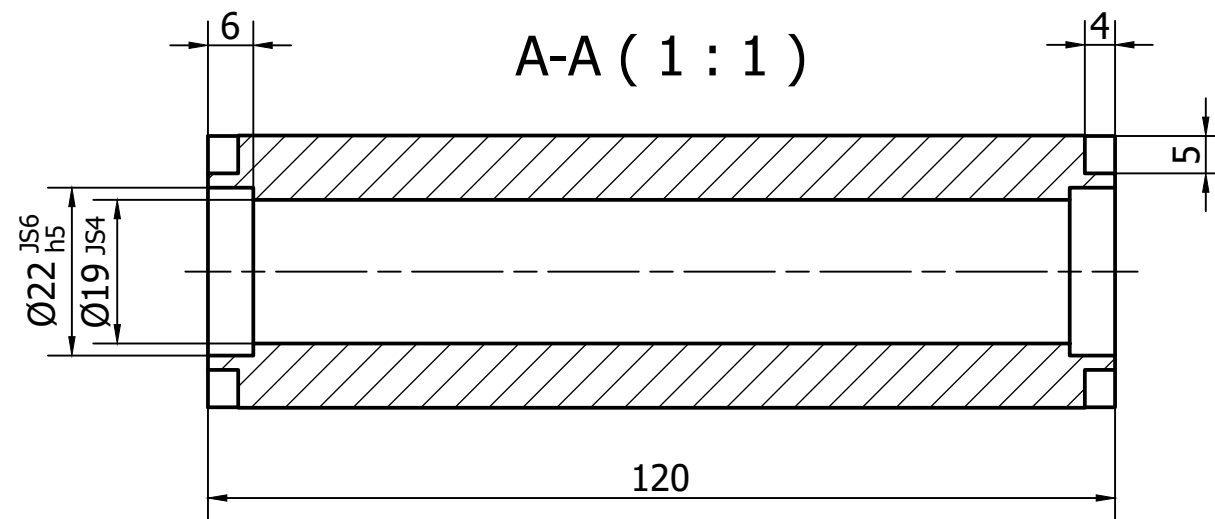
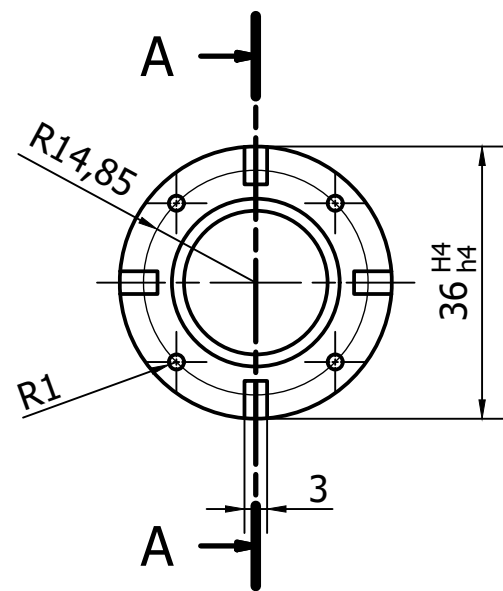


**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
SEDE CUENCA


Subconjunto:

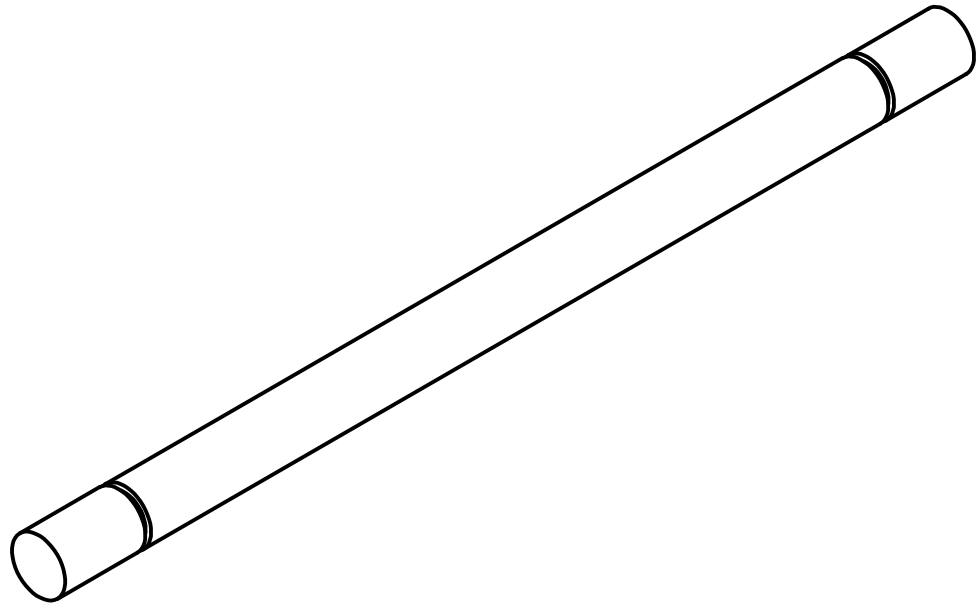
**Conjunto Alimentación**



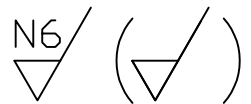
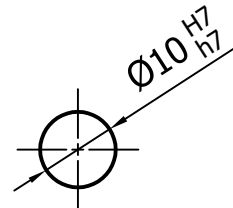
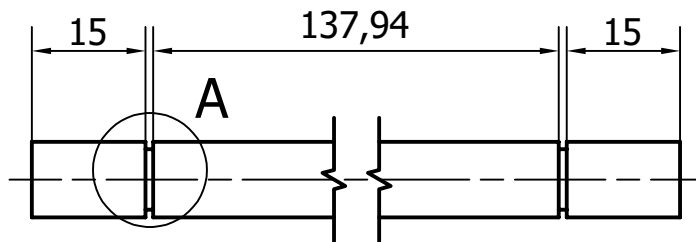
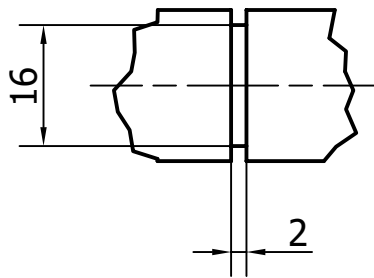



N6/ ( )

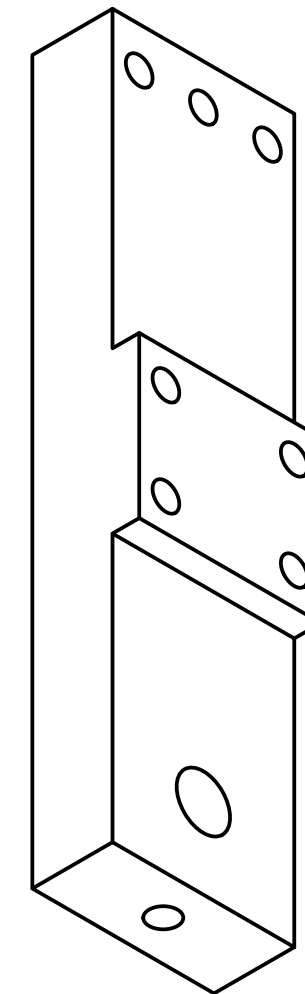
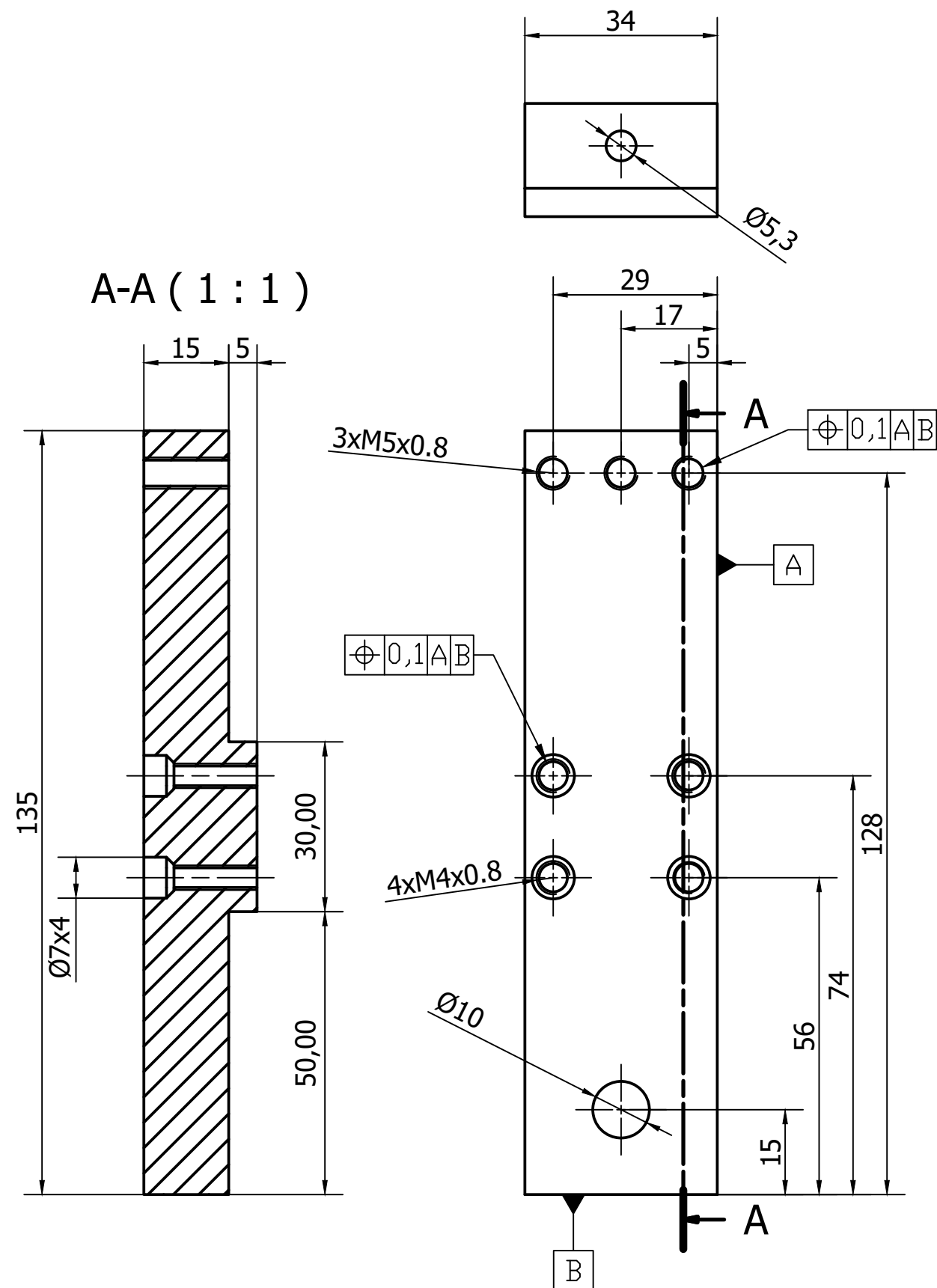
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
1	3	Alma del rodillo	Cuerpo del rodillo		Aluminio	
Fecha		10 / 01 / 2021		 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Subconjunto:	Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	<b>Alma del rodillo</b>	
	1:1	ISO 2768-mK	Aluminio	2		



A ( 2 : 1 )



2	3	Eje del rodillo	Elemento central del rodillo		Aluminio	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021		 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Subconjunto:	<b>Eje del rodillo</b>					
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina			
2:1	ISO 2768-mK	Aluminio	3			

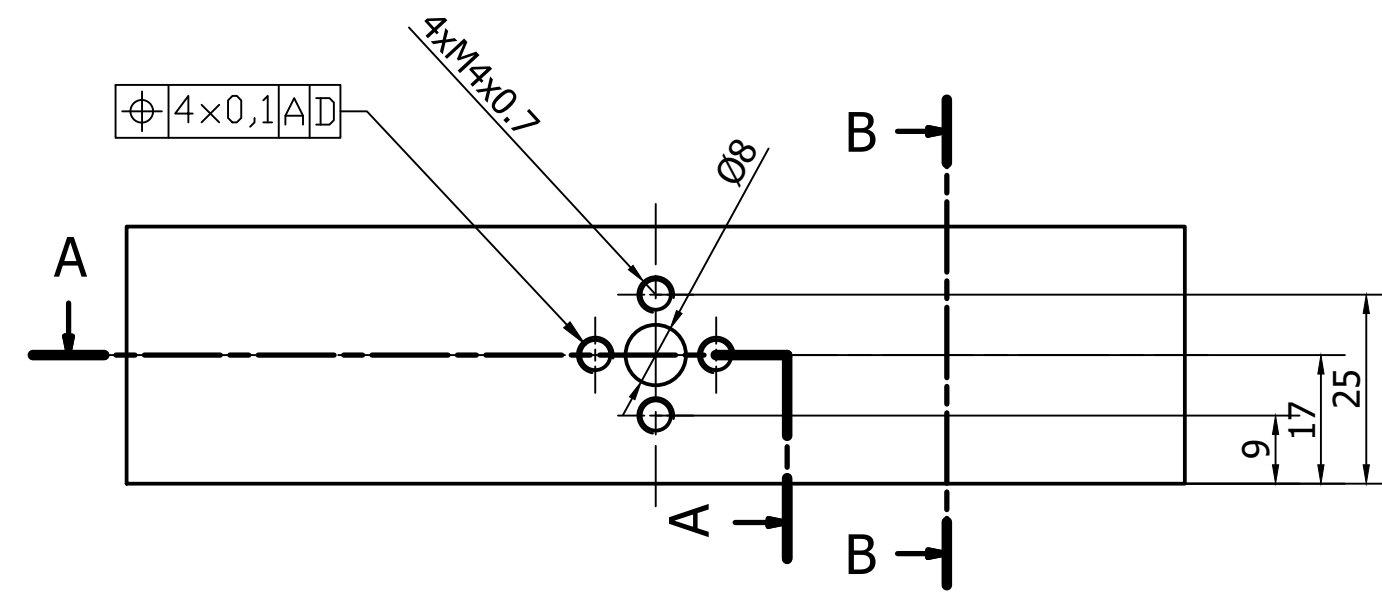
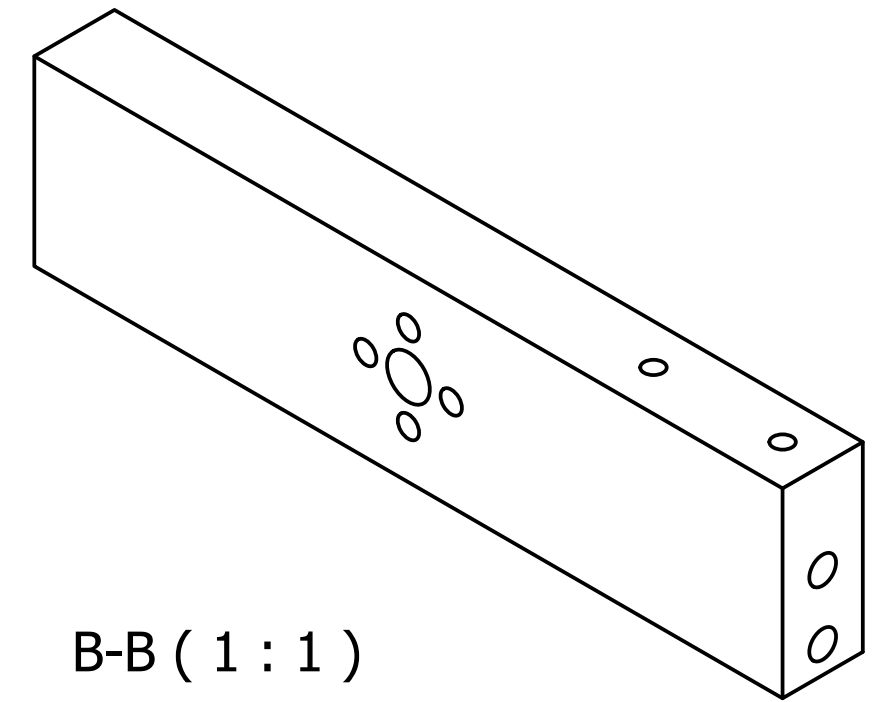


N6 / (✓)

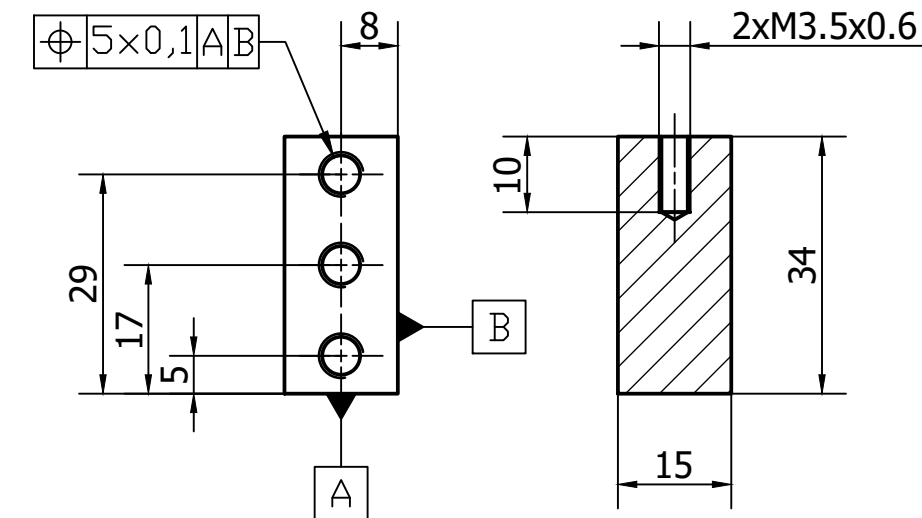
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
10	3	Brazo Lateral Izquierdo	Soporte para el rodillo		Aluminio	
Fecha		10 / 01 / 2021				
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:		
1:1	ISO 2768-mK	Aluminio	4	<b>Brazo Lateral Izquierdo</b>		



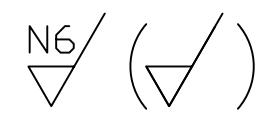
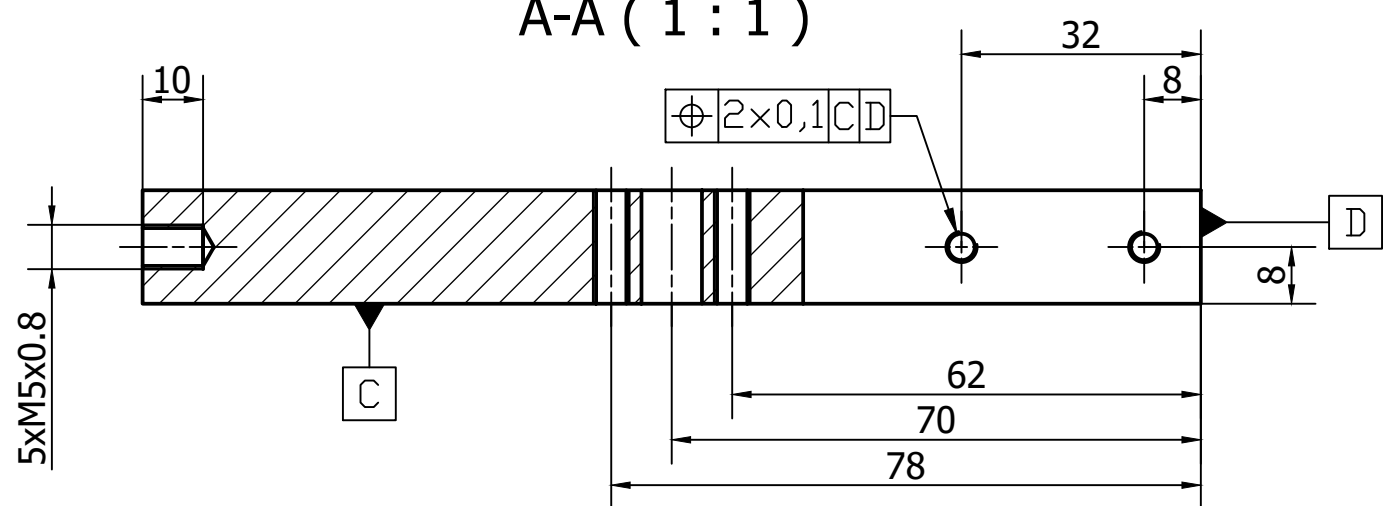
**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SALESIANA**  
SEDE CUENCA



B-B (1:1)

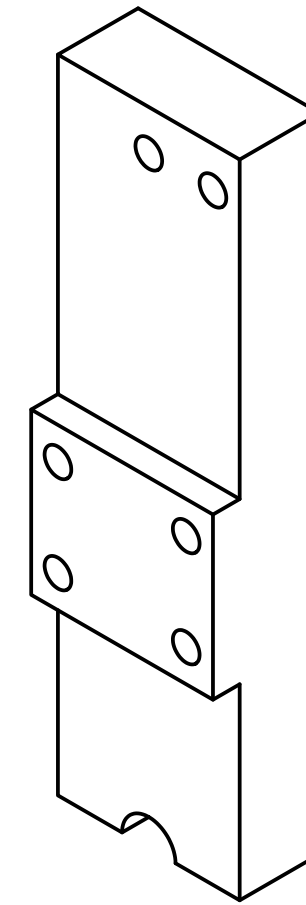
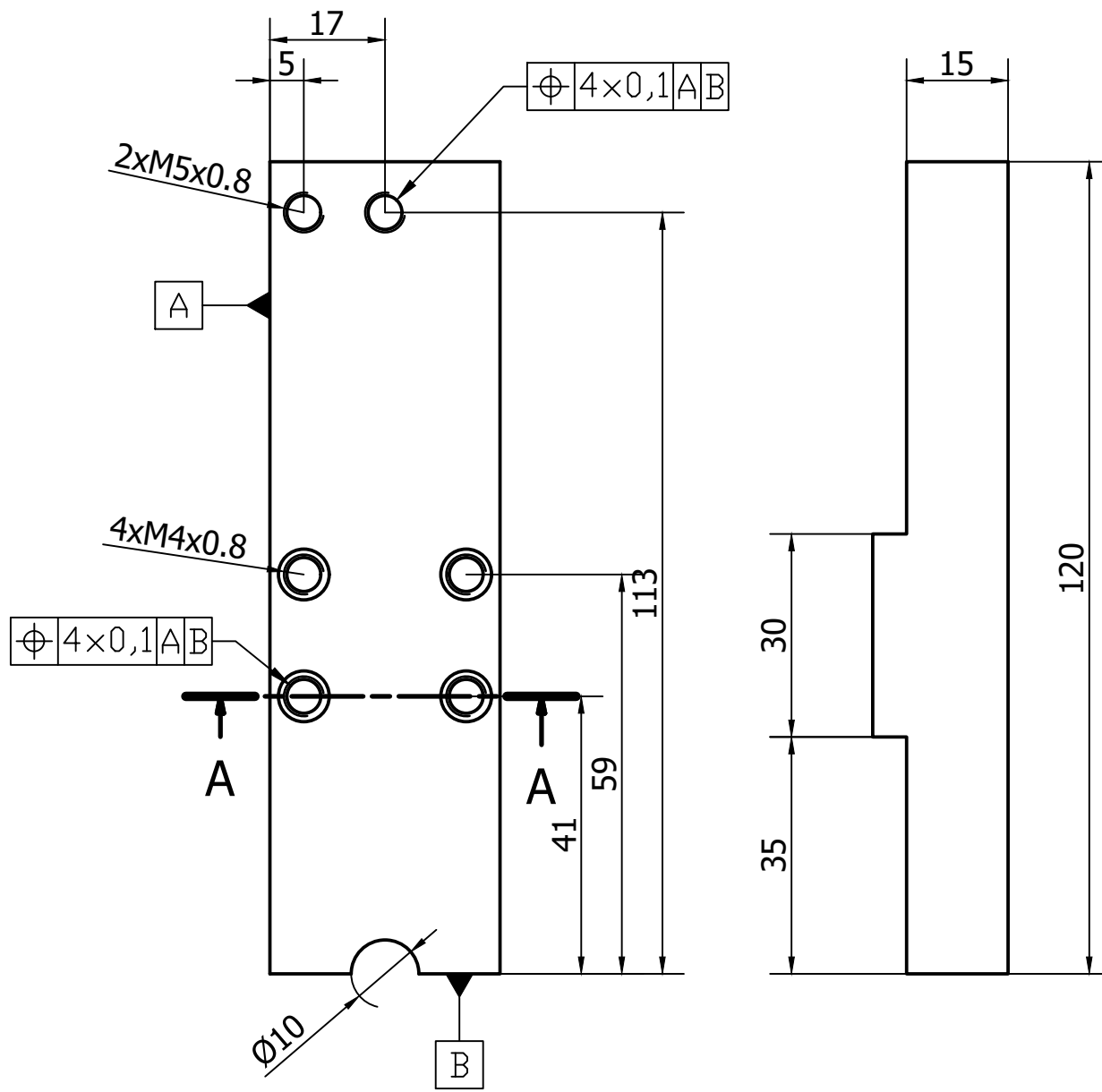
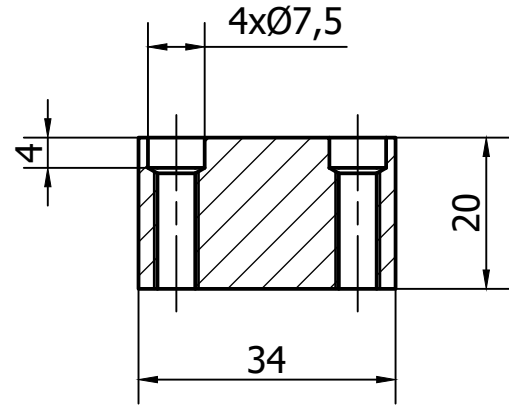



