



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE MECATRÓNICA

DISEÑO DE UNA MÁQUINA SEPARADORA DE CÁSCARA DE
GRANOS DE CACAO CON CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE 10 KG

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

AUTORES: JEAN PIERRE ANDRADE ORMAZA
PAOLO JAVIER ROMERO URGILES

TUTOR: ING. ANGEL EUGENIO CÁRDENAS CADME. M.SC.

Cuenca – Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Jean Pierre Andrade Ormaza con documento de identificación N° 0302616255 y Paolo Javier Romero Urgiles con documento de identificación N° 0350107405; 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, 25 de julio del 2024

Atentamente,



Jean Pierre Andrade Ormaza
0302616255



Paolo Javier Romero Urgiles
0350107405

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

Nosotros, Jean Pierre Andrade Ormaza con documento de identificación N° 0302616255 y Paolo Javier Romero Urgiles con documento de identificación N° 0350107405, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: "Diseño de una Máquina Separadora de Cáscara de Granos de Cacao con Capacidad de 10kg", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 25 de julio del 2024

Atentamente,

Jean Pierre Andrade Ormaza
0302616255

Paolo Javier Romero Urgiles
0350107405

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Angel Eugenio Cárdenas Cadme con documento de identificación N° 0301631966, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA MÁQUINA SEPARADORA DE CÁSCARA DE GRANOS DE CACAO CON CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE 10 KG, realizado por Jean Pierre Andrade Ormaza con documento de identificación N° 0302616255 y Paolo Javier Romero Urgiles con documento de identificación N° 0350107405, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Propuestas Tecnológicas, que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 25 de julio del 2024

Atentamente,



Ing. Ángel Eugenio Cárdenas Cadme M.Sc.

0301631966

Dedicatoria

Jean Pierre

A Dios, quien me ha llevado por este camino, y ha sido mi fortaleza.

Dedico a mis padres Pablo y Lorena, y a mi hermana Daniela, quienes han sido un pilar fundamental durante toda mi carrera, gracias a su apoyo he logrado a cumplir todos mis objetivos.

A mis abuelos Jorge y Dolores, quienes han sido una fuente de inspiración para poder lograr todo esto.

A Andrea, por tener un gran corazón y apoyarme en mis momentos más difíciles, y a su vez agradecerle por todo el cariño que me entregó.

A mi compañero Paolo por ser un gran apoyo y a todos los momentos de desveladas que tuvimos.

A Adrián y a mis grandes amigos, con quienes he compartido grandes momentos, y risas, además de todo, han sido un gran apoyo en mi carrera.

Y al Ing. Eugenio Cárdenas, quien además de ser un excelente maestro y tutor, ha sido un gran amigo, dispuesto a apoyarnos.

Salmo 100:5

"Porque el Señor es bueno; para siempre es su misericordia, y su fidelidad por todas las generaciones"

Paolo Javier

Quiero dedicar este título universitario a las personas más importantes en mi vida, aquellas que son un pilar fundamental en el cual yo puedo apoyarme.

Dedico este triunfo a mis padres. A mi Padre Javier Romero, por ser mi más grande maestro, que con su valentía y tenacidad ha sabido siempre guiarme y enseñarme las lecciones más grandes de mi vida. A mi Madre Yuny Urgiles que con su pasión y cariño ha sabido estar siempre apoyándome y brindándome su amor, a mis hermanos quienes me han acompañado toda la vida y a Karen por ser mi compañera en este camino. Los amo mucho.

Y por último, pero no menos importante a mi tutor de tesis, el Ing. Eugenio Cárdenas, quien además de ser un tutor ha sido un gran amigo que siempre ha estado para ayudar y brindar sus conocimientos.

Agradecimientos

Jean Pierre

Agradezco principalmente a Dios por permitirme llegar a cumplir todo lo que me he llevado a proponer en todo este tiempo.

Agradezco profundamente a mis padres y abuelos que, gracias a su apoyo incondicional he logrado convertirme en la persona que soy el día de hoy, les agradezco por ayudarme en todas esas jornadas largas de estudio, trabajo, etc., sin la ayuda de ellos no hubiese logrado nada de lo que soy ahora.

Agradezco a Andrea, quien ha sido unos de mis pilares en toda mi carrera, le agradezco por estar a mi lado todo este tiempo, en los buenos y malos momentos, le agradezco de corazón todo este tiempo.

A mis amigos Paolo y Adrián por ayudarme a su manera en cada una de las etapas de mi carrera.

También quiero agradecer al Ing. Eugenio Cárdenas, quien ha estado presto para solventar cualquier duda presentada.