A-A (1:1)

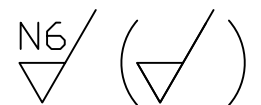
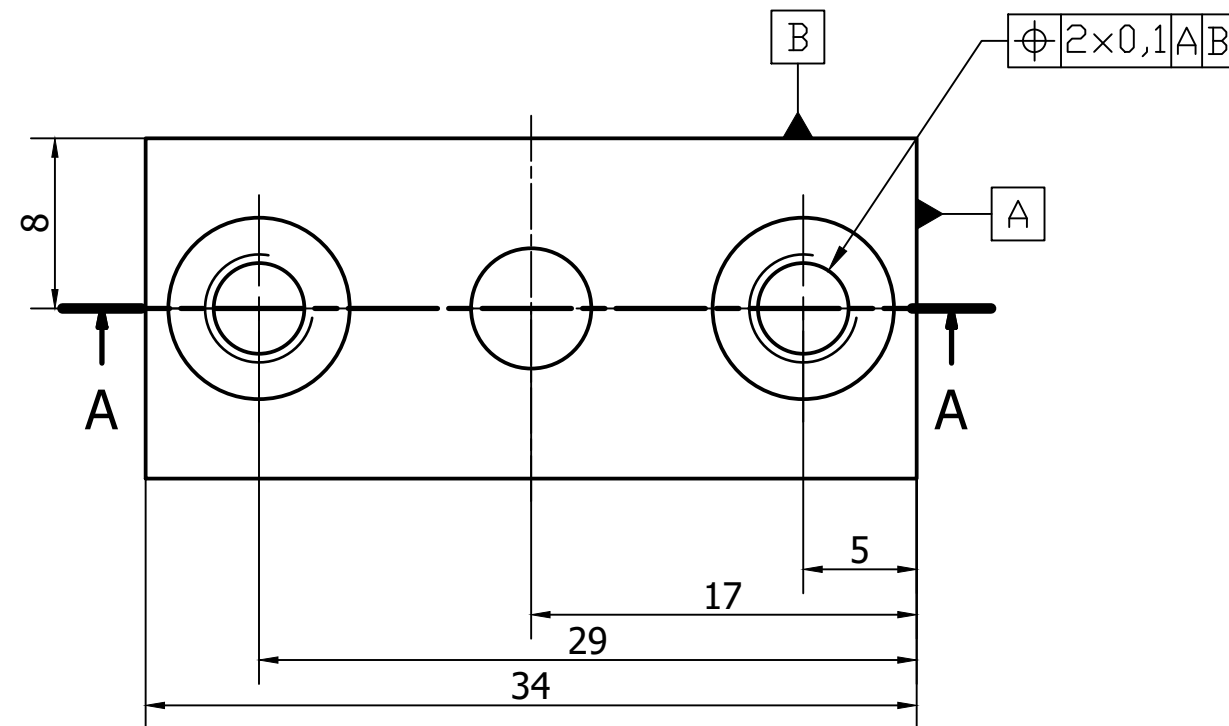
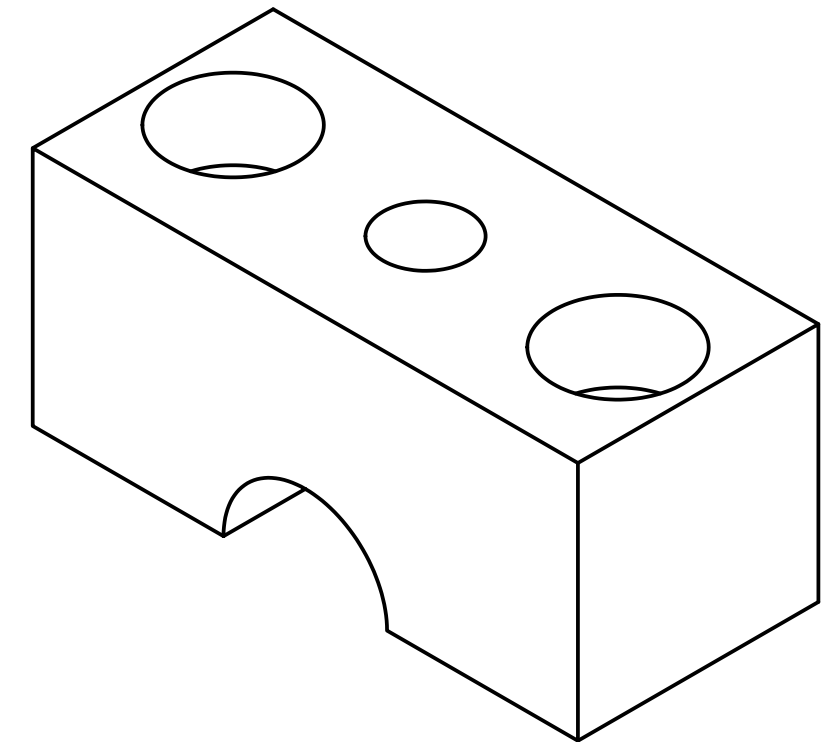
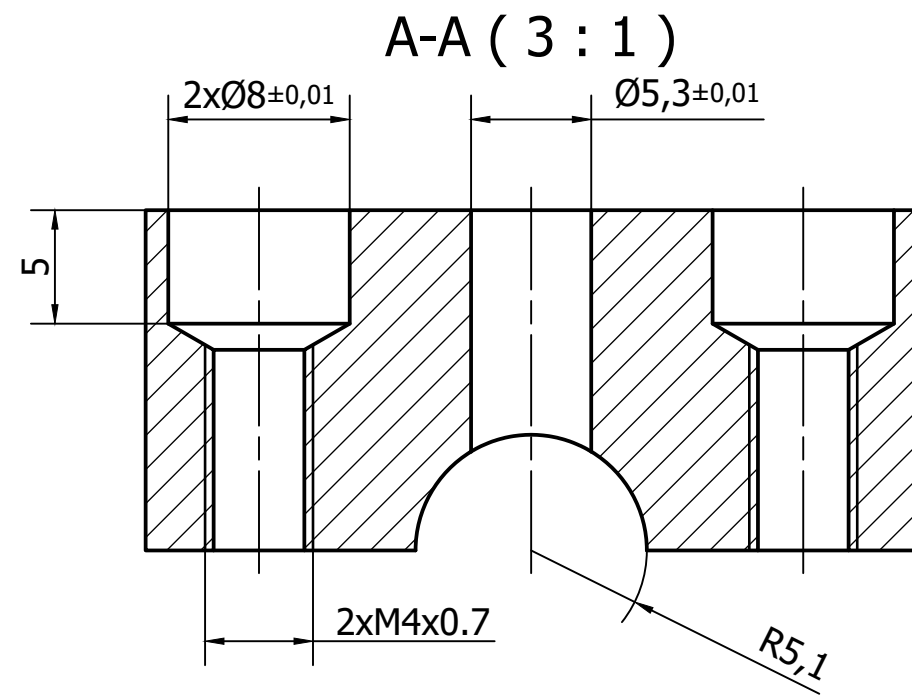
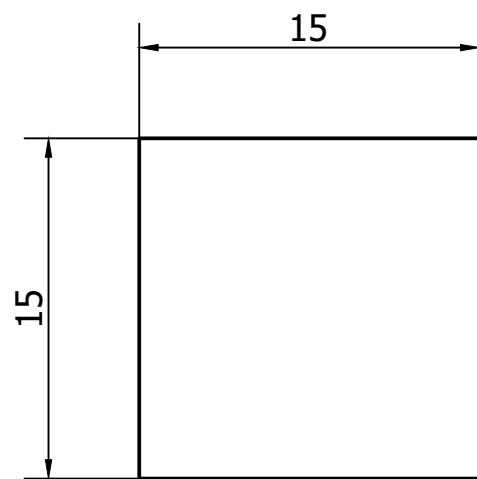



11	3	Brazo Lateral Derecho	Soporte para el rodillo y tornillo sin fin		Aluminio	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021				
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA Subconjunto: <b>Brazo Superior</b>		
1:1	ISO 2768-mK	Aluminio	5			

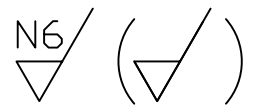
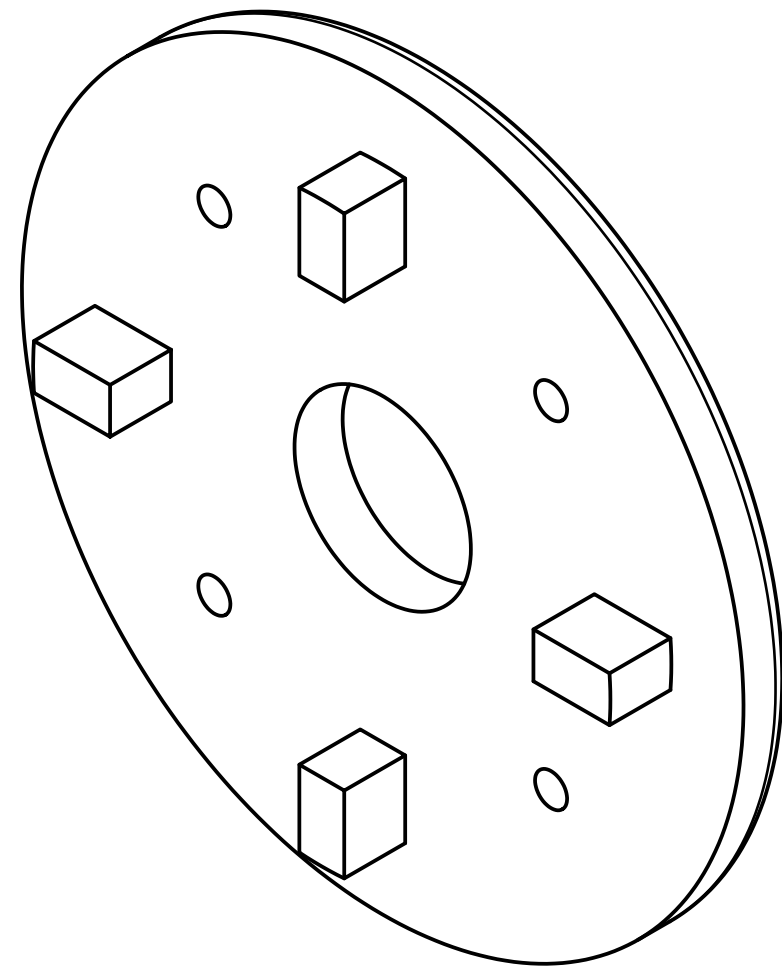
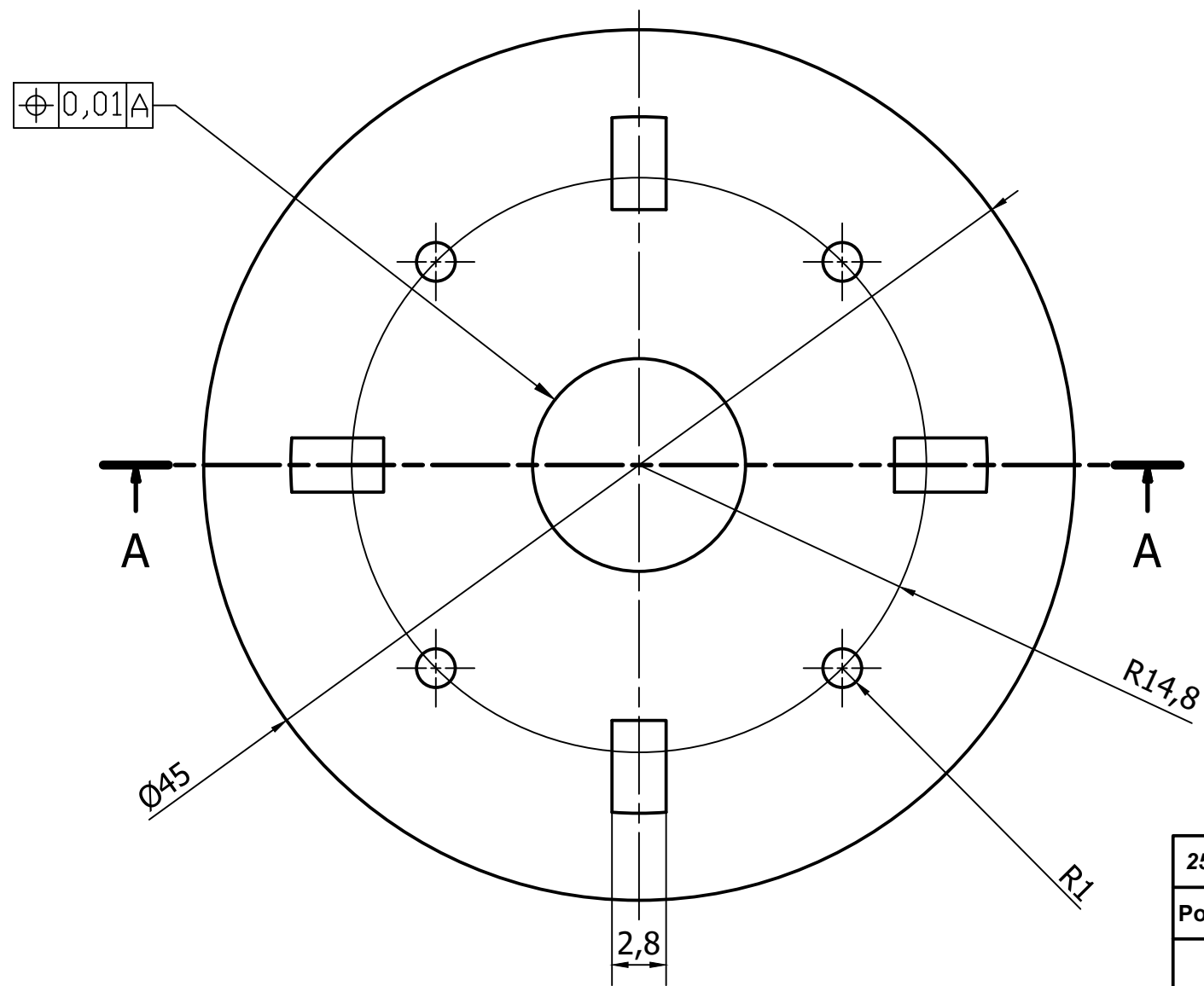
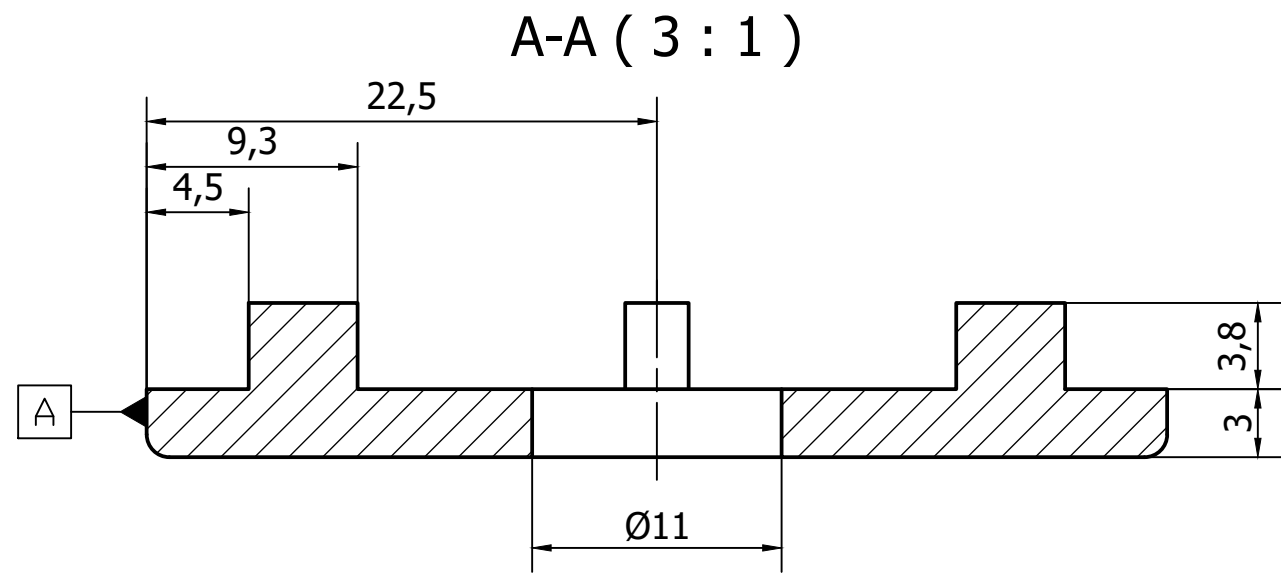
A-A ( 1 : 1 )




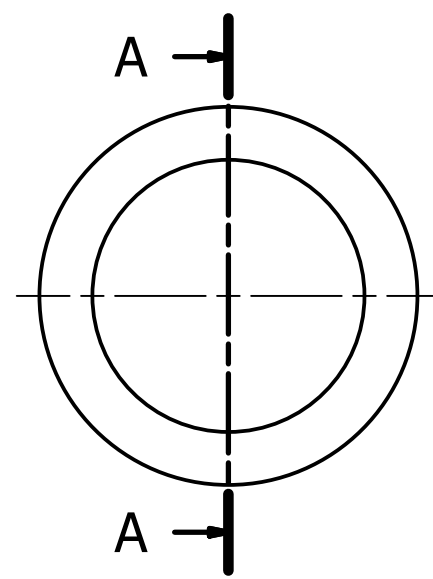
22	3	Brazo Lateral Derecho	Soporte para el rodillo		Aluminio	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021				
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA Subconjunto: <b>Brazo Lateral Derecho</b>		
1:1	ISO 2768-mK	Aluminio	6			



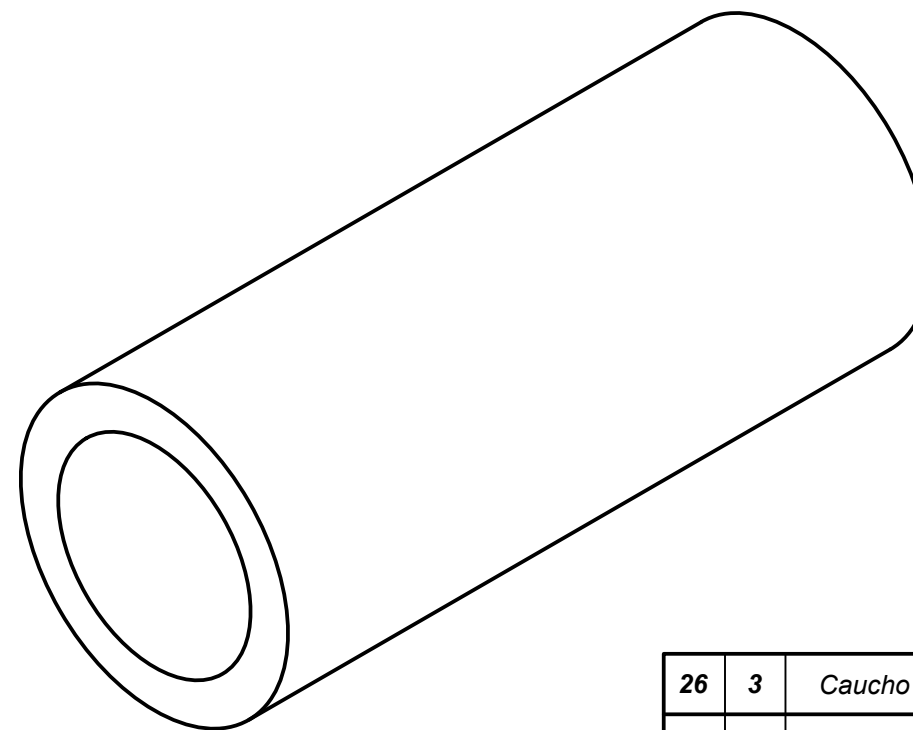
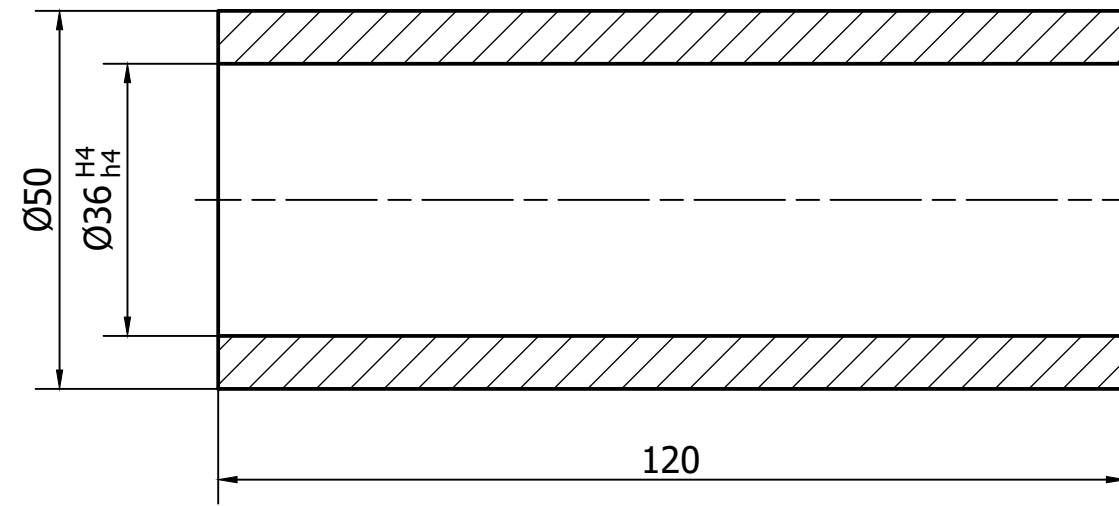
24	3	Sujección del rodillo	Elemento de sostén del eje del rodillo		Aluminio	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021				
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA Subconjunto: <b>Sujección del rodillo</b>		
3:1	ISO 2768-mK	Aluminio	7			



25	6	Tapa del rodillo	Elemento de protección del alma		Aluminio	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021				
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA Subconjunto: <b>Tapa del rodillo</b>		
3:1	ISO 2768-mK	Aluminio	8			