Paolo Javier

Agradezco a mis Padres por todo lo que me han dado, no solo por esta etapa en mi vida, también a mi hermana por enseñarme como ver la vida desde otro punto de vista, a mi hermano quien se convirtió en un compañero de vida, a Karen que con su apoyo y amor incondicional hizo que todo esto sea posible.

También agradezco a mis familias, abuelos, tíos, primos y mis más cercanos amigos que son parte de mi familia también, cada uno contribuyendo a su manera para ayudarme a alcanzar mis metas.

Este documento fue realizado enteramente en L^AT_EX

Índice

Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación	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	VI
Resumen	XIV
Abstract	XV
1. Introducción	1
2. Problema	1
2.1. Antecedentes	1
2.2. Descripción del problema	2
2.3. Importancia y alcances	2
2.4. Delimitación	3
2.4.1. Geográfica	3
2.4.2. Temporal	3
2.4.3. Sectorial o institucional	4
2.5. Problema General	4
2.6. Problemas Específicos	4
3. Objetivos	4
3.1. Objetivo General	4
3.2. Objetivos Específicos	4
4. Hipótesis	5
4.1. Hipótesis General	5
4.2. Hipótesis Específicas	5

5. Marco Teórico	5
5.1. Diseño Mecatrónico:	5
5.2. Cacao:	5
5.2.1. Descripción botánica y ecológica:	5
5.2.2. Cultivo:	6
5.2.3. Proceso de producción de chocolate:	7
5.3. Proceso de descascarado de cacao:	8
5.3.1. Tipos de descascaradora de cacao:	8
6. Marco metodológico	11
6.1. Metodología del Proceso	11
6.1.1. Establecer los parámetros iniciales para el diseño de una máquina separadora de cáscara de granos de cacao.	11
6.1.1.1. Parámetros físicos del cacao	12
6.1.1.2. Selección del tipo de descascarado	12
6.1.1.3. Descascarado de tambor	12
6.1.1.4. Descascarado de rodillos	13
6.1.1.5. Descascaradora de discos	15
6.1.1.6. Descascarado por soplado de aire	16
6.1.1.7. Selección del material	18
6.1.1.8. Características de la máquina descascaradora de cacao	19
6.1.2. Diseño mecánico de la máquina descascaradora de cacao	19
6.1.2.1. Rediseño de la estructura	20
6.1.2.2. Descripción del nuevo sistema de piñón y cadena	21
6.1.2.3. Cálculos de tensión en la cadena	24
6.1.2.4. Cálculos de caída de la nib triturada	26
6.1.2.5. Rediseño de la tolva	27
6.1.2.6. Cálculos del caudal de aire y selección de soplador	28
6.1.2.7. Calculo de Número de Reynolds	31
6.1.3. Diseño electrónico de la máquina descascaradora de cacao	33
6.1.3.1. Selección del sensor	33
6.1.3.2. Control del motor mediante un módulo.	34
6.1.3.3. Circuito Eléctrico.	36
6.1.3.4. Código utilizado.	36
6.1.4. Análisis de costos	38

7. Resultados	39
7.1. Parámetros iniciales establecidos para el diseño de una máquina separadora de cáscara de granos de cacao.	39
7.2. Diseño mecatrónico de la máquina separadora de cáscara de granos de cacao.	40
7.3. Análisis de costos unitarios para una futura implementación de la máquina separadora de granos de cacao	42
8. Cronograma y actividades	43
9. Conclusiones	45
10. Recomendaciones	46
Referencias	49
ANEXOS	50
Anexo 2	52
Anexo 3	53
Anexo 4	54

Lista de Tablas

1.	Características físicas de la nib de cacao	12
2.	Comparativa de métodos de descascarado de cacao	18
3.	Características de la máquina descascaradora de cacao	19
4.	<i>Coefficiente de Fricción Estática para Granos de Cacao en Diferentes Superficies</i>	26
5.	<i>Comparación de Sopladores</i>	30
6.	<i>Comparación entre PLC Xinje y ESP8266</i>	33
7.	<i>Comparación de Sensores Infrarrojos</i>	34
8.	Cronograma de actividades.	44
9.	Matriz de consistencia	51

Lista de Figuras

1.	Ubicación de realización del proyecto.	3
2.	Semilla de cacao.	6
3.	Cultivos de cacao.	7
4.	Proceso de elaboración de chocolate.	8
5.	Descascaradora de tambor.	9
6.	Descascaradora de rodillo.	10
7.	Descascaradora de disco.	10
8.	Descascaradora de aire caliente.	11
9.	Estructura de una Descascaradora de rodillos.	14
10.	Componentes de una Descascaradora de discos.	16
11.	Diseño final de la máquina trituradora de cacao.	20
12.	Modelo con el motor reubicado.	21
13.	Sistema de piñón y cadena	22
14.	Especificaciones de la cadena.	24
15.	Rediseño de la tolva	28
16.	Simulación de flujo	32
17.	Módulo DRV8301.	35
18.	Circuito Eléctrico.	36
19.	Diagrama de flujo del código a implementar.	37
20.	Resumen del Análisis de costos unitarios.	39
21.	Diseño final de la máquina separadora de granos de cacao.	41
22.	Simulación de flujo turbulento.	42

Resumen

En el contexto del crecimiento y reconocimiento internacional de la producción de chocolate en Ecuador, este trabajo de titulación se enfoca en el diseño y desarrollo de una máquina separadora de cáscara de granos de cacao. La máquina está orientada a satisfacer las necesidades de pequeñas y medianas empresas, buscando mejorar la eficiencia y la calidad del procesamiento del cacao mediante la implementación de tecnologías avanzadas.

El proyecto se centra en utilizar una descascaradora de aire, sensores infrarrojos y un sistema de control automatizado para optimizar el proceso de separación de la cáscara de los granos de cacao. Además, se considera la importancia de la automatización y el control preciso para asegurar un funcionamiento eficiente y seguro de la máquina. El uso de sensores y sistemas de control avanzados garantiza un proceso de alta calidad, adaptándose a las necesidades específicas del sector cacaotero.

El objetivo principal es promover la competitividad de las pequeñas y medianas empresas en el mercado ecuatoriano, mejorando la eficiencia y la sostenibilidad del procesamiento del cacao, además, se busca contribuir al desarrollo económico y social del Ecuador, potenciando uno de sus productos agrícolas más importantes.

Mediante la implementación de este proyecto, se espera no solo mejorar la eficiencia y la calidad en el procesamiento del cacao, sino también fortalecer la posición de las pequeñas y medianas empresas en el mercado.

Palabras clave: Máquina, cáscara, granos, cacao, descascaradora, aire, automatización, PLC, procesamiento, industria, cacaotera.

Abstract

In the context of the growth and international recognition of chocolate production in Ecuador, this degree work focuses on the design and development of a cocoa bean shell separator machine. The machine is oriented to meet the needs of small and medium enterprises, seeking to improve the efficiency and quality of cocoa processing through the implementation of advanced technologies.

The project focuses on using an air sheller, infrared sensors and an automated control system to optimize the process of separating the shell from the cocoa beans. In addition, the importance of automation and precise control is considered to ensure efficient and safe operation of the machine. The use of advanced sensors and control systems guarantees a high quality process, adapting to the specific needs of the cocoa sector.

The main objective is to promote the competitiveness of small and medium-sized companies in the Ecuadorian market, improving the efficiency and sustainability of cocoa processing, as well as contributing to the economic and social development of Ecuador, enhancing one of its most important agricultural products.

The implementation of this project is expected not only to improve the efficiency and quality of cocoa processing, but also to strengthen the position of small and medium-size enterprises in the market.

Keywords: Machine, shell, beans, cocoa, shelling, air, automation, PLC, processing, industry.

1. Introducción

El desarrollo de la industria cacaotera enfrenta desafíos significativos relacionados con la eficiencia y la calidad en el procesamiento de granos de cacao. En particular, la carencia de maquinaria especializada que permita separar la cáscara de los granos de cacao de manera eficiente limita la capacidad de producción y competitividad de las empresas. Este proyecto se centra en el diseño de una máquina separadora de cáscara de granos de cacao con capacidad de producción de 10 kg, abordando esta necesidad apremiante en la industria.

El problema principal que se busca resolver es la identificación del diseño más adecuado para una máquina que cumpla con los requisitos de producción y calidad. Para ello, se plantean diversas preguntas específicas, como la viabilidad de establecer parámetros iniciales de diseño y el desarrollo de un diseño mecatrónico que se integre eficientemente en una línea de producción. Además, es crucial realizar un análisis de costos para la implementación de esta máquina, considerando tanto los materiales como la tecnología requerida.

El potencial que presenta el proyecto se basa en mejorar significativamente la productividad y calidad del proceso de descascarado de cacao, un aspecto esencial para la competitividad en el mercado global. La implementación de una máquina descascaradora eficiente no solo beneficiará a la empresa ChocoTICs, que avala este proyecto, sino que también puede ser adoptada por otras empresas cacaoteras, contribuyendo al desarrollo industrial de la región.

Se consideran parámetros físicos del cacao y diversas técnicas de descascarado, como el uso de tambor, rodillos, discos y soplado de aire, para determinar el diseño más eficiente y adecuado. El diseño final se basa en criterios de durabilidad, capacidad de procesamiento y eficiencia operativa, asegurando que la máquina propuesta cumpla con los estándares industriales necesarios para su implementación.