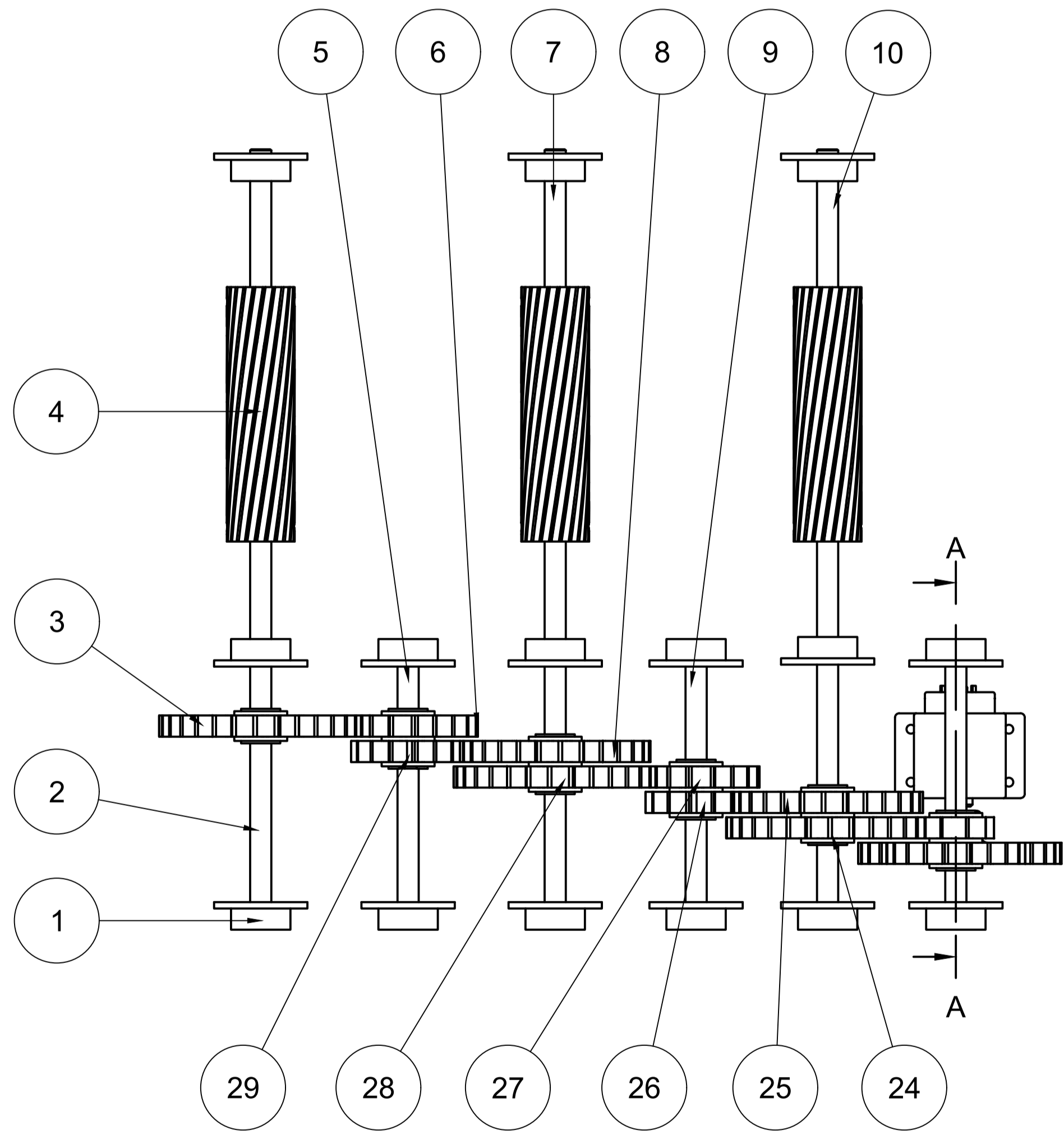
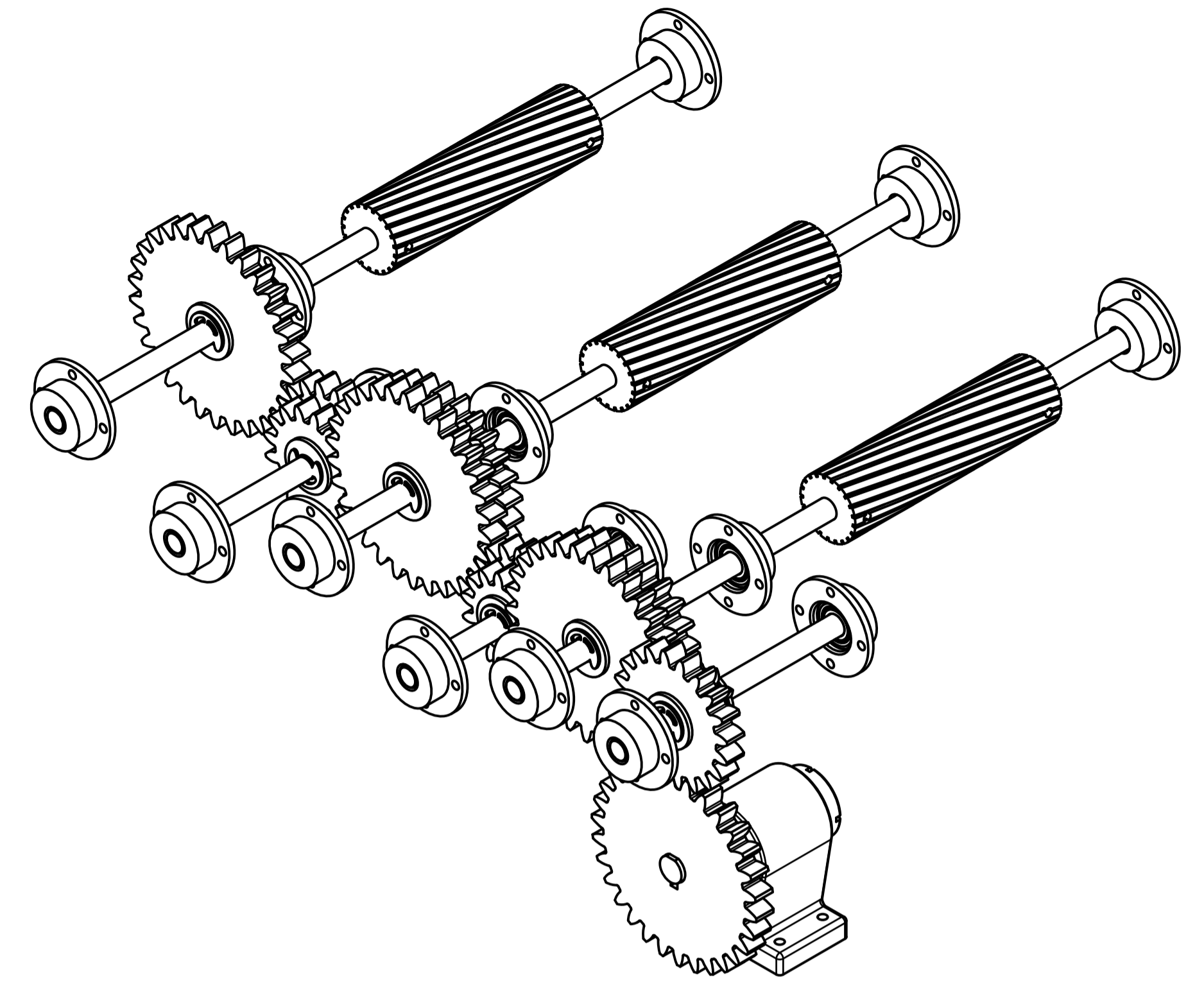


A-A ( 1 : 1 )

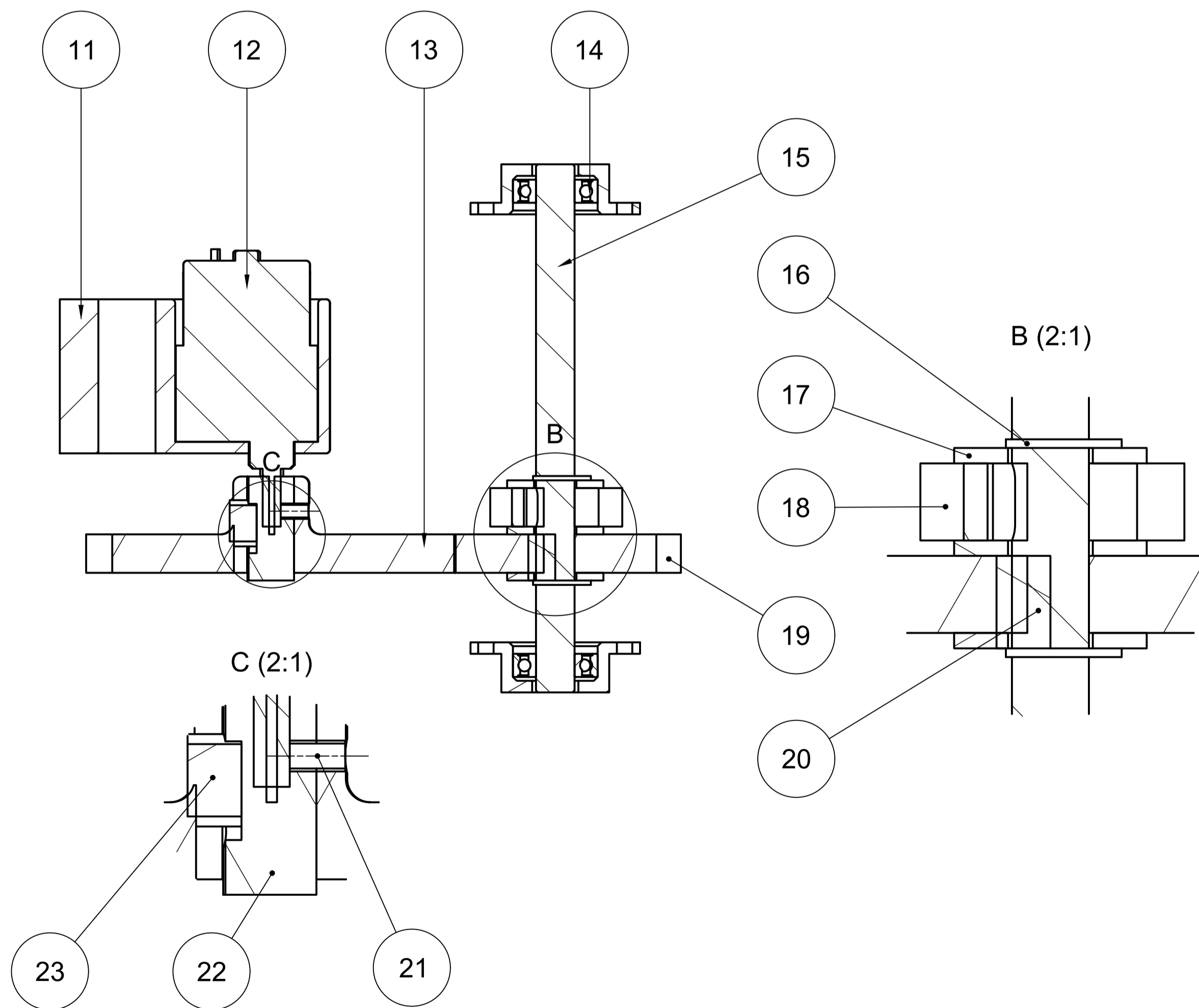


26	3	Caucho de silicona	Protección del rodillo		Cacuho	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021				
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA Subconjunto: <b>Caucho de silicona</b>		
1:1	ISO 2768-mK	Caucho	9			



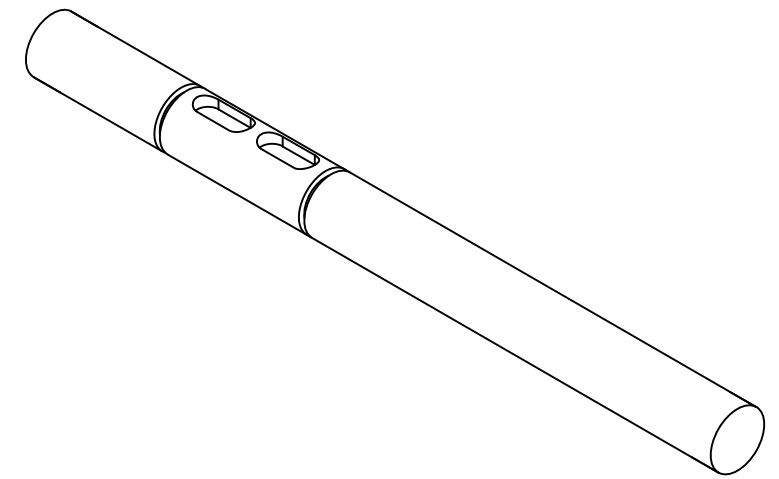


A-A (1:1)

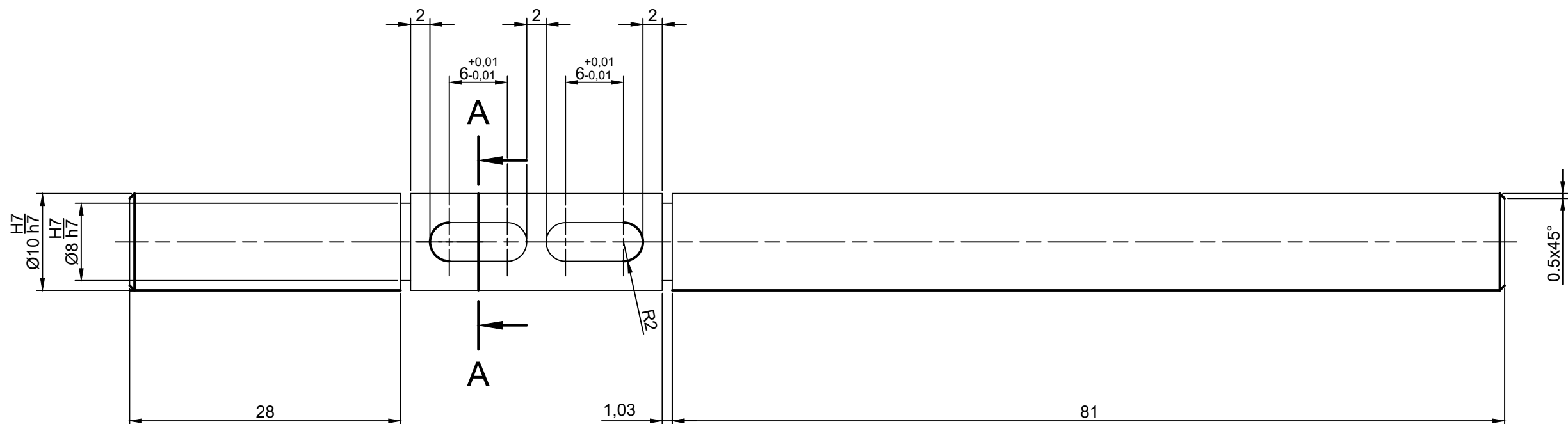
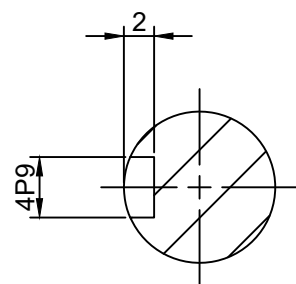


29	1	Z10	Piñón		Acero de transmisión	
28	1	Z8	Piñón		Nylon 6	
27	1	Z7	Piñón		Acero de transmisión	
26	1	Z6	Piñón		Nylon 6	
25	1	Z5	Piñón		Acero de transmisión	
24	1	Z4	Piñón		Nylon 6	
23	1	Chaveta 2	Chaveta motor - Z1		Aluminio	
22	1	Acople motor	Elemento de unión		Aluminio	
21	1	Tornillo	Prisionero	ISO 4026 M4x6		
20	11	Chaveta 1	Chaveta piñones		Aluminio	
19	1	Z2	Piñón		Nylon 6	
18	1	Z3	Piñón		Acero de transmisión	
17	1	Arandela			SS ISO 7091 10-100 HV	
16	12	Anilla de retención			BS 3673 : Part 2	
15	1	Eje 1			Aluminio	
14	13	Rodamiento	Rodamiento de bolas	61900 2RS		10x22x6
13	1	Z1	Piñón		Acero de transmisión	
12	1	Motor	Motor DC 12V JGA25-370 60rpm			
11	1	Base Motor	Elemento impreso		Impresión 3D	
10	1	Eje 2			Aluminio	
9	1	Eje 3			Aluminio	
8	1	Z9			Acero de transmisión	
7	1	Eje 4			Aluminio	
6	1	Z11	Piñón		Acero de transmisión	
5	1	Eje 5			Aluminio	
4	3	Rodillo dentado	Elemento impreso		Impresión 3D	
3	1	Z12	Piñón		Nylon 6	
2	1	Eje 6			Aluminio	
1	15	SopORTE rodamiento	Elemento estructural		Aluminio	
Item	Qty	Name	Description	Standard	Material	Note

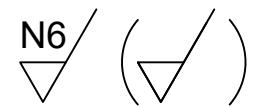
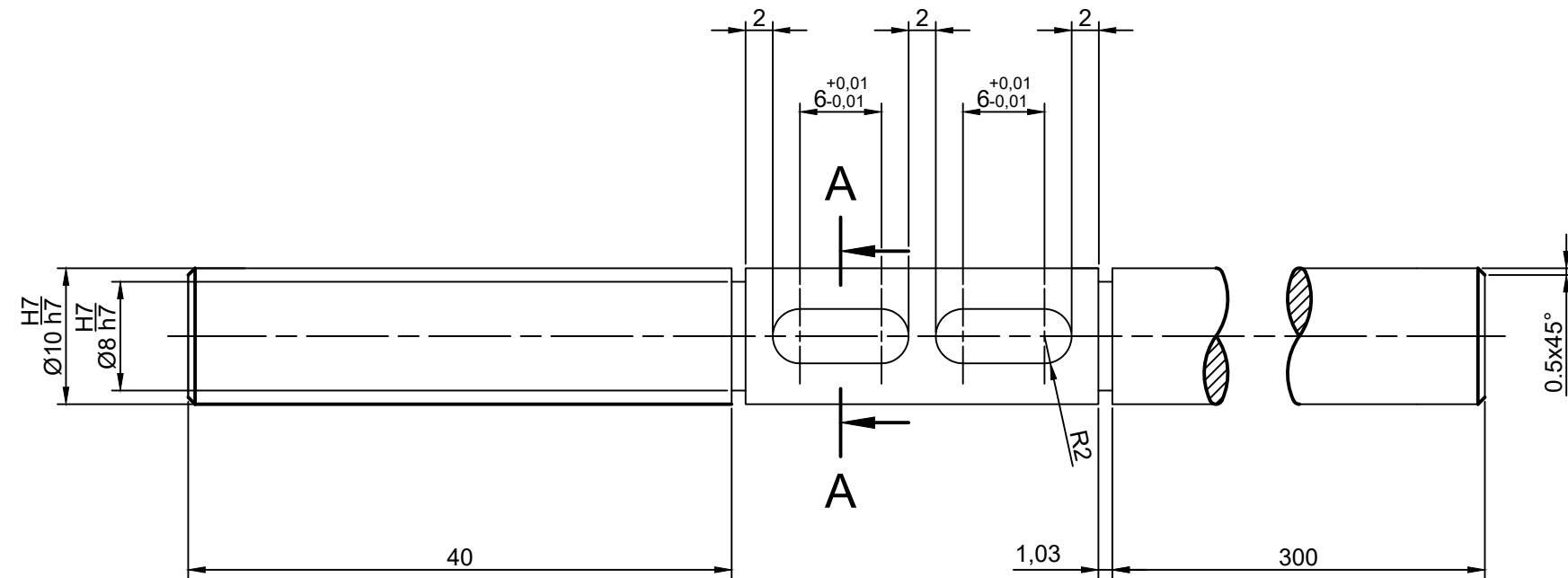
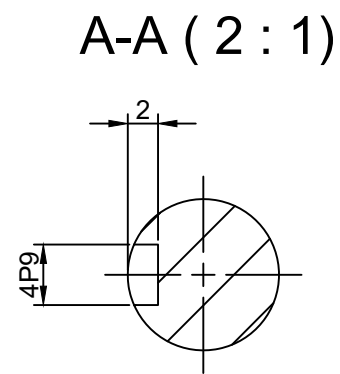
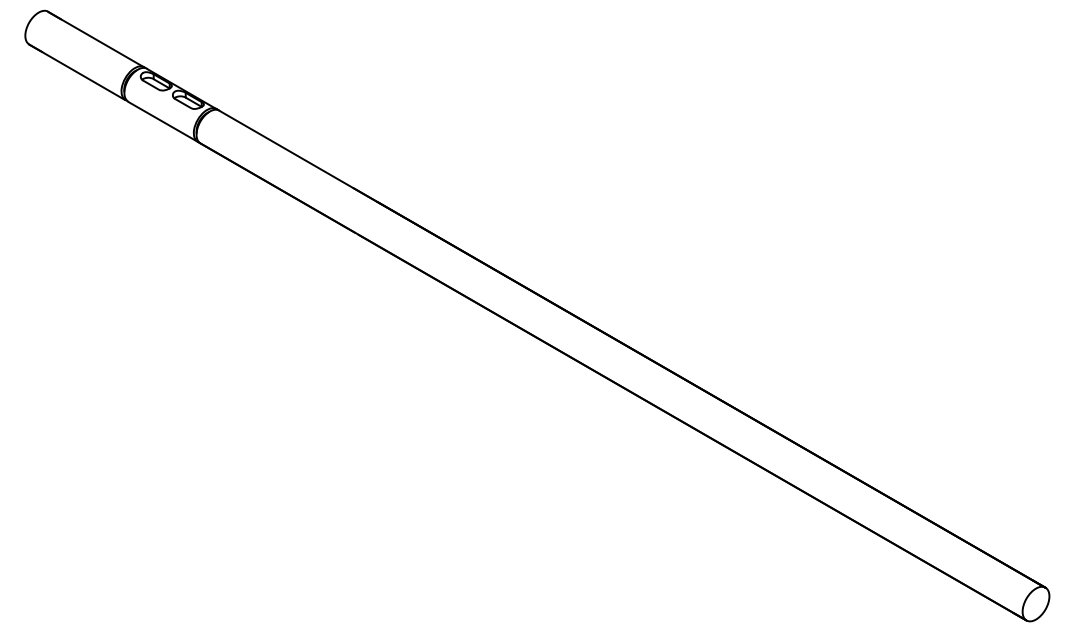
Fecha	10 / 01 / 2021		
Dibujado	Bryam Meza - Paulo Suquilanda		
Comprobado	Ing. Eugenio Cardenas		
Escala	Tol. gen.	Lámina	
1:2	ISO 2768-mK	1	



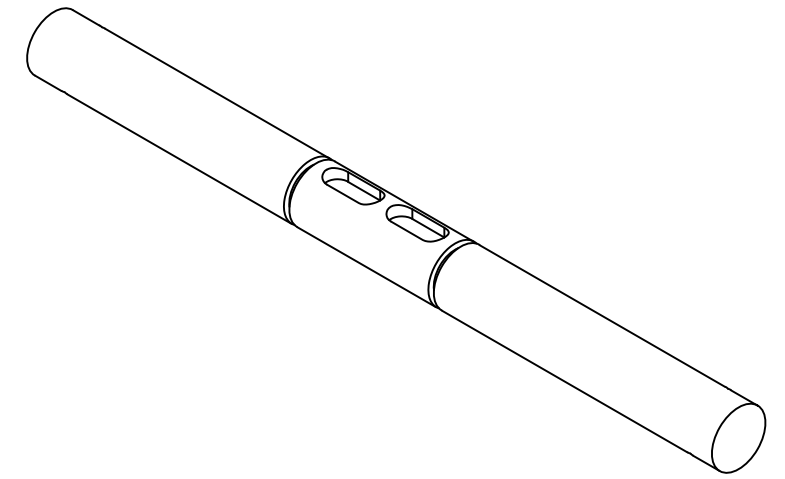
A-A (2:1)