2. Problema

2.1. Antecedentes

En Ecuador, diversas empresas se dedican a la industria del cacao, destacando nombres como Arawi y Pacari®. Estas compañías han experimentado un marcado avance, concentrándose principalmente en la elaboración de chocolate. Algunas han logrado consolidarse en el

mercado internacional, recibiendo reconocimiento y alcanzando resultados sobresalientes. Sin embargo, tanto a nivel nacional como internacional, estas empresas enfrentan una competencia desafiante, lo que les impulsa a buscar de forma constante maneras de mejorar la calidad y reducir los costos de producción. Por consiguiente, las empresas dedicadas a la comercialización del chocolate buscan adquirir maquinaria adecuada para optimizar su proceso de fabricación (Toapanta Chancusig y Rosero Laguna, 2008).

Según un estudio realizado por la Organización Internacional del Cacao en 2019, la falta de herramientas y maquinarias requeridas por las diversas empresas que elaboran productos relacionados con el cacao es un obstáculo (ICCO, 2020). Además, investigaciones recientes indican que el uso de maquinaria inadecuada, que ha excedido su ciclo de vida útil, puede tener un impacto negativo en la calidad de los granos de cacao y, como resultado, en su valor de mercado (Afoakwa, Paterson, Fowler, y Ryan, 2008).

2.2. Descripción del problema

La escasez de herramientas y maquinarias adecuadas en las empresas dedicadas a la elaboración de productos derivados del cacao representa un desafío significativo en el proceso productivo. Esta carencia obstaculiza la capacidad de las empresas para satisfacer la demanda del mercado de manera eficiente y competitiva. La falta de equipos especializados dificulta la optimización de los procesos de producción, lo que repercute en la calidad y cantidad de los productos finales. En este contexto, surge la necesidad apremiante de desarrollar y adquirir maquinarias adaptadas a las exigencias específicas de la industria del cacao, con el fin de mejorar la productividad y la competitividad de las empresas en el mercado (Cocoatown, 2019). Esta situación genera un desafío para la empresa, ya que requiere de maquinaria que se sitúe entre un nivel industrial y los productos de consumo masivo, que pueda satisfacer sus necesidades de producción de manera eficiente.

La empresa se enfrenta a un desafío importante relacionado con la capacidad limitada de las máquinas para manejar grandes volúmenes de granos de cacao. Se ha comprobado que las máquinas disponibles en el mercado no son suficientemente productivas para satisfacer la creciente demanda de productos relacionados con el cacao.

2.3. Importancia y alcances

Hoy en día, gracias al crecimiento exponencial de la industria, la competencia en todos los ámbitos y la libre oferta y demanda, las industrias enfocadas en la elaboración de productos

a base del cacao se encuentran en la oportunidad de mejorar su capacidad productiva y en ahorro de sus costos. Por este motivo, se requiere el uso de máquinas tecnológicamente avanzadas, que permitan mejorar los procesos de producción y así ser más competitivos en el mercado. (Balcázar Díaz y Guamba Díaz, 2009)

Este proyecto tiene por objetivo desarrollar un diseño de una máquina capaz de separar de manera eficiente la cáscara de las nibs de cacao. La importancia de esta iniciativa radica en la necesidad de la fábrica de ofrecer un producto de alta calidad. Esto implica no solo aumentar la producción, sino también reducir los costos para mejorar su capacidad de competir con industrias extranjeras y locales.

Considerando la importancia estratégica de estas máquinas en el contexto ecuatoriano, su desarrollo interno representa una alternativa viable frente a la compra en el extranjero. Además de beneficiar directamente a la empresa patrocinadora del proyecto, este diseño podría ser adoptado por otras industrias cacaoteras, diversificando su aplicación más allá de la fabricación de chocolate. (Toapanta Chancusig y Rosero Laguna, 2008)

2.4. Delimitación

2.4.1. Geográfica

Este proyecto se realiza en la parroquia Ricaurte, cantón Cuenca, provincia del Azuay.

Figura 1

Ubicación de realización del proyecto.



Nota: Se puede observar la ubicación a desarrollar el proyecto. (Google, 2022).

2.4.2. Temporal

Este proyecto se llevará a cabo durante el periodo académico de marzo a agosto de 2024, en el marco de las 240 horas de la asignatura de Integración Curricular.

2.4.3. Sectorial o institucional

Se diseñará una máquina separadora de cáscaras de granos de cacao para su uso en la empresa ChocoTICs, con el objetivo de reducir los costos en el área de producción.

2.5. Problema General

- ¿Qué diseño es idóneo para una máquina separadora de cáscara de granos de cacao con capacidad de producción de 10kg?

2.6. Problemas Específicos

- ¿Es posible establecer los parámetros iniciales para el diseño de una máquina separadora de cáscara de granos de cacao con capacidad de producción de 10 kg?
- ¿Es factible desarrollar un diseño mecatrónico para una máquina separadora de cáscara de granos de cacao, la cual, se integra a una línea de producción que permita procesar 10 kg. de cacao?
- ¿Se podrá realizar un análisis de costos unitarios para la implementación integral de la máquina separadora de cáscara de granos de cacao con capacidad de producción de 10 kg?

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

- Diseñar una máquina separadora de cáscara de granos de cacao para una capacidad de producción de 10 kg.

3.2. Objetivos Específicos

- Establecer los parámetros iniciales para el diseño de una máquina separadora de cáscara de granos de cacao con capacidad de producción de 10 kg.
- Desarrollar un diseño mecatrónico para una máquina separadora de cáscara de granos de cacao, la cual, se integra a una línea de producción que permita procesar 10 kg. de cacao.

- Realizar un análisis de costos unitarios para la implementación integral de la máquina separadora de cáscara de granos con capacidad de producción de 10 kg.

4. Hipótesis

4.1. Hipótesis General

- El diseño de la máquina permitirá separar la cáscara de los granos de cacao para una capacidad de producción de 10 kg.

4.2. Hipótesis Específicas

- Se establecerán los parámetros iniciales para el diseño de una máquina separadora de cáscara de granos de cacao con capacidad de producción de 10 kg.
- Se desarrollará el diseño mecatrónico para una máquina separadora de cáscara de granos de cacao, la cual, se integra a una línea de producción que permita procesar 10 kg. de cacao.
- Se realizará un análisis de costos unitarios para la implementación integral de la máquina separadora de cáscara de granos de cacao con capacidad de producción de 10 kg.

5. Marco Teórico

5.1. Diseño Mecatrónico:

El diseño mecatrónico adopta un enfoque integral de la ingeniería para la creación de equipos y máquinas electromecánicas. Normalmente, estos equipos se construyen como una colección de sistemas autónomos, que abarcan componentes informáticos, eléctricos, mecánicos y electrónicos. A menudo, estos sistemas utilizan componentes, estándar, que son adecuados para diversos tipos de maquinaria o incluso para máquinas distintas. (Bolton, 2017)

5.2. Cacao:

5.2.1. Descripción botánica y ecológica:

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es originario de América del Sur, más específicamente en bosques con un clima tropical, especialmente de la región que comprende la Amazonía

ecuatoriana, Colombia y Perú, como se ilustra en la figura 2. El cultivo del cacao se lleva a cabo en espacios en los que conviven árboles, arbustos y cultivos, donde la biodiversidad, junto con los insectos propios de ese, hábitad, desempeña un papel importante. (Ríos Sevilla, 2015)

Las especies de cacao *Theobroma* son árboles con frutos carnosos que no se abren al madurar. El cacao que es exportado a nivel mundial es de la especie *Theobroma cacao* L. Las especies de cacao distintas a esta se cultivan y utilizan únicamente a nivel local. (Dostert, Roque, Cano, La Torre, y Weigend, 2012)

Figura 2

Semilla de cacao.



Nota: Se observa una semilla de cacao. (MinisterioDeAgricultura, 2019).

5.2.2. Cultivo:

El cacao es un tipo de grano que se puede producir en varios tipos de suelo, por lo general es necesario un suelo con una, profundidad considerable, que no sea pesado y abundante en nutrientes. La profundidad del suelo debe ser aproximada de 1 metro, para formar una raíz que sirva como soporte y un sistema radicular integrado; además. Usualmente, las plantaciones de cacao crecen a la sombra de bosques o su remanente y así se preserva la estructura del bosque. Se logra apreciar en la figura 3. (Dostert y cols., 2012)

Figura 3

Cultivos de cacao.