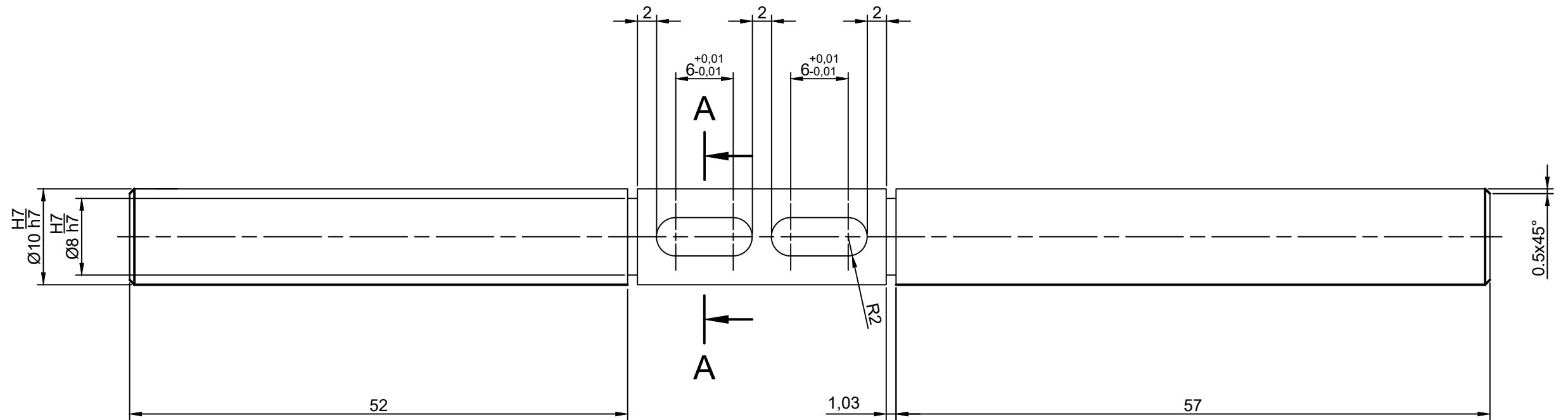
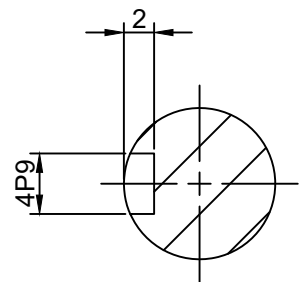
15	1	Eje 1	Elemento transmisor de potencia		Aluminio	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021		<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:		
2:1	ISO 2768-mK	Aluminio	2	<b>Eje 1</b>		



Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
10	1	Eje 2	Elemento transmisor de potencia		Aluminio	
Fecha		10 / 01 / 2021		<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:		
2:1	ISO 2768-mK	Aluminio	3	<b>Eje 2</b>		

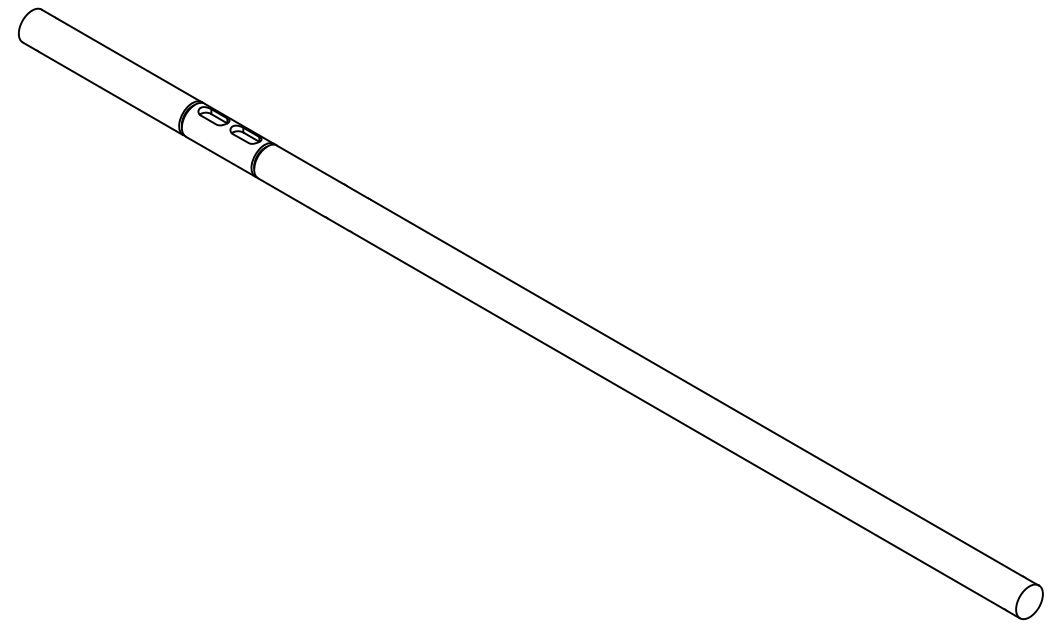


A-A (2 : 1)

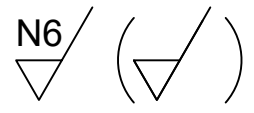
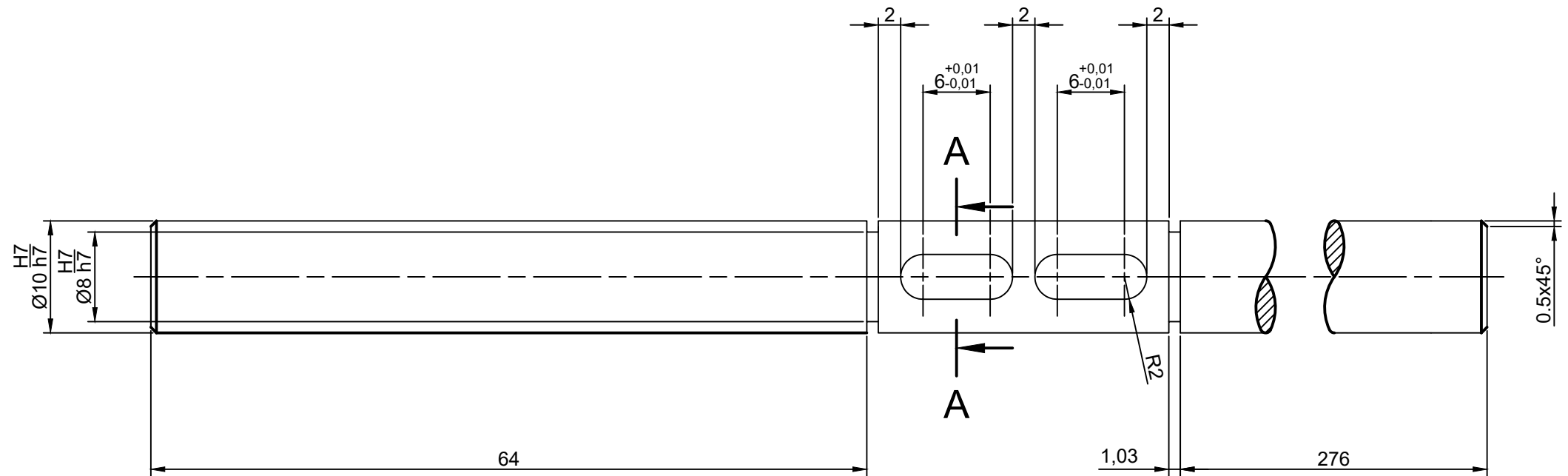
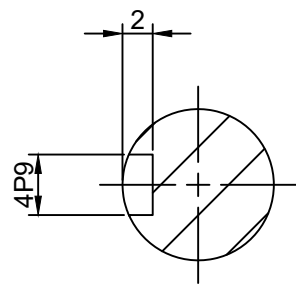


N6 / (✓)

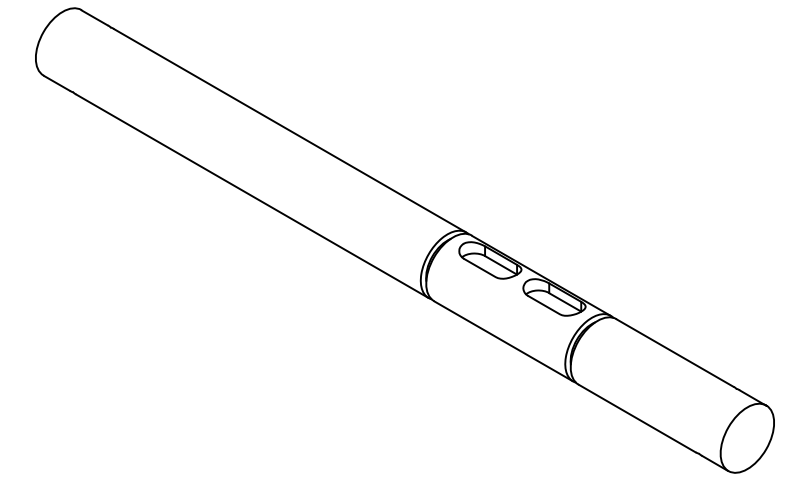
9	1	Eje 3	Elemento transmisor de potencia		Aluminio	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021		<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:		
2:1	ISO 2768-mK	Aluminio	4	<b>Eje 3</b>		



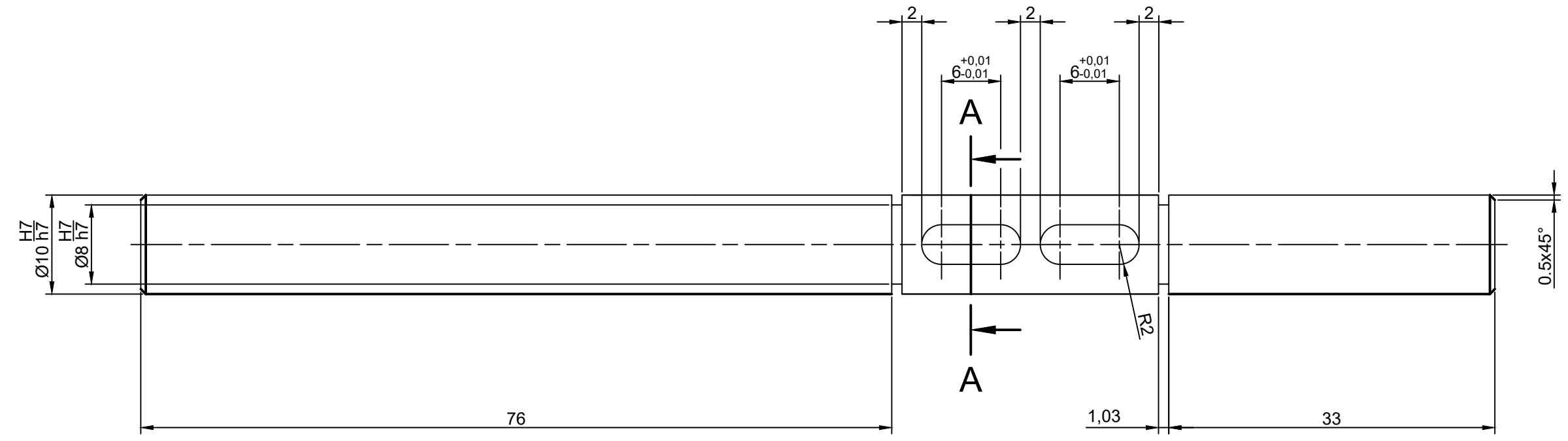
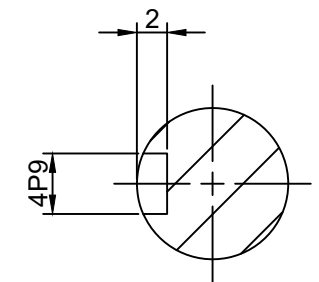
A-A (2 : 1)



7	1	Eje 4	Elemento transmisor de potencia		Aluminio	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021		<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:		
2:1	ISO 2768-mK	Aluminio	5	<b>Eje 4</b>		

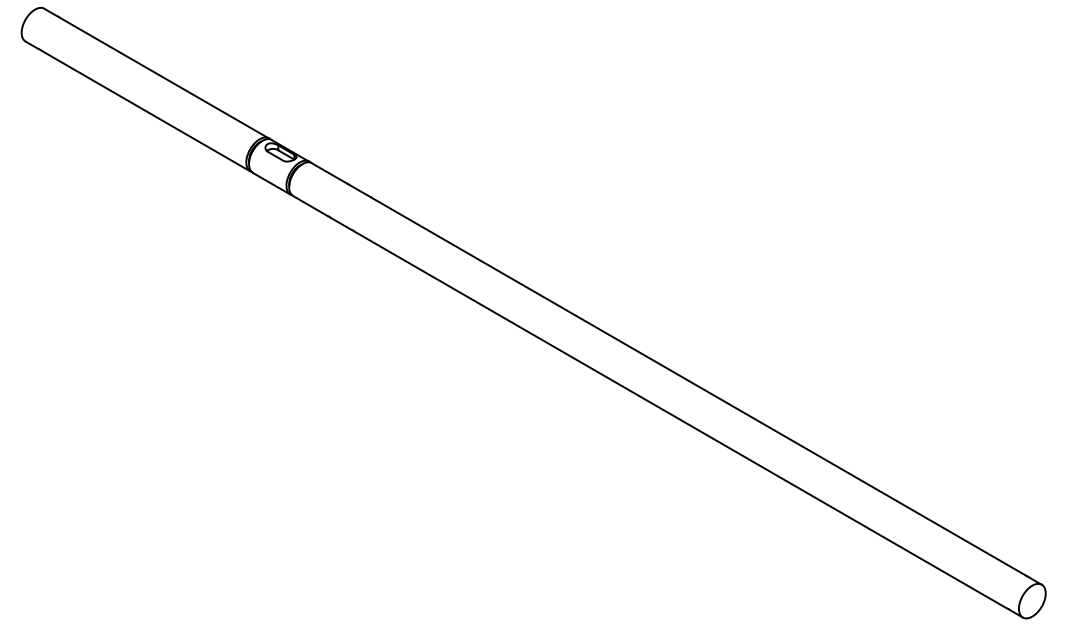


A-A (2 : 1)

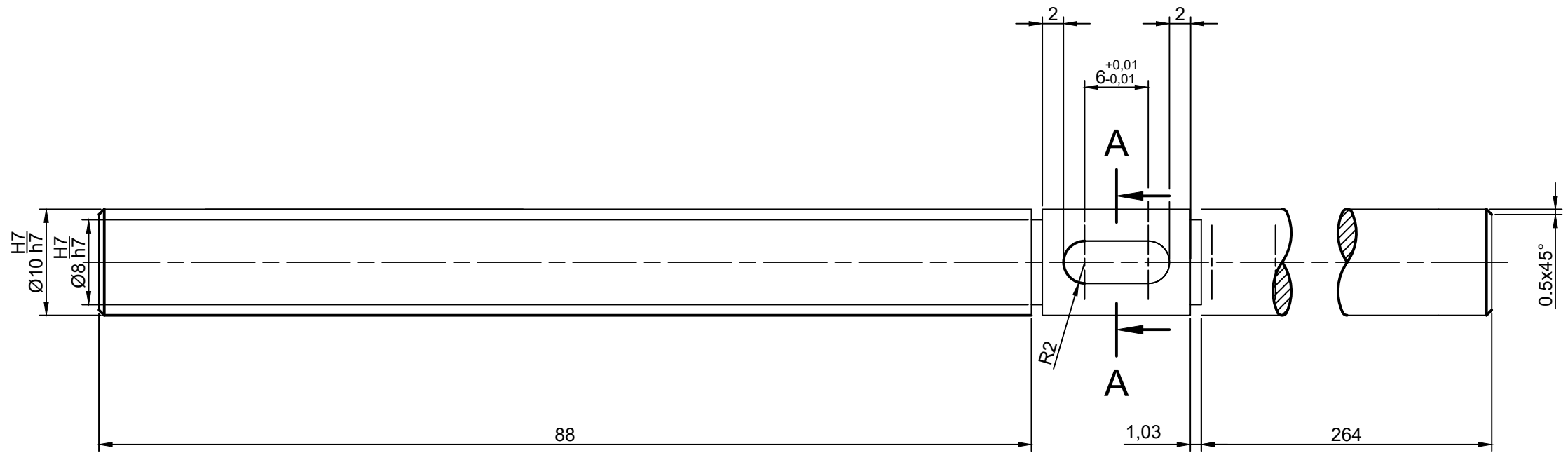
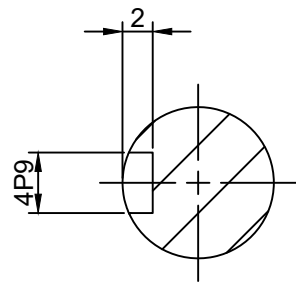


N6 (✓)

5	1	Eje 5	Elemento transmisor de potencia		Aluminio	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021		<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:		
2:1	ISO 2768-mK	Aluminio	6	<b>Eje 5</b>		

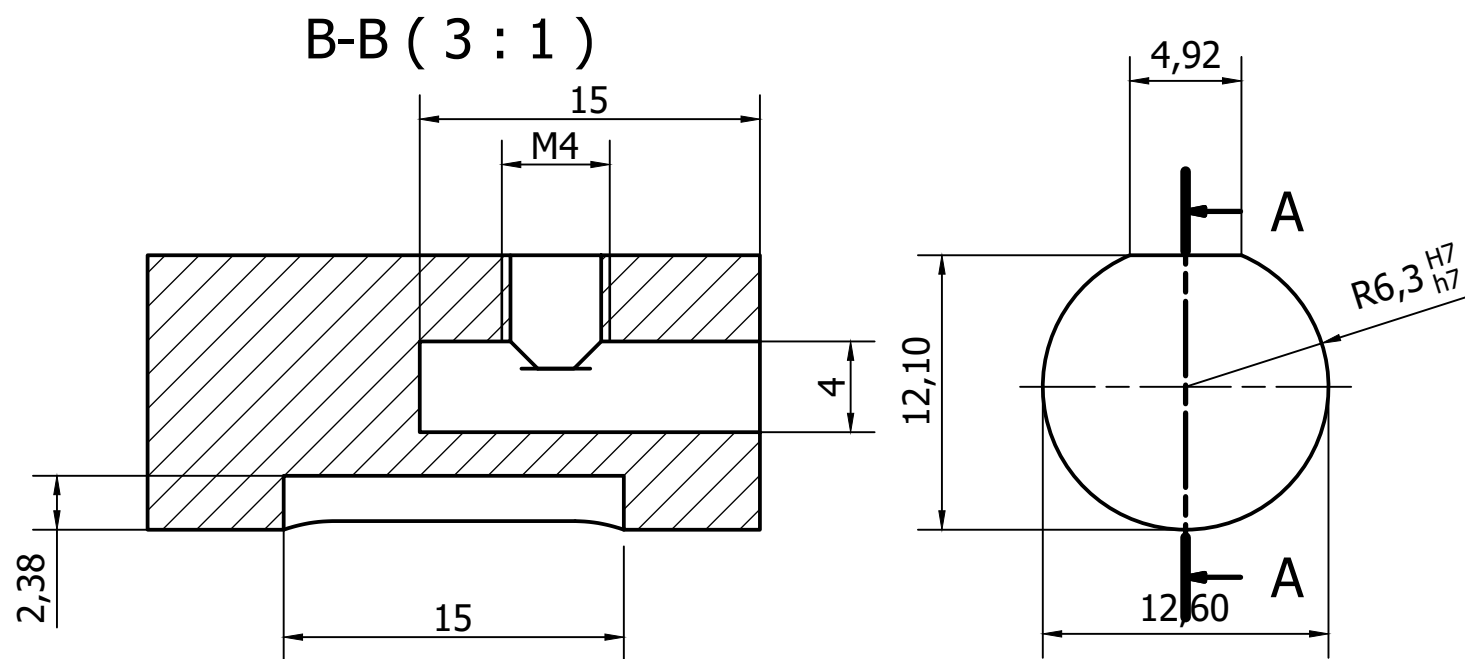
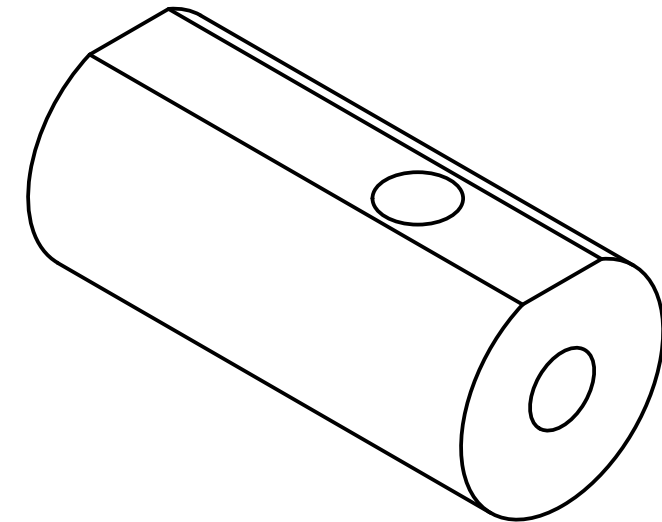
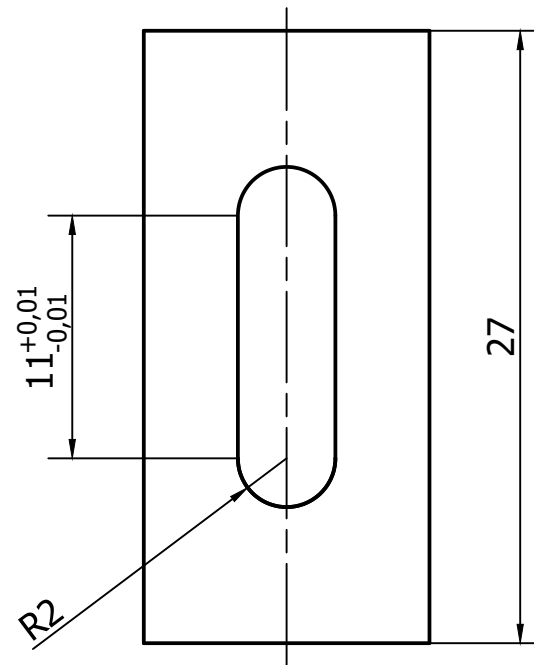



A-A (2 : 1)



N6 (✓)

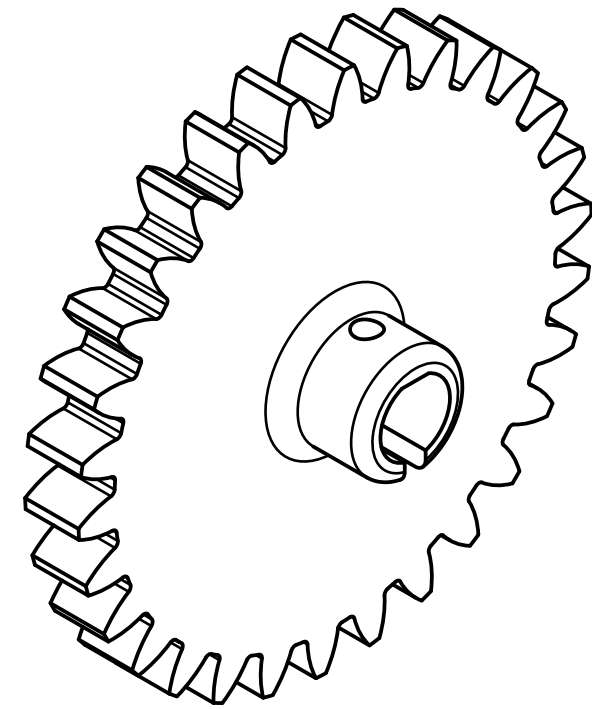
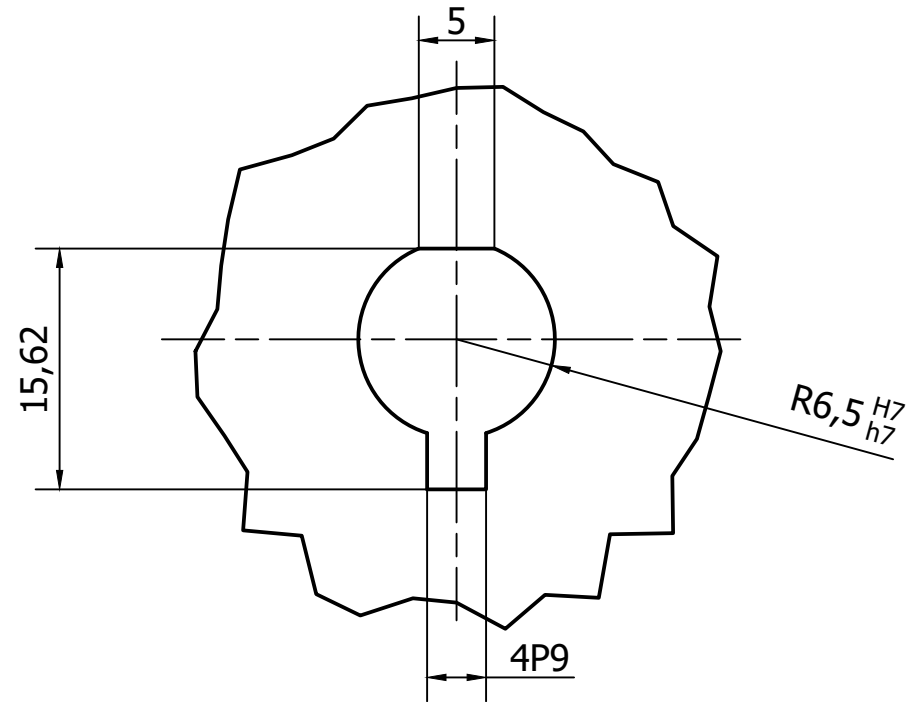
2	1	Eje 6	Elemento transmisor de potencia		Aluminio	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021		<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:		
2:1	ISO 2768-mK	Aluminio	7	<b>Eje 6</b>		