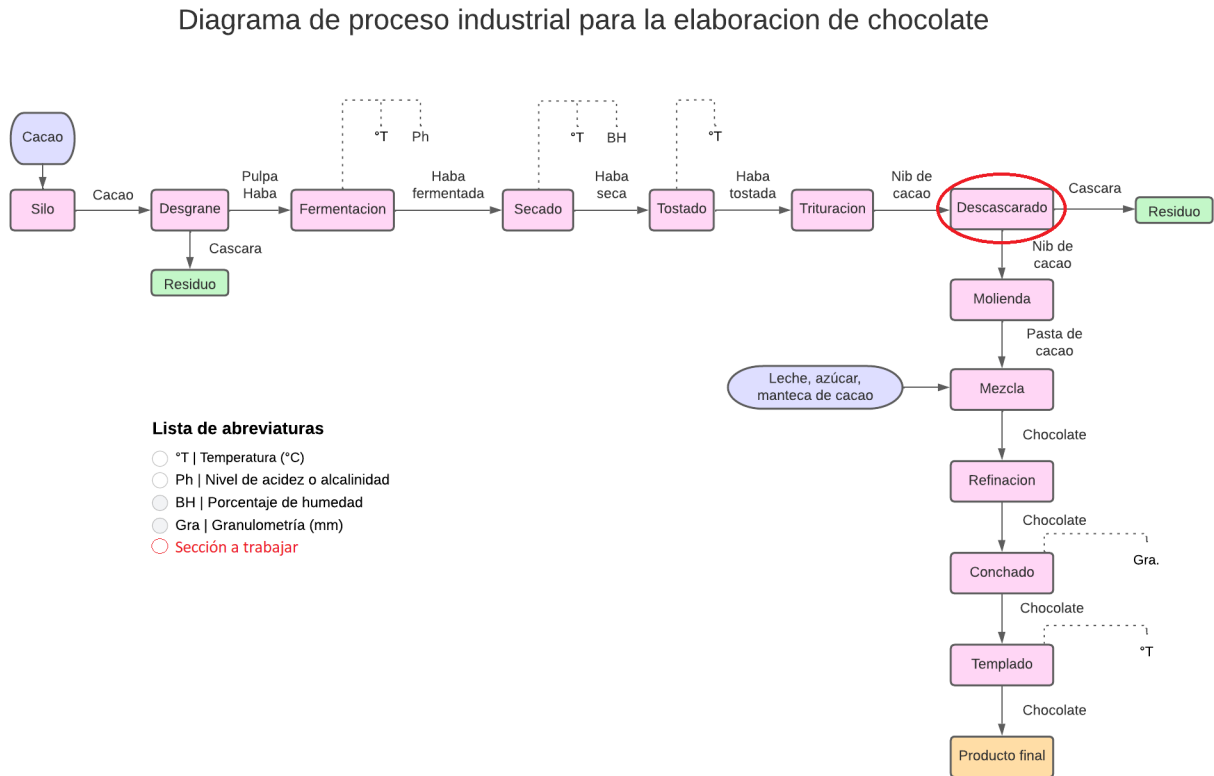
Nota: Ejemplo de un cultivo de cacao en Ecuador, con trabajadores realizando tareas de mantenimiento entre las plantas. (Guerrero H, 2014).

5.2.3. Proceso de producción de chocolate:

Al elaborar chocolate, se necesita un ingrediente fundamental como el cacao o un derivado, que puede ser manteca de cacao o cacao en polvo, como se muestra en la figura 4. Dependiendo del producto final deseado, se pueden añadir otros ingredientes como con base en la necesidad. Los pasos involucrados en la producción del chocolate incluyen tostar, triturar, descascarar, moler, mezclar, templar, moldear y envasar el producto del cacao. (Sevilla, 2007)

Figura 4

Proceso de elaboración de chocolate.



Nota: Diagrama del proceso de elaboración del chocolate.

5.3. Proceso de descascarado de cacao:

Este proceso implica la eliminación de la cáscara, que es el cubierto externa natural de la semilla del cacao. Independientemente del propósito que se busque con los granos de cacao en la industria, todos los procesos pasan primero por una fase de descascarado. (Escobar, Arestegui, Moreno, y Sanchez, 2013)

5.3.1. Tipos de descascaradora de cacao:

- **Descascaradora de tambor:** Una descascaradora de tambor es una máquina que se utiliza para descascarar o pelar la cáscara o piel de diversos tipos de frutas y verduras,

como se observa en la figura 5. Esta máquina suele constar de un tambor giratorio con cepillos o raspadores que se encargan de desprender la piel de la fruta o verdura mientras el alimento es transportado a través del tambor. (Madrid, 2012)

- La descascaradora de tambor es muy útil en la industria alimentaria, ya que permite realizar de forma rápida y eficiente el proceso de descascarado de grandes cantidades de frutas y verduras.

Figura 5

Descascaradora de tambor.



Nota: Descascaradora de tambor. (CASSAVA, 2009).

- **Descascaradora de rodillo:** Como se muestra en la figura 6, este tipo de descascaradora consiste en un rodillo con una superficie abrasiva que gira sobre la cáscara de cacao y la desprende. (Gómez Sánchez y Ortega Hernández, 2014)

Figura 6

Descascaradora de rodillo.