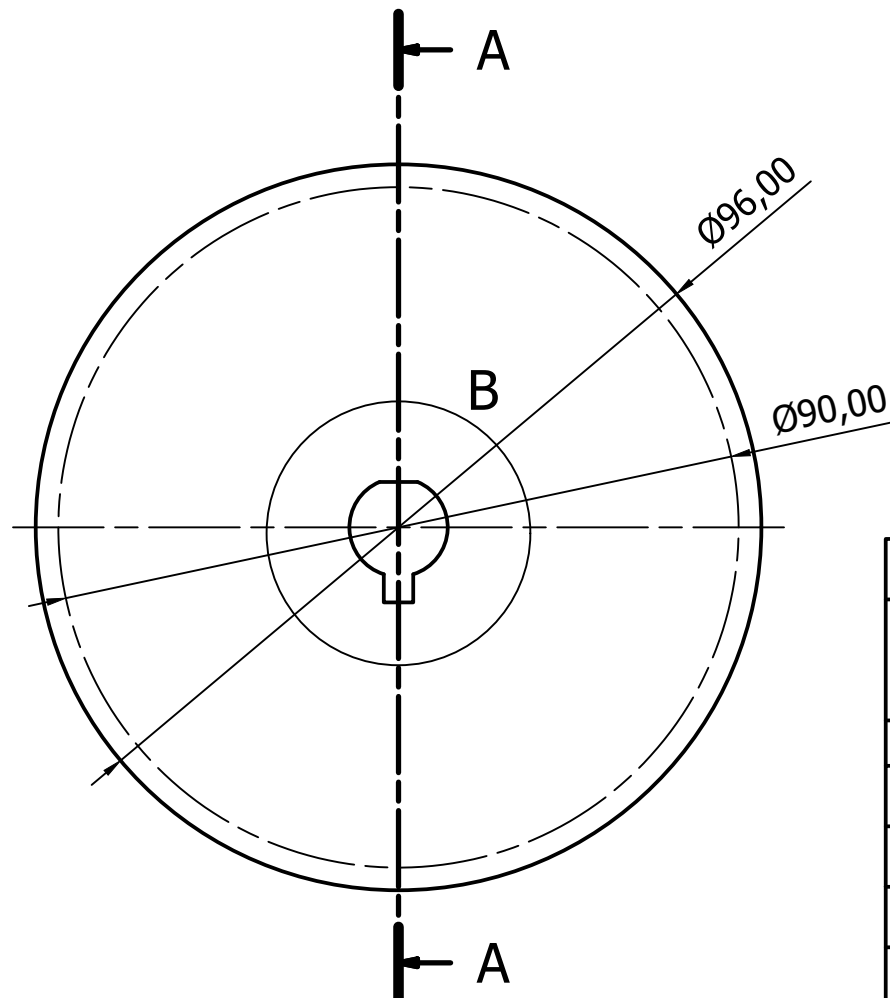
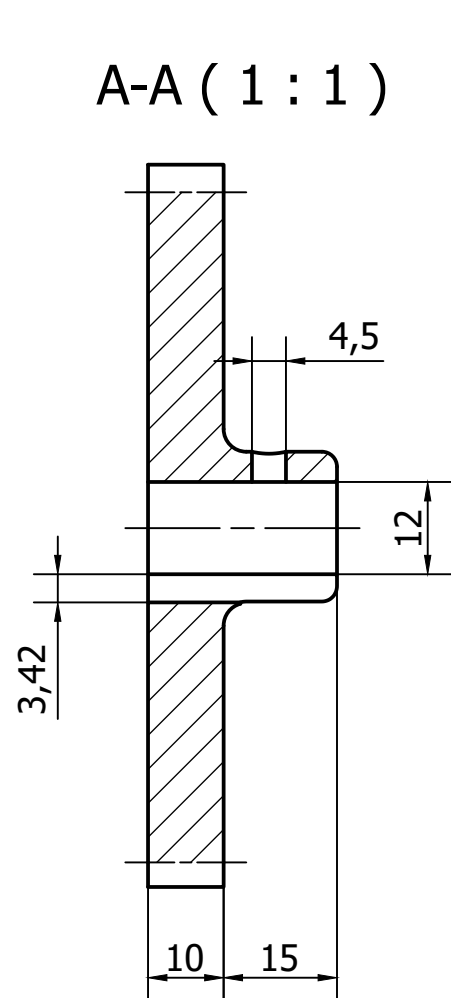
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
22	1	Acople Motor	Elemento de unión		Aluminio	
Fecha		10 / 01 / 2021		 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:		
3:1	ISO 2768-mK	Acero de transmisión	8	<b>Acople Motor</b>		



B (2 : 1)



A-A (1 : 1)

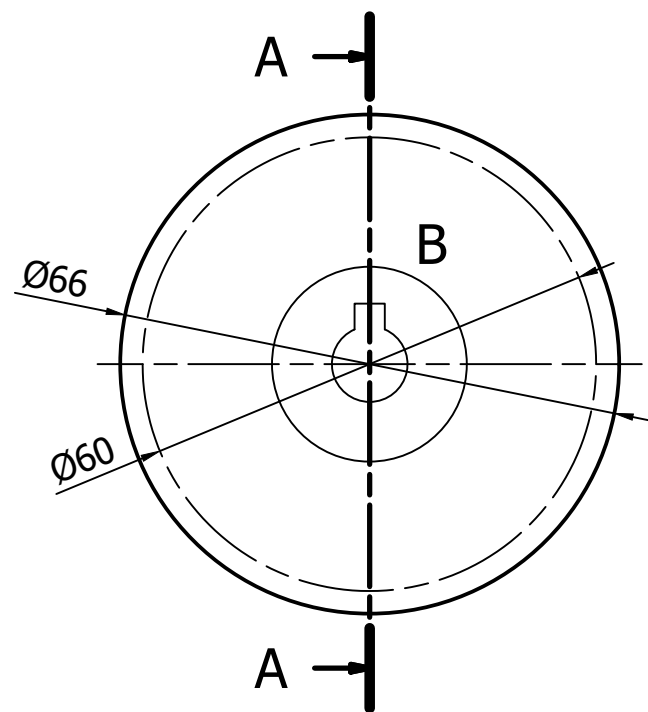
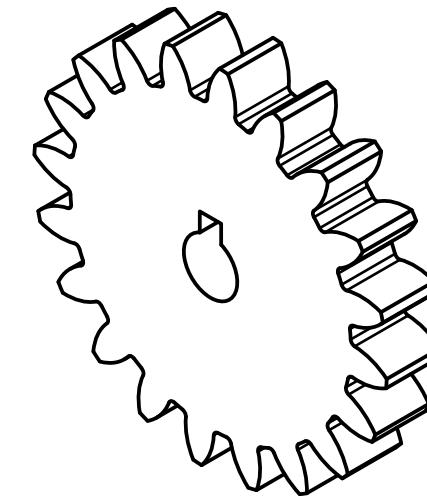
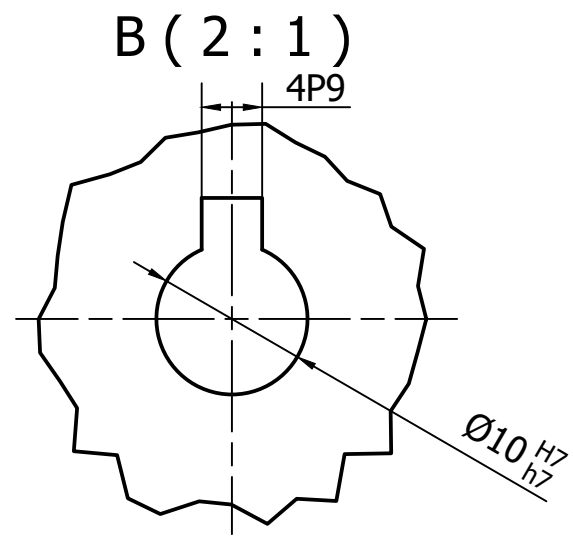


N6 (✓)

Tabla							
Número de Dientes (Z)	Díámetro Primitivo (DP) mm	Paso Circular (PC)	Cabeza del Diente (A) mm	Espesor del Diente (S)	Pie del Diente (PD) mm	Radio de Entalle (R)	Ángulo de Espesor (AS)
Z1=30	90	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	5.70°
13	1	Z1	Piñon		Acero de transmisión		
Pos	Qty	Denominación	Descripción		Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021					
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda					
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas					
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:			
1:1	ISO 2768-mK	Acero de transmisión	9	<b>Z1</b>			



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
SEDE CUENCA



**A-A ( 1 : 1 )**

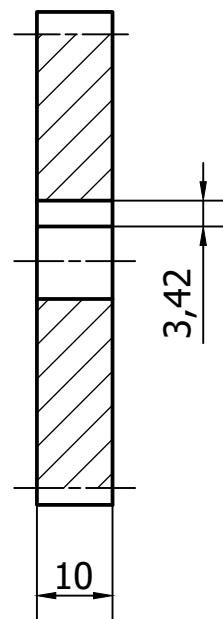
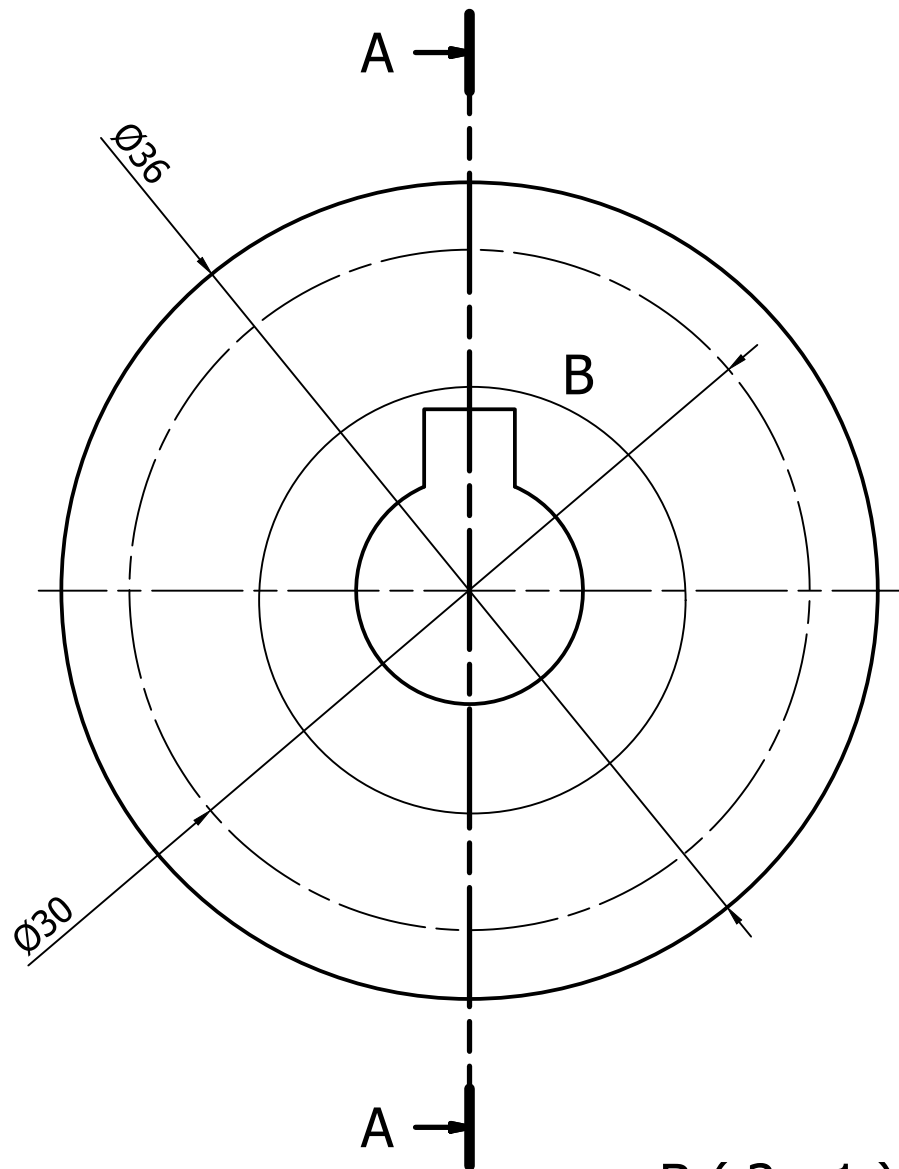


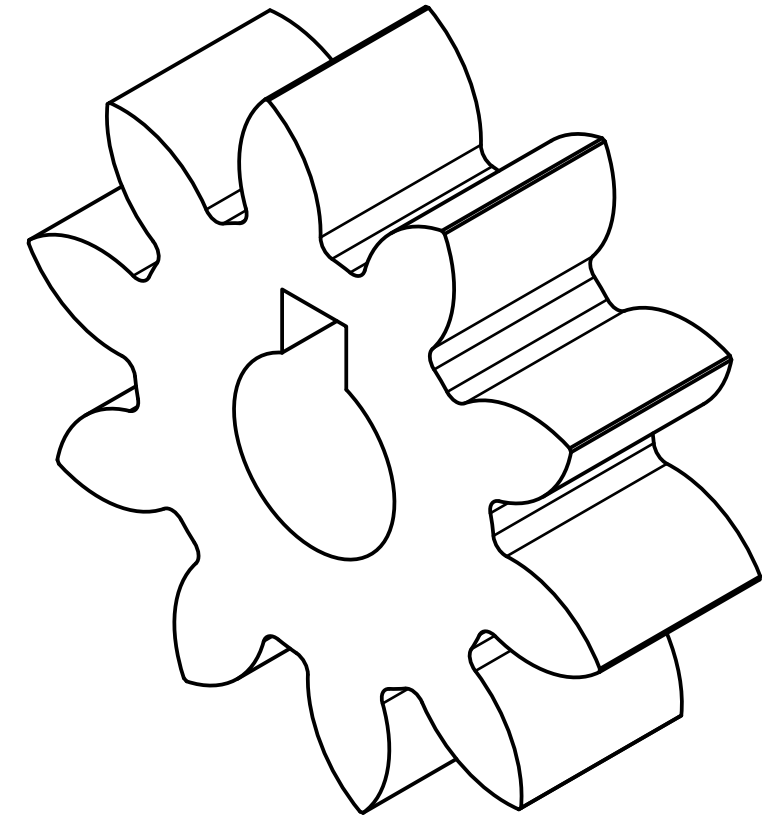
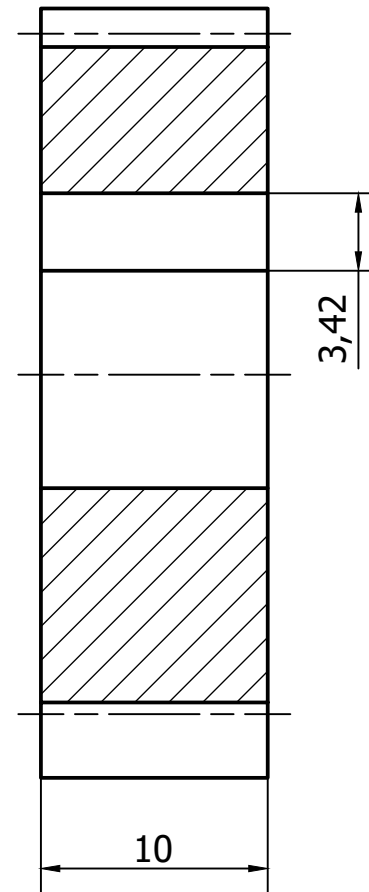
Tabla							
Número de Dientes (Z)	Díámetro Primitivo (DP) mm	Paso Circular (PC)	Cabeza del Diente (A) mm	Espeor del Diente (S)	Pie del Diente (PD) mm	Radio de Entalle (R)	Ángulo de Espesor (AS)
Z2=20	60	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	8.55°
19	1	Z2	Piñon			Nylon 6	
Pos	Qty	Denominación	Descripción		Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021					
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda					
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas					
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:			
1:1	ISO 2768-mK	Nylon 6	10	<b>Z2</b>			



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
SEDE CUENCA



A-A ( 3 : 1 )



B ( 3 : 1 )

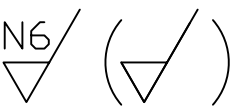
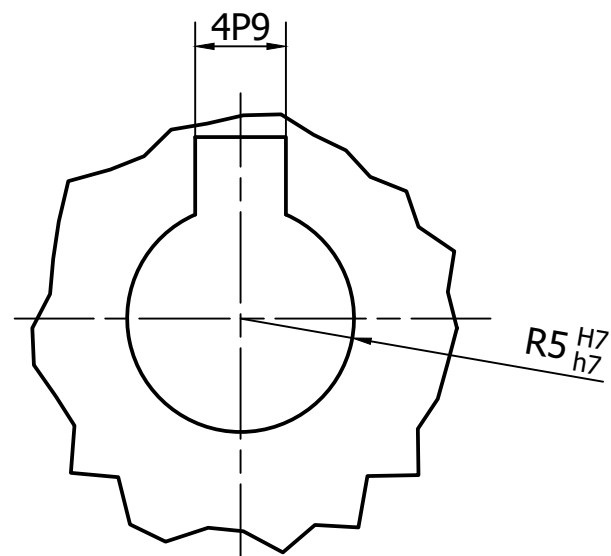
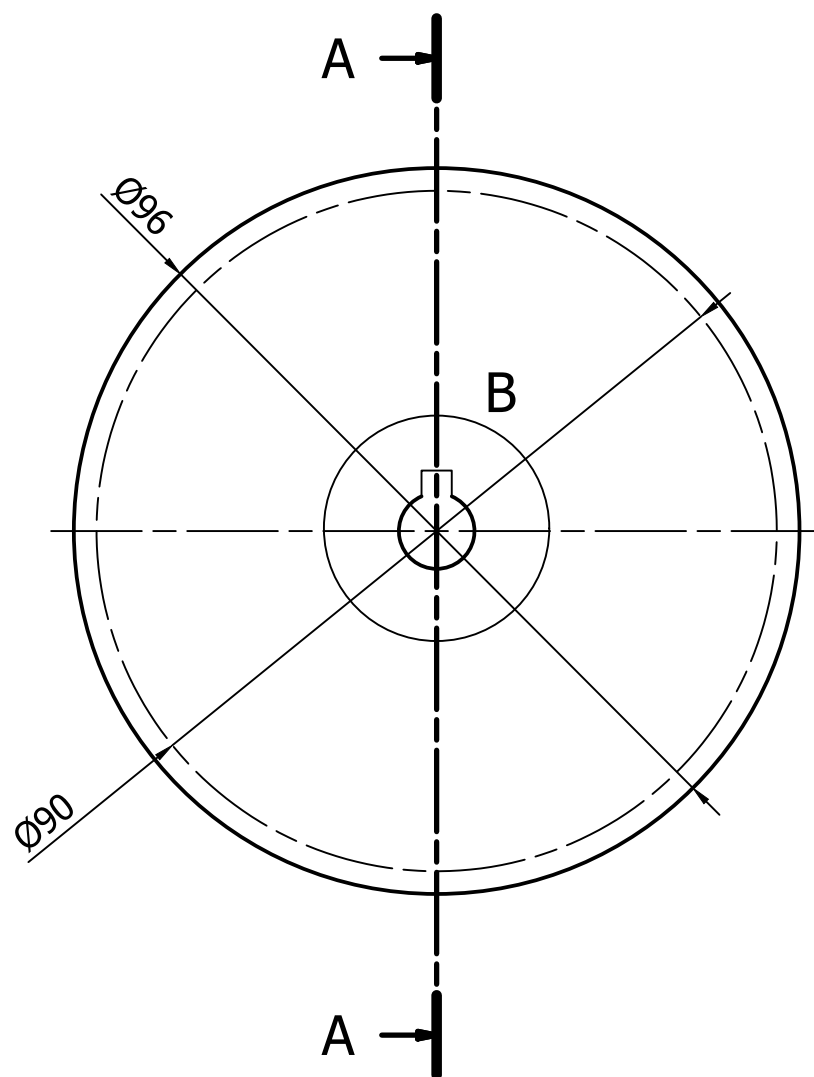
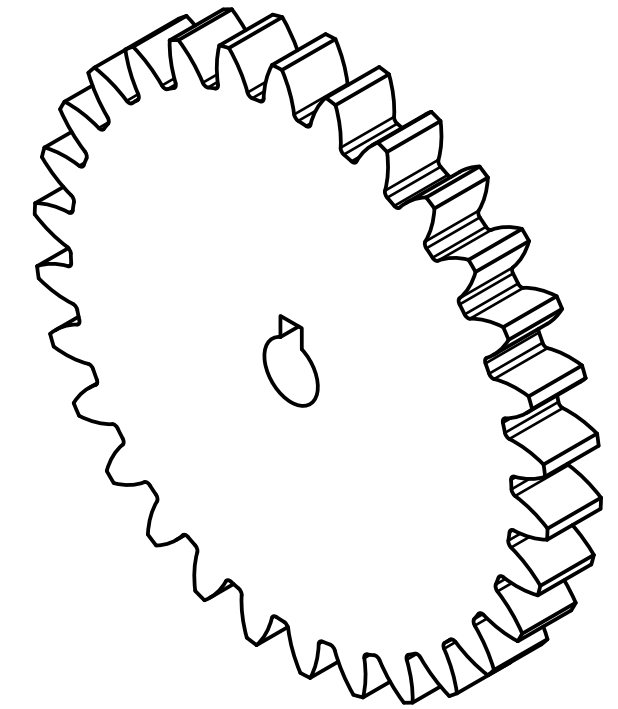
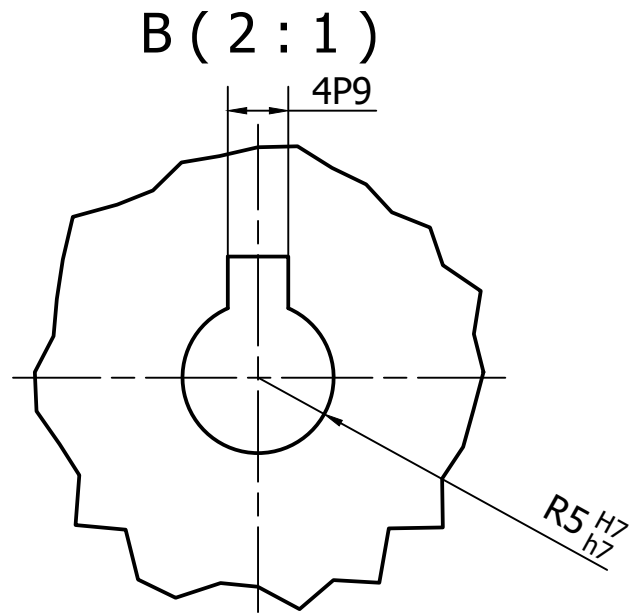


Tabla							
Número de Dientes (Z)	Díámetro Primitivo (DP) mm	Paso Circular (PC)	Cabeza del Diente (A) mm	Esesor del Diente (S)	Pie del Diente (PD) mm	Radio de Entalle (R)	Ángulo de Espesor (AS)
Z3=10	30	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	17.10°
18	1	Z3	Piñon		Acero de transmisión		
Pos	Qty	Denominación	Descripción		Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021					
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda					
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas					
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:			
3:1	ISO 2768-mK	Acero de transmisión	11	<b>Z3</b>			



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
SEDE CUENCA



**A-A ( 1 : 1 )**

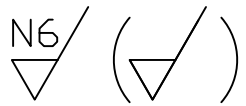
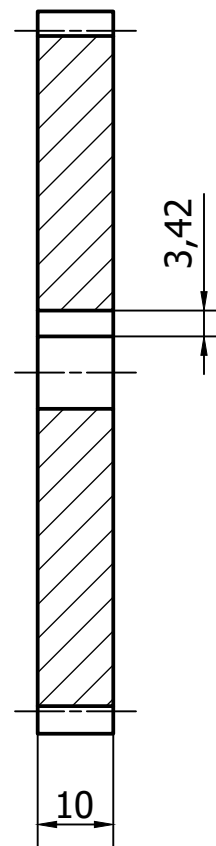
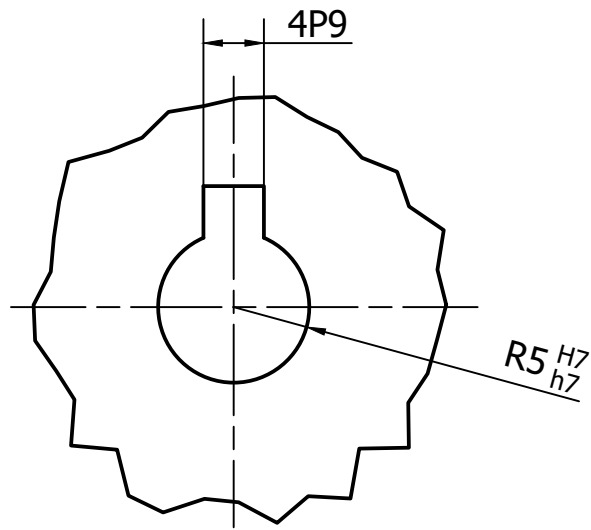


Tabla							
Número de Dientes (Z)	Diámetro Primitivo (DP) mm	Paso Circular (PC)	Cabeza del Diente (A) mm	Espesor del Diente (S)	Pie del Diente (PD) mm	Radio de Entalle (R)	Ángulo de Espesor (AS)
Z4=30	90	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	5.70°
24	1	Z4	Piñon			Nylon 6	
Pos	Qty	Denominación	Descripción		Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021					
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda					
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas					
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:			
1:1	ISO 2768-mK	Nylon 6	12	<b>Z4</b>			



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
SEDE CUENCA

B ( 2 : 1 )



A-A ( 1 : 1 )

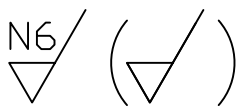
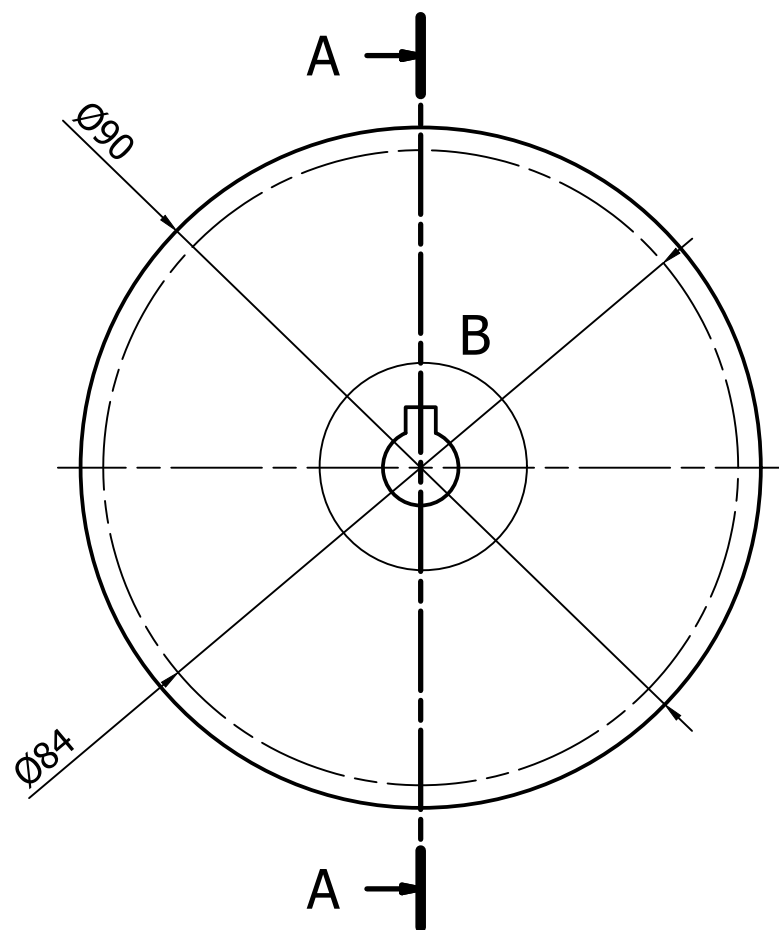
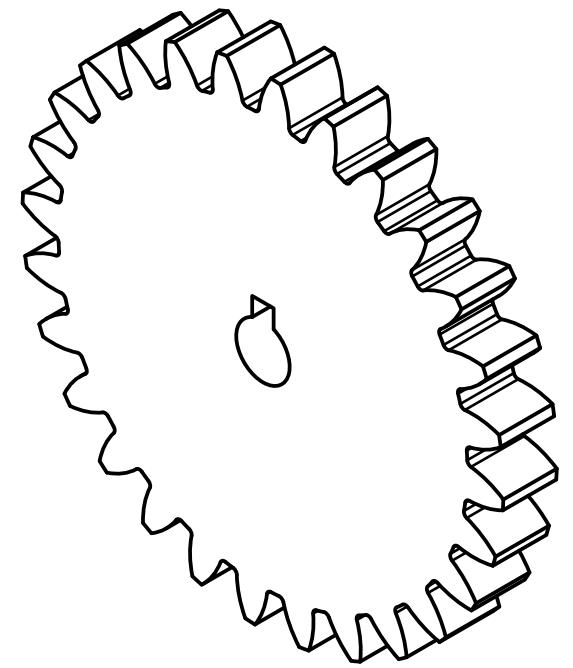
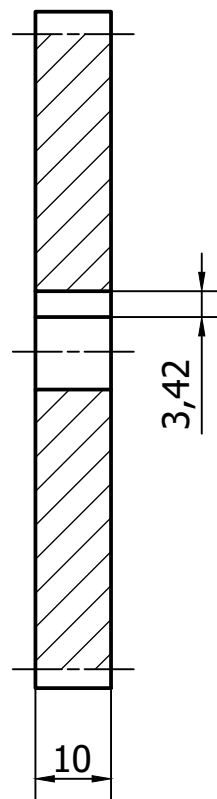
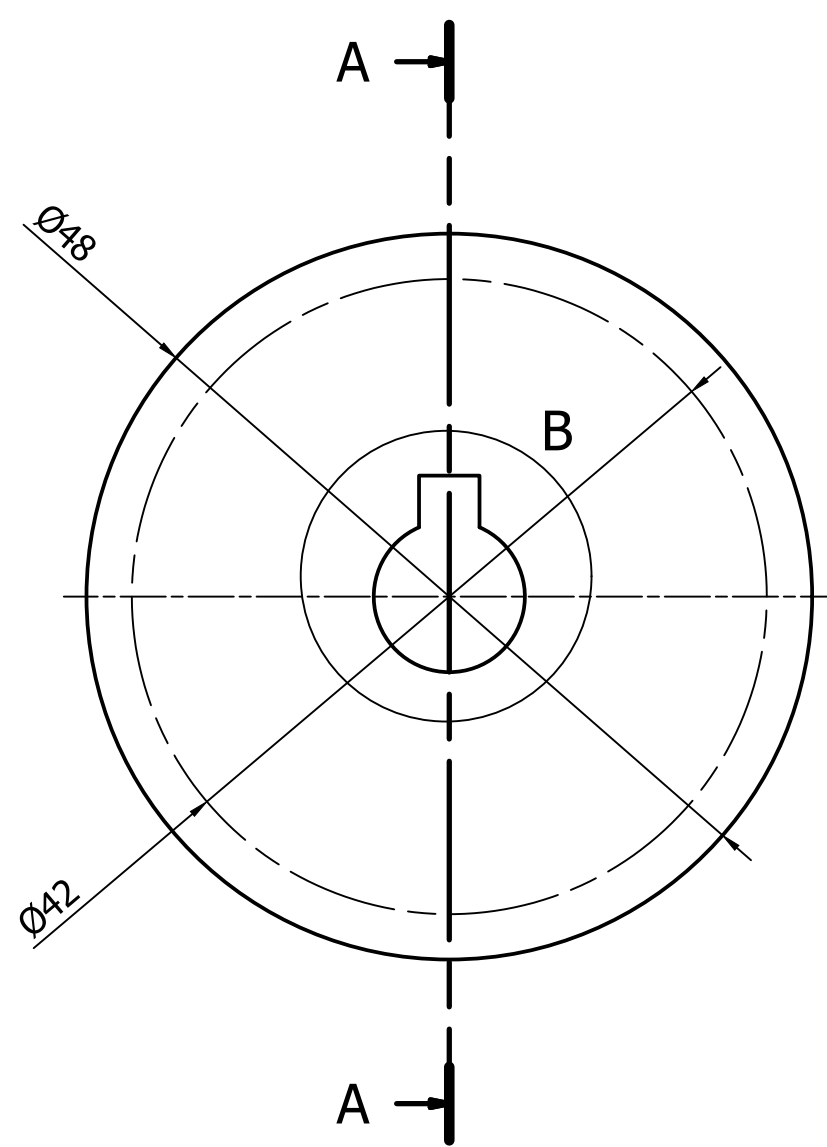
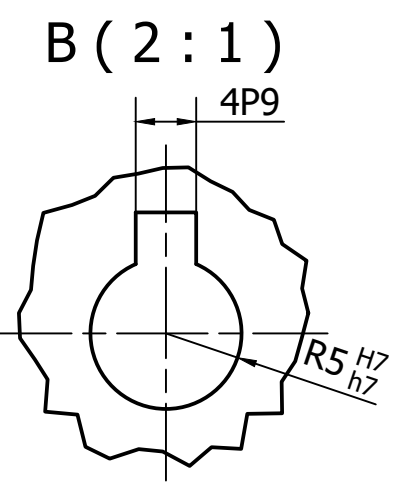


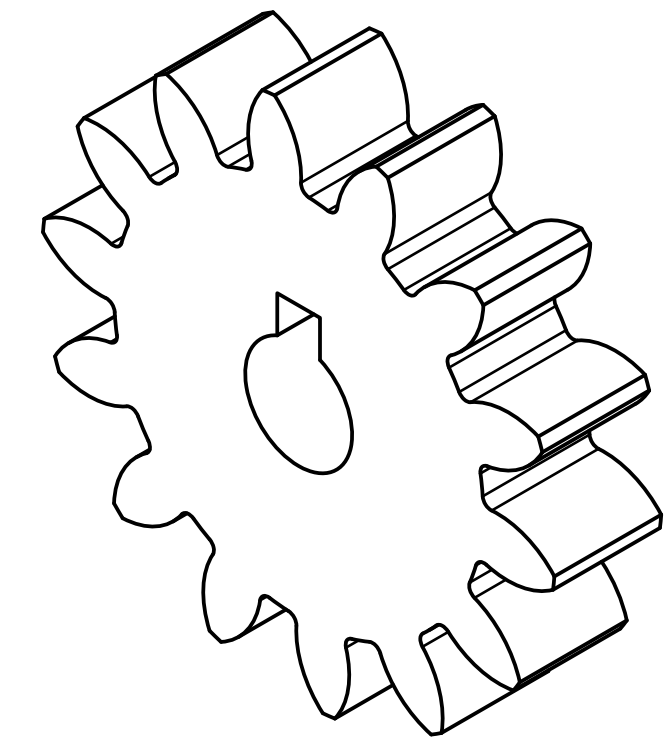
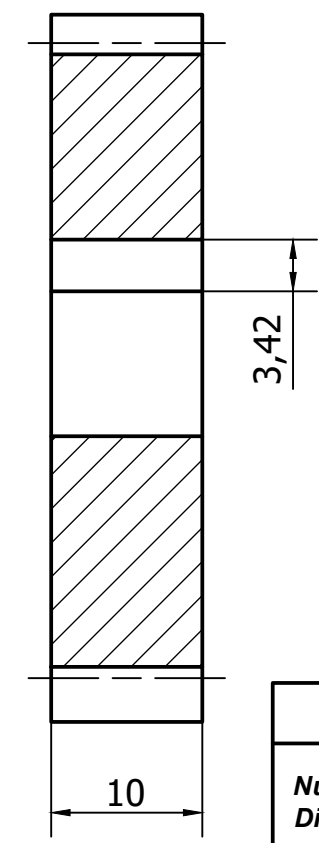
Tabla							
Número de Dientes (Z)	Diámetro Primitivo (DP) mm	Paso Circular (PC)	Cabeza del Diente (A) mm	Espesor del Diente (S)	Pie del Diente (PD) mm	Radio de Entalle (R)	Ángulo de Espesor (AS)
Z5=28	84	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	6.1071°
25	1	Z5	Piñon		Acero de transmisión		
Pos	Qty	Denominación	Descripción		Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021					
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda					
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas					
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:			
1:1	ISO 2768-mK	Acero de transmisión	13	<b>Z5</b>			



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
SEDE CUENCA



**A-A (2 : 1)**

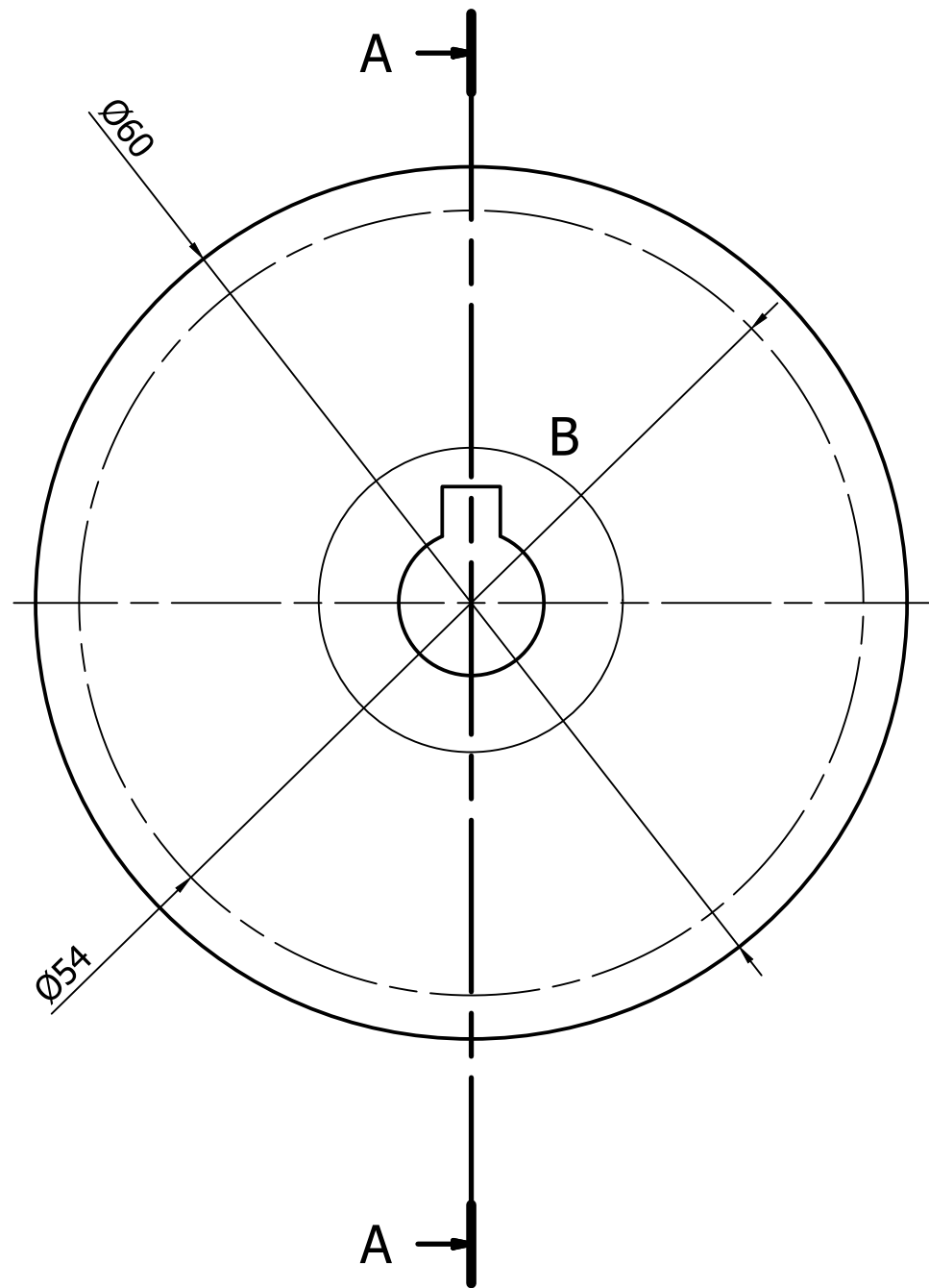
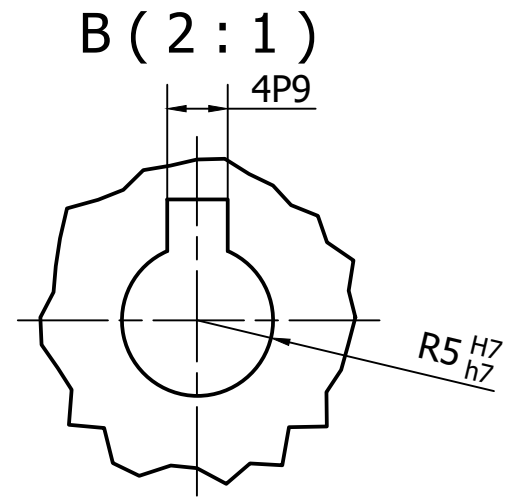


N6 / (✓)

Tabla							
Número de Dientes (Z)	Díámetro Primitivo (DP) mm	Paso Circular (PC)	Cabeza del Diente (A) mm	Espeor del Diente (S)	Pie del Diente (PD) mm	Radio de Entalle (R)	Ángulo de Espesor (AS)
Z6=14	42	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	12.2143°
26	1	Z6	Piñon			Nylon 6	
Pos	Qty	Denominación	Descripción		Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021					
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda					
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas					
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:			
1:1	ISO 2768-mK	Nylon 6	14	<b>Z6</b>			



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
SEDE CUENCA



A-A (2:1)

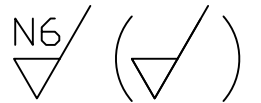
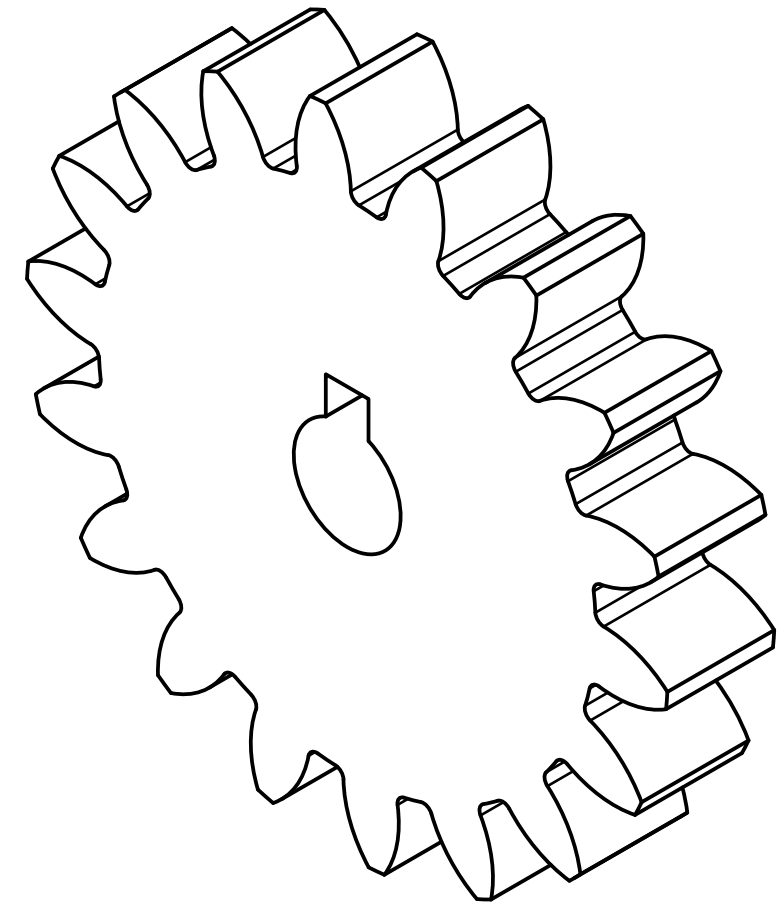
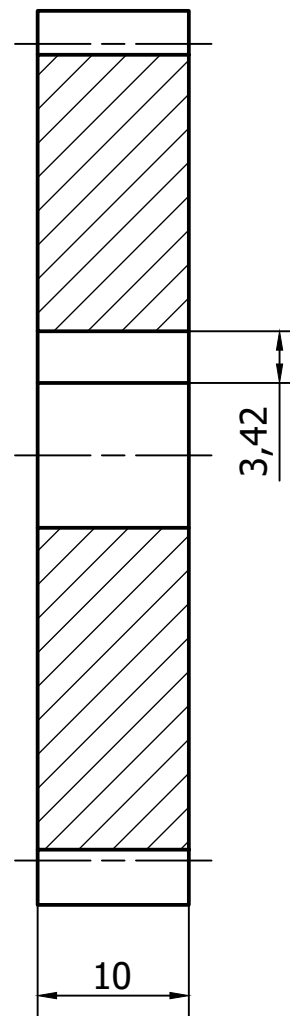
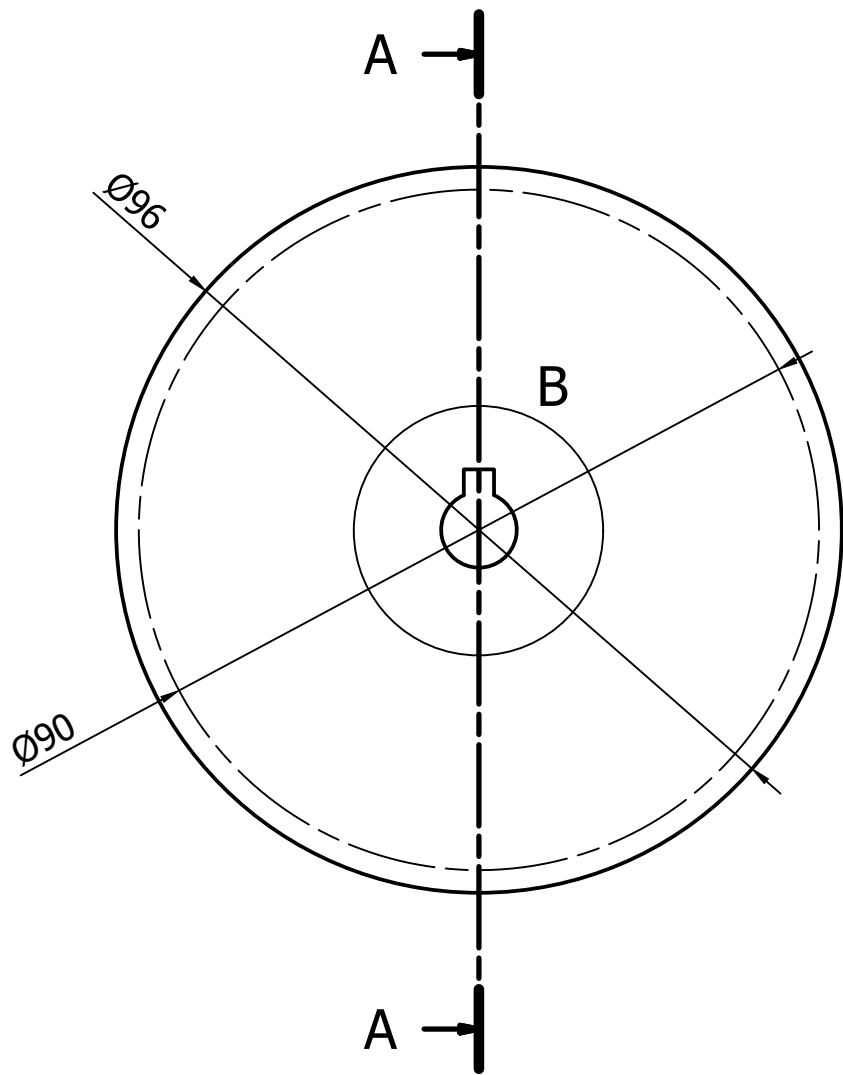
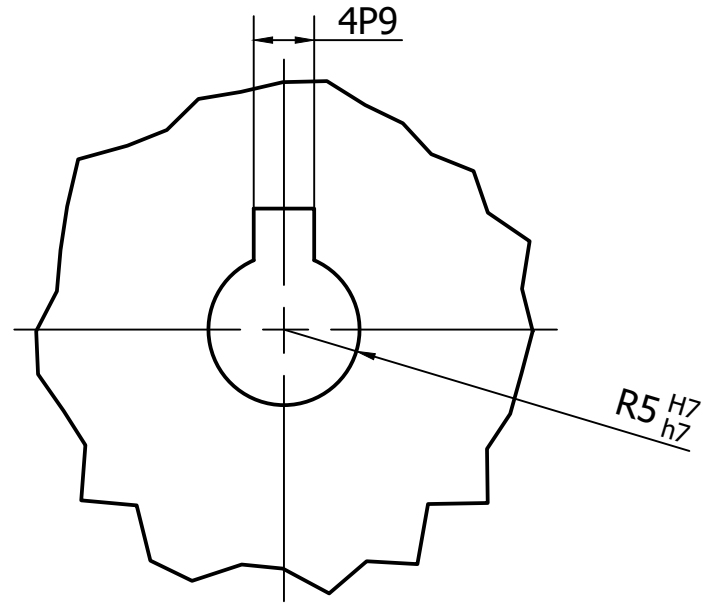