Nota: Descascaradora de rodillo. (Fotma, 2017).

- **Descascaradora de disco:** La máquina de la figura 7, consiste en un disco o plato con cepillos o raspadores que se encargan de desprender la cáscara de cacao mientras el fruto es transportado a través del disco. Algunas descascaradoras de disco también cuentan con un sistema que permite rebanar el cacao mientras se descascara. (Madrid, 2012)

Figura 7

Descascaradora de disco.



Nota: Se observa una descascaradora de disco. (Silk, 2020).

- **Descascaradora de aire caliente:** En la figura 8 esta máquina utiliza aire caliente para secar y descascarar el cacao al mismo tiempo. (Anga y Cortellini, 2016)

Figura 8

Descascaradora de aire caliente.



Nota: Ejemplo de descascaradora de aire caliente. (Cocoatown, 2019).

6. Marco metodológico

En esta sección se presentará la metodología utilizada en el presente trabajo de titulación.

6.1. Metodología del Proceso

En las próximas secciones se describe la metodología empleada en el desarrollo del proyecto de titulación. Se detallan los parámetros, cálculos y ponderaciones necesarios para diseñar una máquina descascaradora de cacao. Este proceso incluye la evaluación de la eficiencia del descascarado, la capacidad de procesamiento y la durabilidad de los materiales utilizados, con el objetivo de optimizar la operación y asegurar la calidad del producto final.

6.1.1. Establecer los parámetros iniciales para el diseño de una máquina separadora de cáscara de granos de cacao.

Las necesidades de producción de chocolate de la empresa ChocoTICs han identificado que, para producir 10 kg de cacao descascarado, el tamaño de las partículas de las nibs debe estar entre 4 mm y 12 mm.

6.1.1.1. Parámetros físicos del cacao

Las características físicas más importantes para el descascarado de cacao se muestran en la tabla 1.

Tabla 1

Características físicas de la nib de cacao.

Característica	Valor	Unidad
Tamaño de partícula	4-12	mm
Peso por 100 granos de cacao triturado	124	g (gramos)
Humedad	6	% (porcentaje)

Nota: En la tabla se pueden observar las características físicas que se tomaron en cuenta para la parametrización del cacao, esta información a sido tomada de (López, 2018).

Los nibs de cacao varían significativamente según el tipo de cacao del que se derivan, influenciados por el origen geográfico, el proceso de fermentación y las características genéticas del cacao.

Un estudio comparativo de los granos de cacao de Ecuador y Perú mostró que los granos peruanos tienen un mayor contenido de proteína cruda, mientras que los ecuatorianos presentan un mayor contenido de grasa cruda, influenciando la textura y el sabor de los nibs producidos a partir de estos granos. (Andrade, Rivera García, Chire Fajardo, y Ureña Peralta, 2019)

6.1.1.2. Selección del tipo de descascarado

A continuación se establecerá el tipo de descascarado del cacao, sé 4 tipos de descascarado que se analizará a continuación: Descascarado de tambor, de rodillo, de disco, y por soplado.

6.1.1.3. Descascarado de tambor

En este método de descascarado, los granos de cacao triturados se introducen en un tambor giratorio con superficies rugosas en su interior. El tambor gira, lo que provoca que la fricción entre los granos y la superficie rugosa del tambor separen la cáscara del grano. (Afoakwa y cols., 2008)

Características:

- **Diseño del tambor:** El interior del tambor debe ser exclusivamente de acero inoxidable porque va a estar en contacto directo con el grano de cacao, y debe poseer rugosidad que será la que proporcione la fricción para separar los granos de la cáscara. (Beckett, 2009)
- **Velocidad de rotación:** La velocidad del tambor es ajustable, permitiendo optimizar el proceso con base en las necesidades de la empresa y las características de los granos de cacao.
- **Alimentación:** Los granos de cacao se introducen en el tambor por medio de una tolva.

Ventajas:

- Posee una alta capacidad de producción debido a su tamaño.
- La fricción es uniforme, lo cual facilita la separación efectiva de la cáscara.
- Al ser una máquina grande y con una capacidad alta, el tamaño de los granos no importa para su separación.

Desventajas:

- Debido a su alta fricción se desperdicia cierta cantidad de granos.
- Requiere un equipo robusto y costoso.
- Su limpieza y mantenimiento son más difíciles que otros métodos.