Tabla							
Número de Dientes (Z)	Díámetro Primitivo (DP) mm	Paso Circular (PC)	Cabeza del Diente (A) mm	Esesor del Diente (S)	Pie del Diente (PD) mm	Radio de Entalle (R)	Ángulo de Esesor (AS)
Z7=18	54	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	9.50°
27	1	Z7	Piñon		Acero de transmisión		
Pos	Qty	Denominación	Descripción		Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021					
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda					
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas					
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:			
1:1	ISO 2768-mK	Acero de transmisión	15	<b>Z7</b>			



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
SEDE CUENCA

B ( 2 : 1 )



A-A ( 1 : 1 )

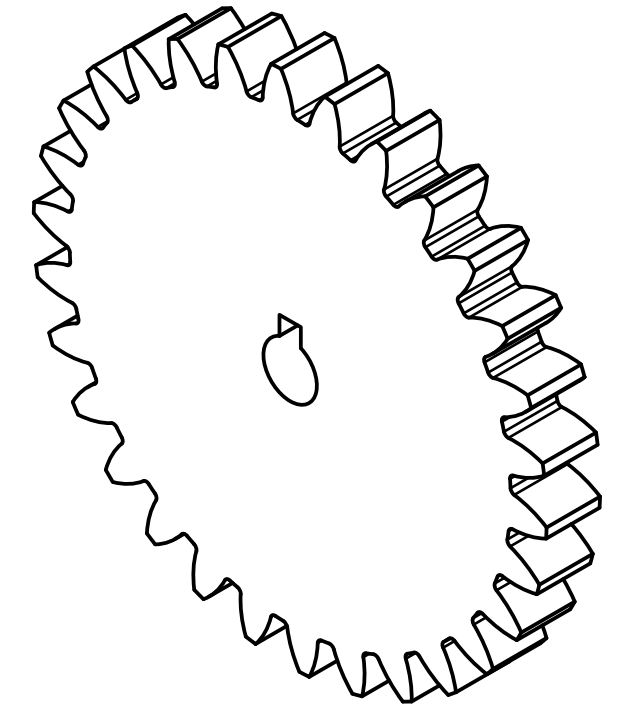
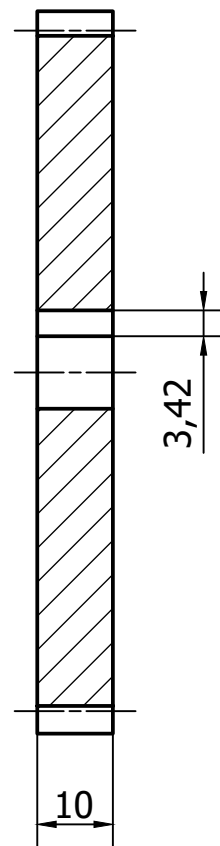

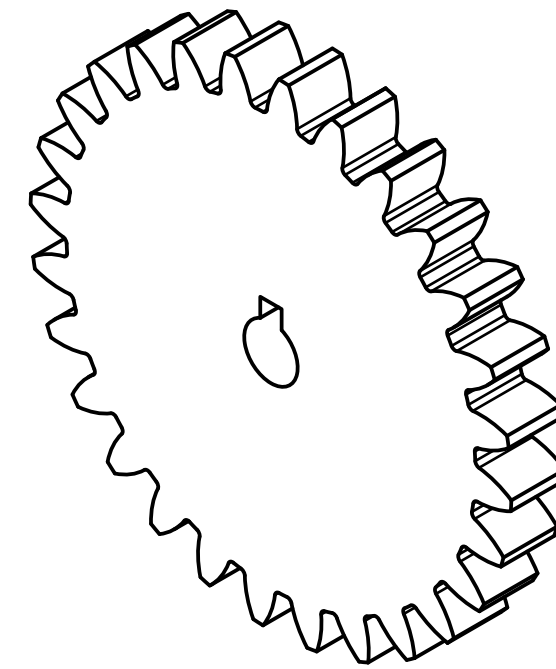
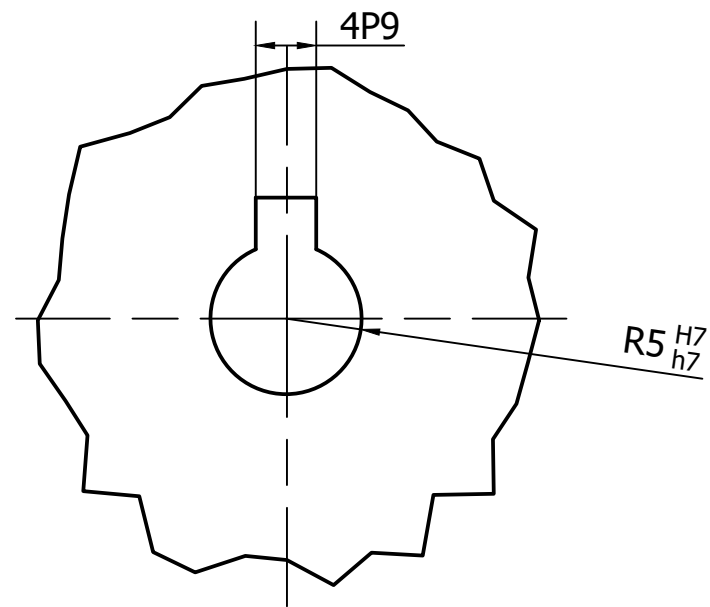


Tabla							
Número de Dientes (Z)	Diámetro Primitivo (DP) mm	Paso Circular (PC)	Cabeza del Diente (A) mm	Espesor del Diente (S)	Pie del Diente (PD) mm	Radio de Entalle (R)	Ángulo de Espesor (AS)
Z8=30	90	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	5.70°
28	1	Z8	Piñon			Nylon 6	
Pos	Qty	Denominación	Descripción		Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021		 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA			
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda					
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas					
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:			
1:1	ISO 2768-mK	Nylon 6	16	<b>Z8</b>			

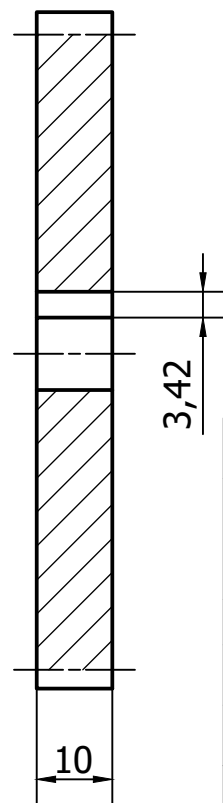
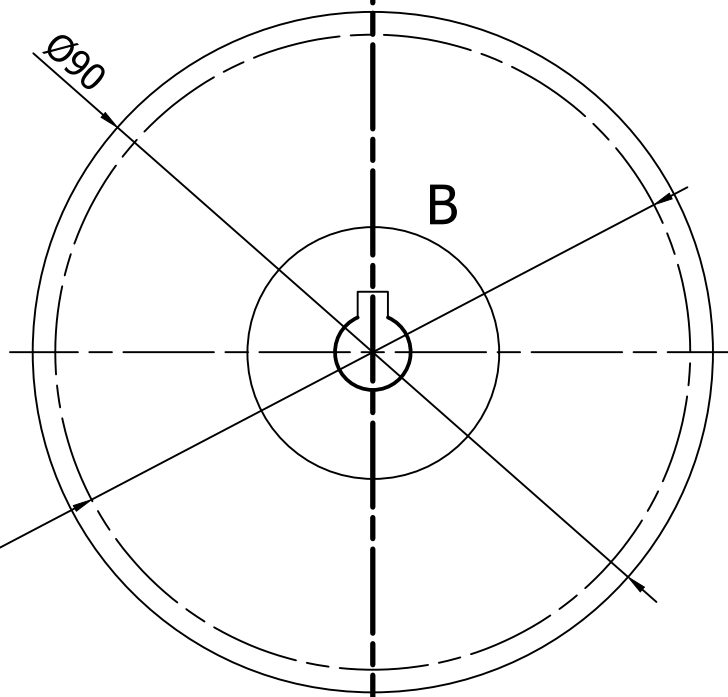


B ( 2 : 1 )



A

A-A ( 1 : 1 )



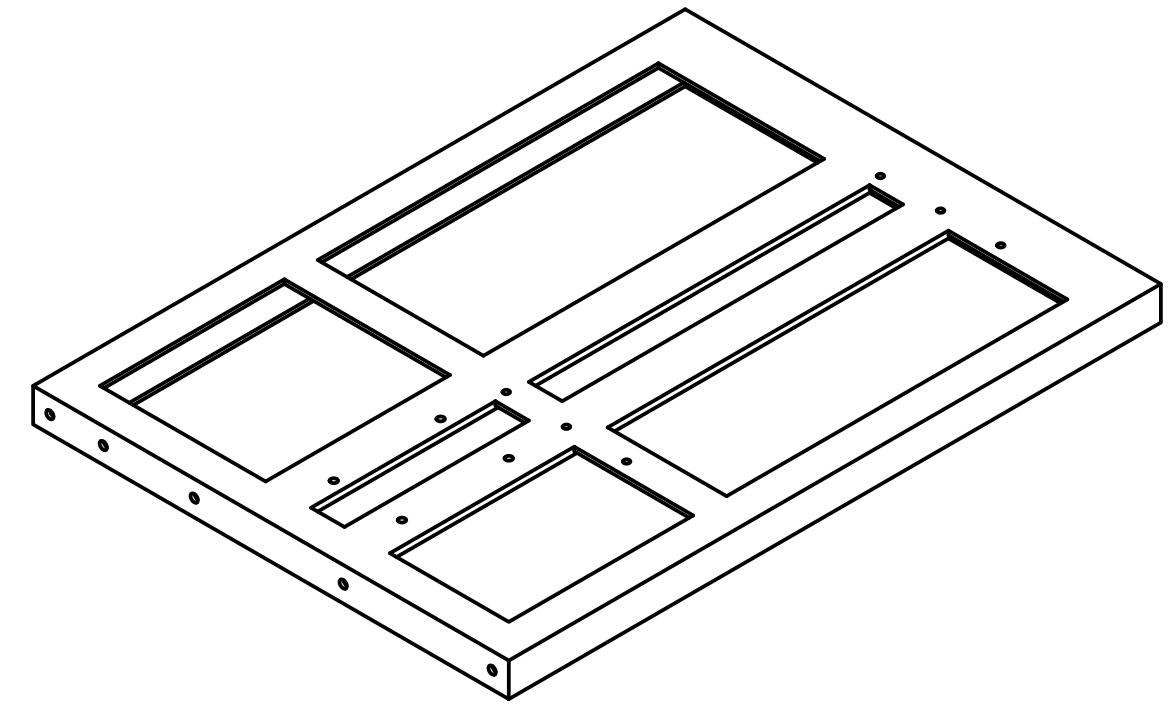
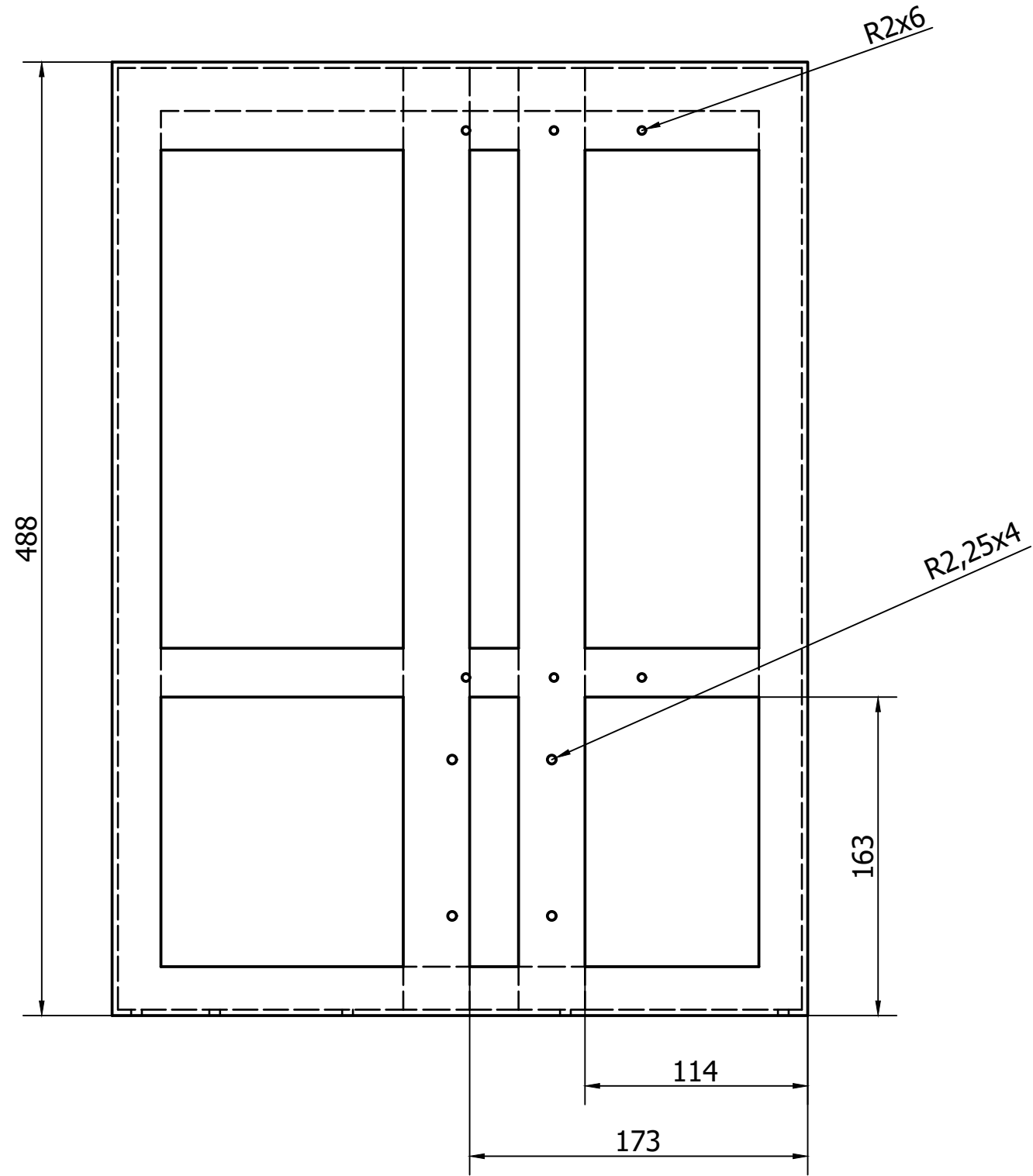
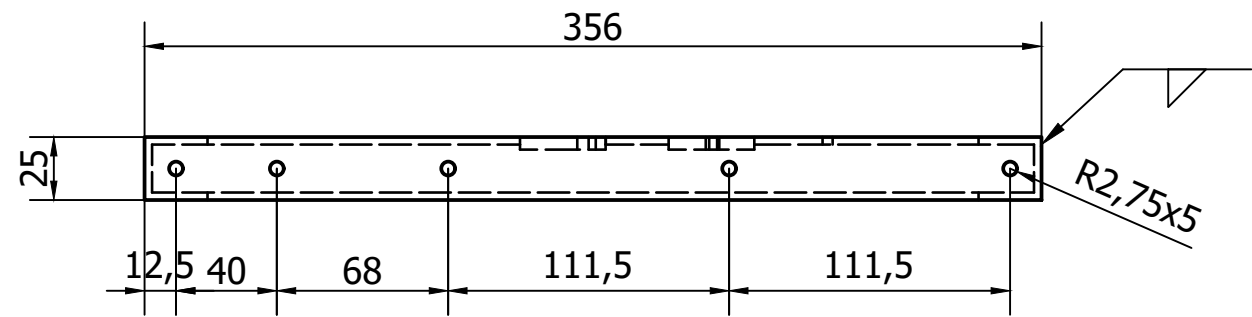
A

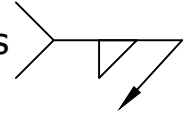
N6 (✓)

Tabla							
Número de Dientes (Z)	Diámetro Primitivo (DP) mm	Paso Circular (PC)	Cabeza del Diente (A) mm	Espeor del Diente (S)	Pie del Diente (PD) mm	Radio de Entalle (R)	Ángulo de Espesor (AS)
Z9=28	84	9.4248	3	4.4768	3.75	0.7854	6.1071°
8	1	Z9	Piñon		Acero de transmisión		
Pos	Qty	Denominación	Descripción		Norma	Material	Nota
Fecha		10 / 01 / 2021					
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda					
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas					
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:			
1:1	ISO 2768-mK	Acero de transmisión	17	<b>Z9</b>			

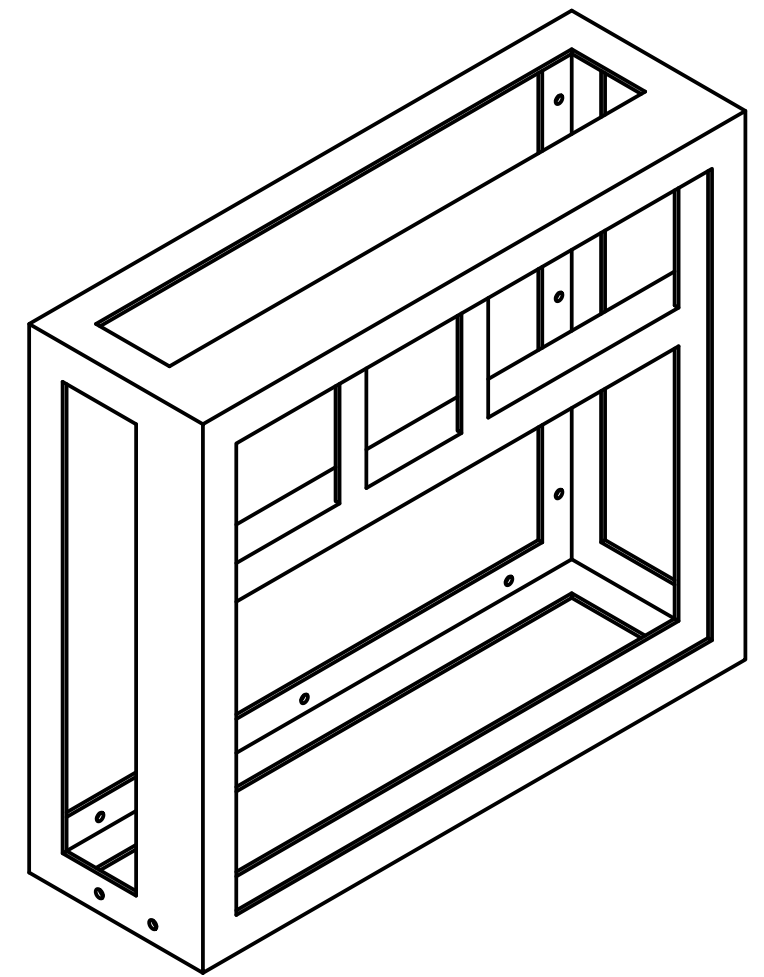
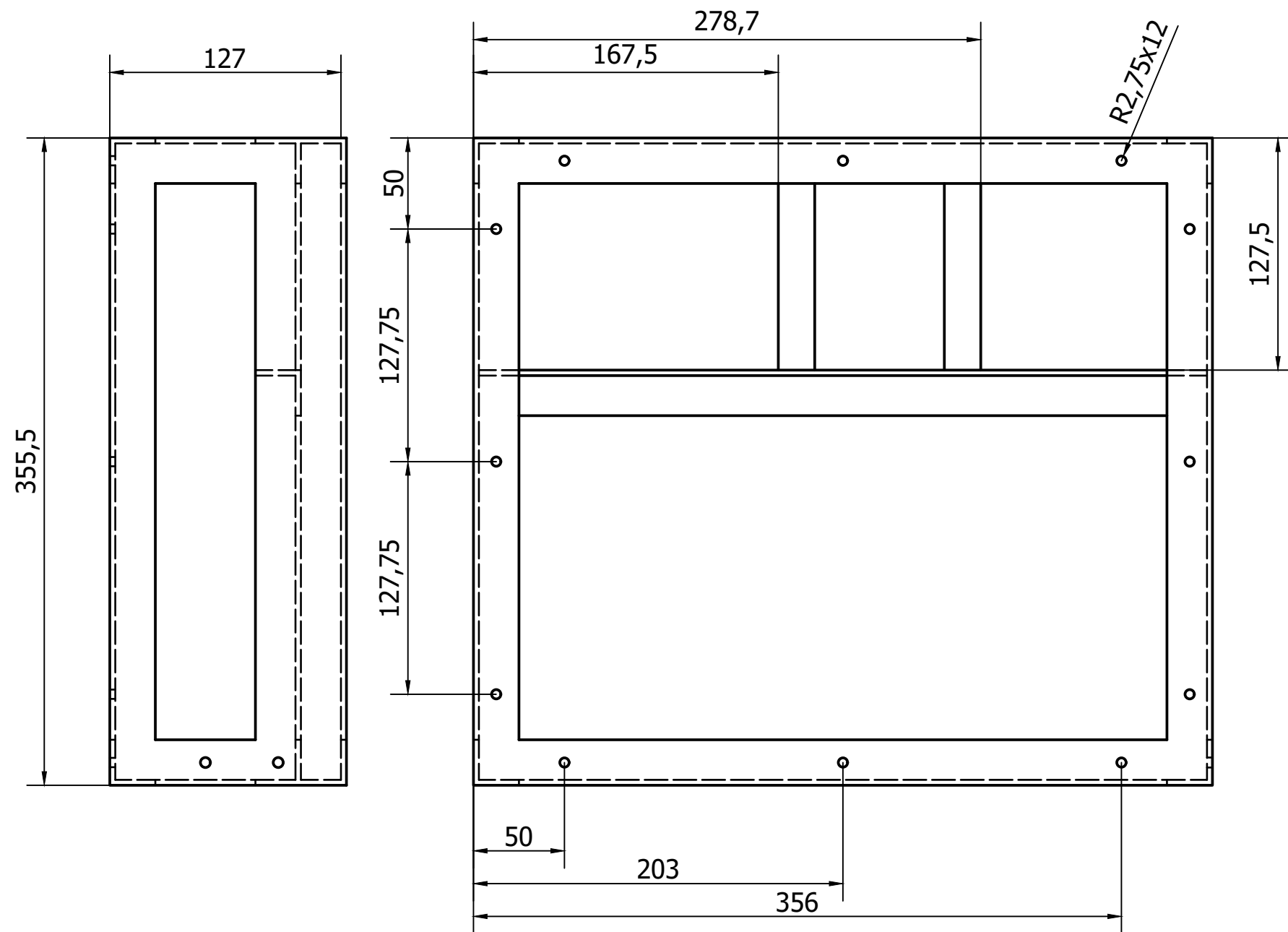


**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
SEDE CUENCA



En todas las uniones 

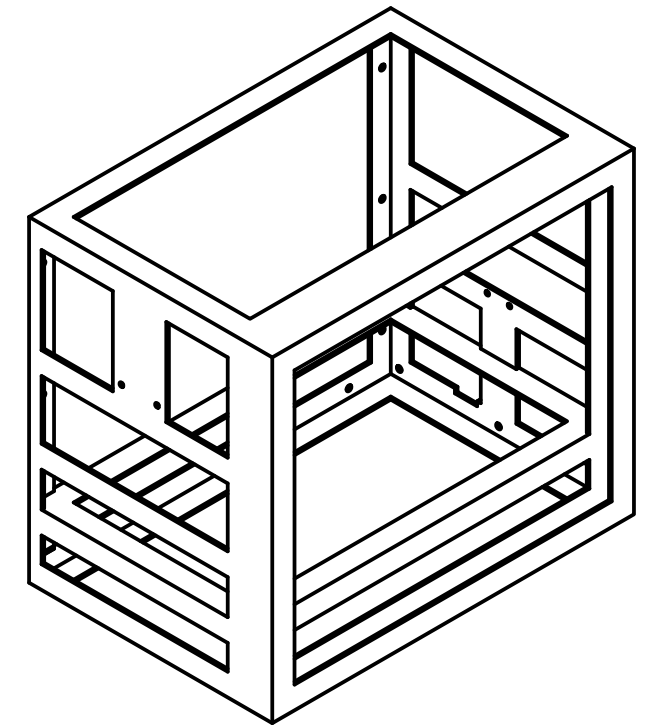
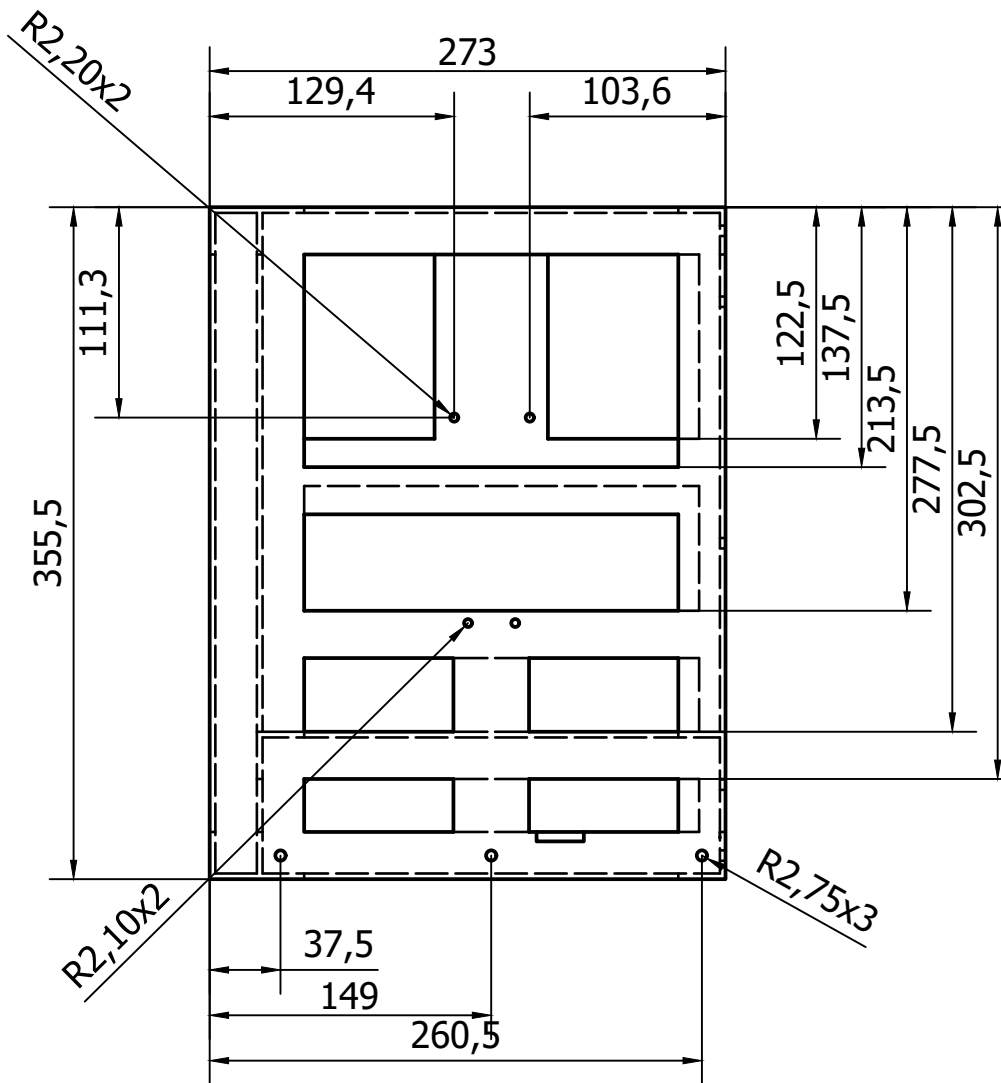
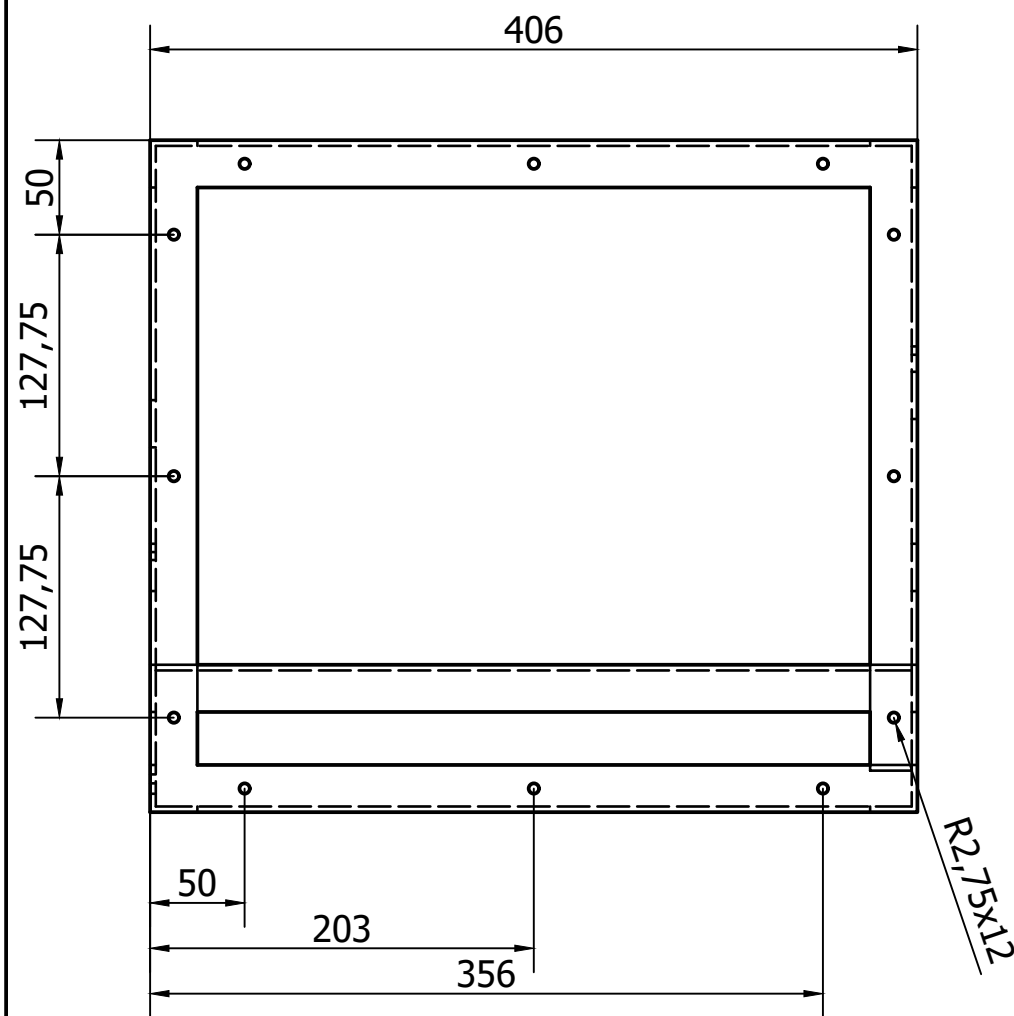
2	8	Platinas	Tipo I, 25x3	STM A36 - SAE J 403 1008	Acero Negro	
1	4	Ángulo	Tipo L, 25x3	STM A36 - SAE J 403 1008	Acero Negro	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		01 / 07 / 2022				
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala		Tol. gen.	Material	Lámina	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA	
1:1		ISO 2768-mK	Acero Negro	1		
Subconjunto:						<b>Estructura Base</b>



ESCALA ( 1 : 4 )

En todas las uniones

2	3	Platinas	Tipo I, 25x3	STM A36 - SAE J 403 1008	Acero Negro	
1	11	Ángulo	Tipo L, 25x3	STM A36 - SAE J 403 1008	Acero Negro	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		01 / 07 / 2022				
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA Subconjunto: <b>Estructura Lateral (Tren)</b>		
1:3	ISO 2768-mK	Aluminio	2			



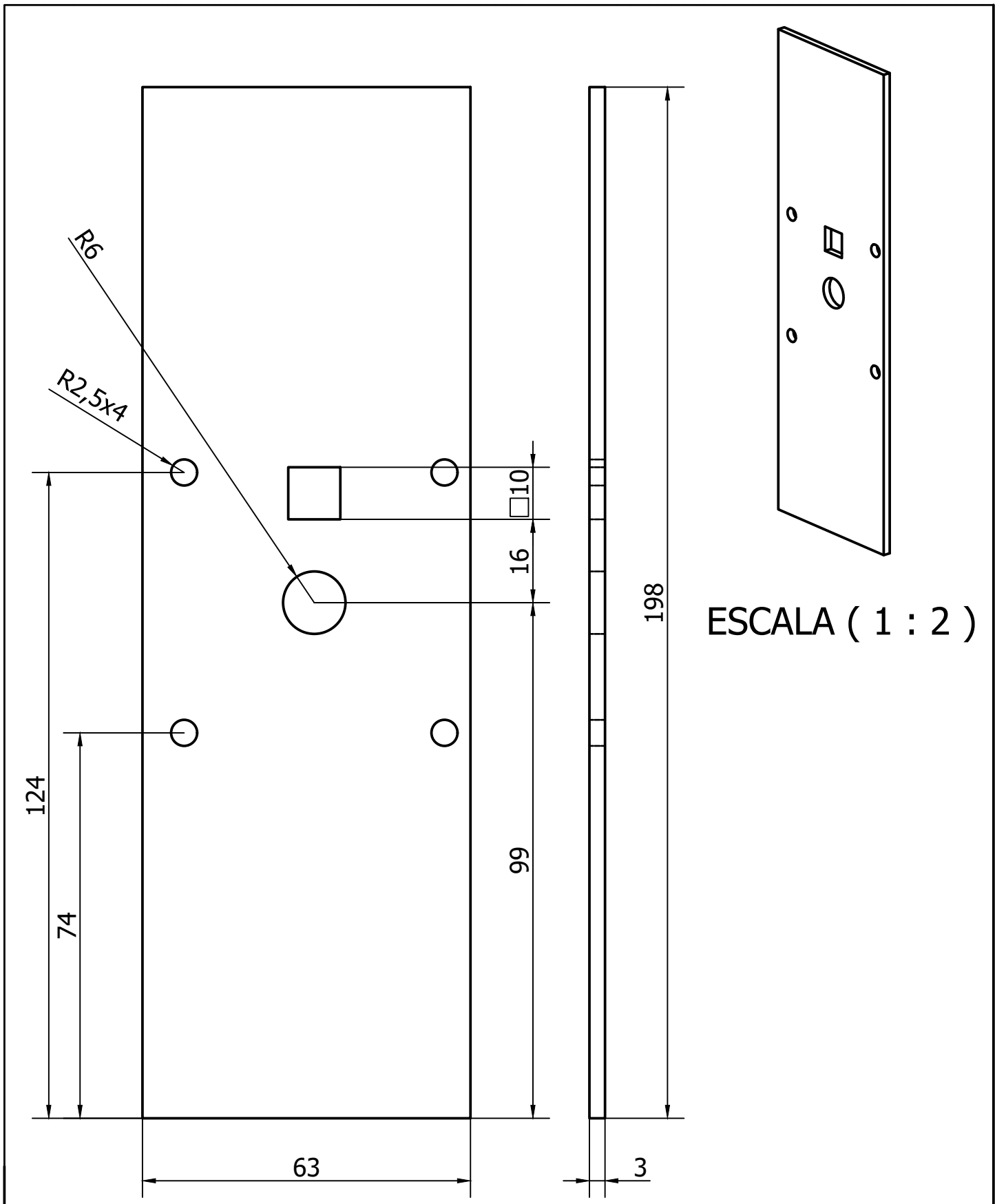
ESCALA ( 1 : 6 )

En todas las uniones

2	5	Platinas	Tipo I, 25x3	STM A36 - SAE J 403 1008	Acero Negro	
1	16	Ángulo	Tipo L, 25x3	STM A36 - SAE J 403 1008	Acero Negro	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		01 / 07 / 2022				
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:		
1:3	ISO 2768-mK	Acero Negro	3	<b>Estructura Lateral (Rodillos)</b>		



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
SEDE CUENCA

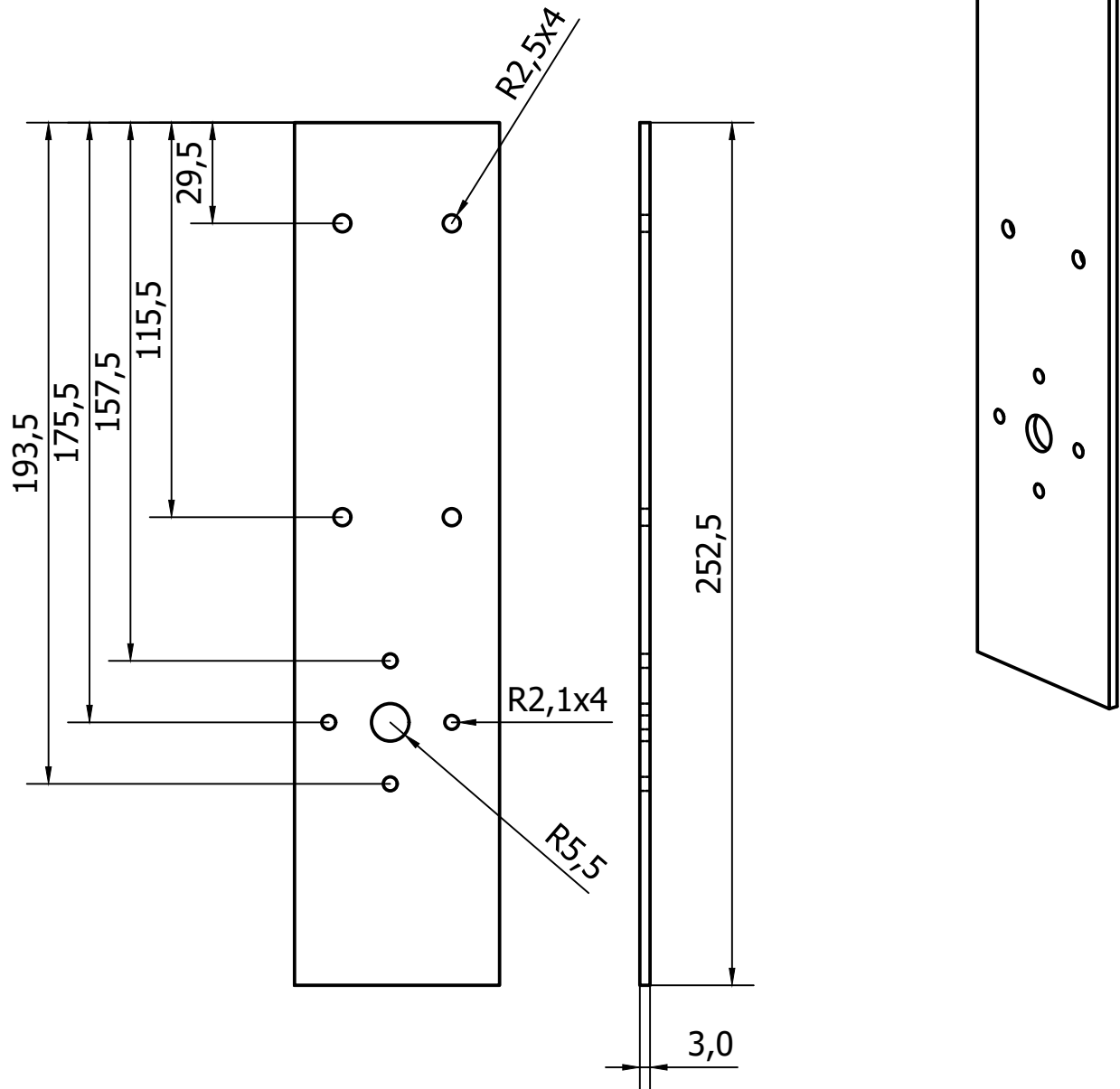


ESCALA ( 1 : 2 )

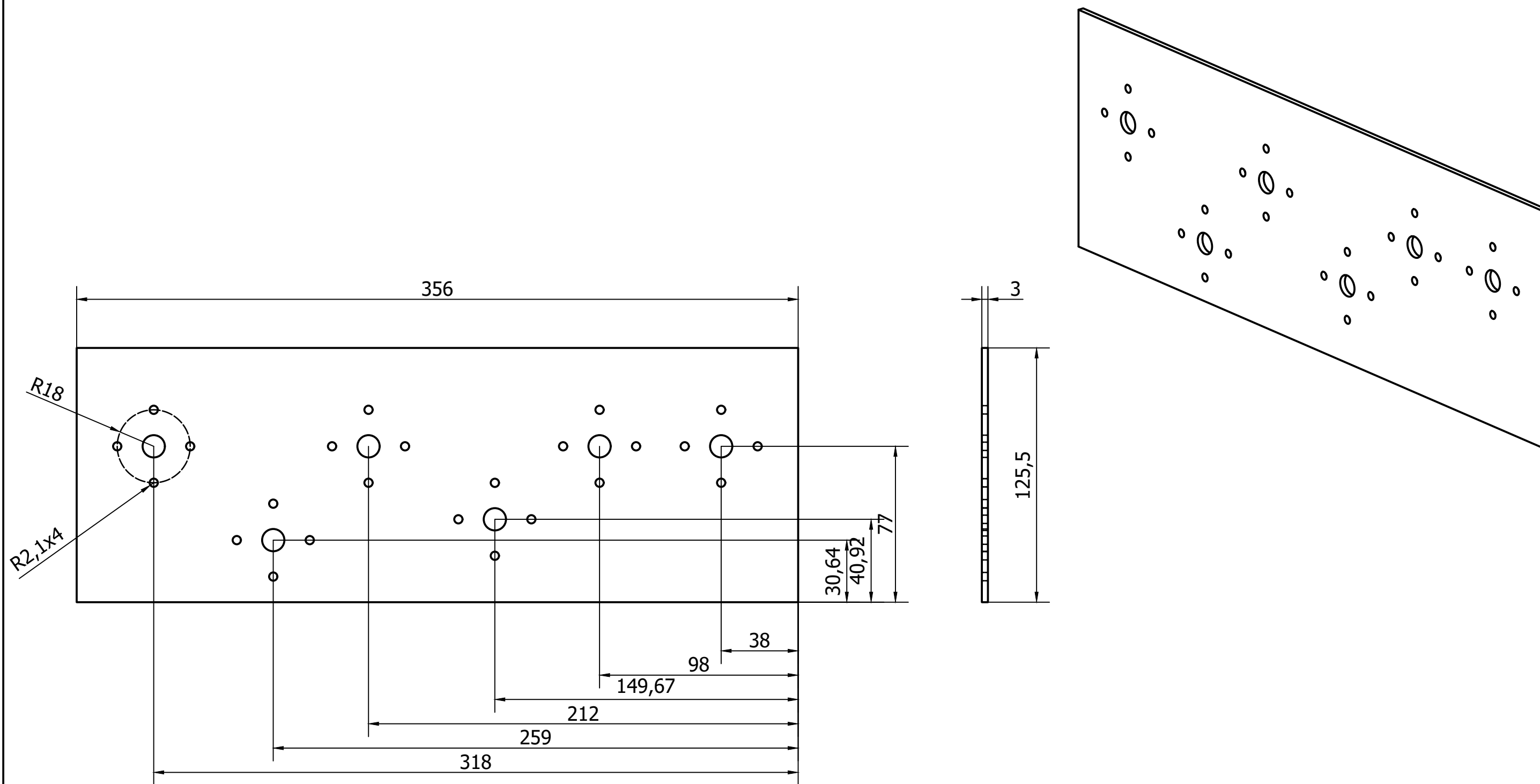
1	3	Platina	Tipo I, 3 mm espesor	STM A36 - SAE J 403 1008	Acero Negro	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		01 / 07 / 2022				
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala		Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:	
1:1		ISO 2768-mK	Acero Negro	4	<b>Platina Sujeción Motor PAP</b>	



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
SEDE CUENCA



1	3	Platina	Tipo I, 3 mm espesor	STM A36 - SAE J 403 1008	Acero Negro	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		01 / 07 / 2022		<p><b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE CUENCA</p>		
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Subconjunto:	<b>Platina Primer Lateral</b>					
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina			
1:2	ISO 2768-mK	Acero Negro	5			



1	1	Platina	Tipo I, 3 mm espesor	STM A36 - SAE J 403 1008	Acero Negro	
Pos	Qty	Denominación	Descripción	Norma	Material	Nota
Fecha		01 / 07 / 2022				
Dibujado		Bryam Meza - Paulo Suquilanda				
Comprobado		Ing. Eugenio Cardenas				
Escala	Tol. gen.	Material	Lámina	Subconjunto:		
1:2	ISO 2768-mK	Acero Negro	6	<b>Platina Segundo Lateral</b>		