Consideraciones Económicas:

- El costo inicial de esta máquina representa una gran inversión debido a que posee materiales robustos y un diseño sumamente especializado. La fricción constante en el tambor puede requerir reparaciones y ajustes frecuentes. (ICCO, 2020)

6.1.1.4. Descascarado de rodillos

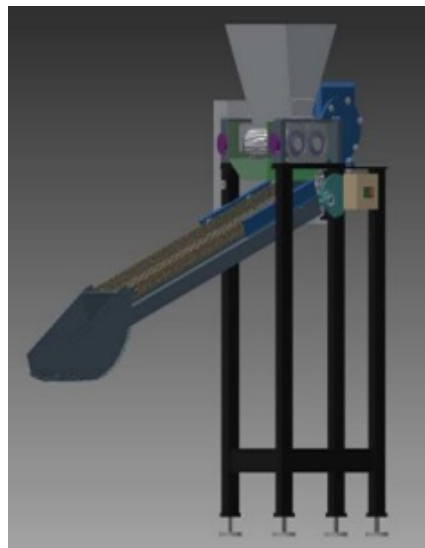
En este método, los granos de cacao que previamente han sido triturados se pasan entre rodillos ajustados para aplicar presión sobre el grano, separando la cáscara del grano mediante dicha presión. (Porrás, 2019) El diseño de rodillos es una alternativa que puede analizarse así:

Estructura:

- Posee un motor reductor eléctrico que proporciona dos movimientos principales a la máquina mediante la conexión de engranajes, catalinas y cadenas. El primer movimiento es para el sistema de descascarado, formado por dos ejes-rodillos que hacen que el cacao se desplace y, en este desplazamiento, se quiebre la cascarilla y se desprenda debido a la fuerza del motor reductor. (Porrás, 2019)

Figura 9

Estructura de una descascaradora de rodillos.



Nota: Se observa un ejemplo de estructura de una descascaradora de rodillos. (Porrás, 2019)

Reguladores de Separación:

- Existen dos reguladores de separación, y dicha distancia regulable depende del tamaño del grano, ya que los granos no poseen una forma ni tamaño fijos. Este sistema de ejes-rodillos está apoyado en unas chumaceras, y hay un juego de engranajes que hacen que giren uno hacia el otro. (Porrás, 2019)

Ventajas:

- Es menos agresivo con la fricción ejercida sobre el grano, lo que representa menos desperdicio.
- Da una separación de cáscara muy uniforme.

- La presión que se aplica al grano se puede controlar con mayor precisión.

Desventajas:

- Es costosa en comparación con el soplado de aire.
- Es mucho menos eficiente en términos de producción en comparación con otros métodos.

6.1.1.5. Descascaradora de discos

Esta máquina emplea discos estriados, uno fijo y otro móvil, para llevar a cabo el descascarado del cacao. Los granos de cacao se colocan entre estos discos, donde la fricción y la acción de cuña de las estrías provocan la separación de las cáscaras. Sin embargo, debido a la alta velocidad de rotación de los discos, fijada en 500 RPM, se produce un alto porcentaje de rotura de los granos, generando partículas pequeñas que se pierden como polvo de cacao durante el proceso. (Porrás, 2019)

Para guiar los granos hacia los discos, se utiliza un tornillo sinfín ubicado debajo de la tolva de alimentación. El sistema de transmisión de la máquina utiliza bandas y poleas para transmitir el movimiento desde el eje del motor, que es de combustión interna, hasta el eje que impulsa el tornillo sinfín y los discos. Este último eje está soportado por dos chumaceras. La máquina cuenta con una tolva de alimentación y una carcasa en la zona de los discos para evitar la contaminación del cacao por agentes externos. Al final del proceso, el producto procesado, tanto cáscara como cotiledón, es recolectado en una tolva de salida por gravedad para su apilado. (Porrás, 2019)

Ventajas

- Eficiente y proporciona una separación limpia de la cáscara.
- Puede ser más suave con los granos en comparación con otros métodos.

Desventajas

- Requiere un diseño y ajuste precisos de los discos para garantizar una separación efectiva.
- Puede ser menos común y requerir equipos especializados.
- Es costosa en comparación con el soplado de aire pero no con mucha diferencia.

- **Tolva de alimentación:** La tolva recoge los granos previamente triturados y son dirigidos hacia la corriente de aire
- **Soplador:** El soplador es un actuador cuya función es proporcionar una corriente de aire que separe la nib de la cáscara de cacao
- **Conductos de soplado:** Los conductos de soplado son las superficies en las cuales se va a generar la separación de cáscara y nib de cacao, son superficies lisas con cierto grado inclinación permitiendo que rueden los granos triturados y entren en contacto con la corriente de aire
- **Cámaras de separación:** Son depósitos por separado que van a almacenar las nibs de cacao y las cáscaras de cacao respectivamente.

Ventajas

- Puede ser menos agresivo con los granos, lo que ayuda a preservar su integridad.
- Proporciona una separación eficiente sin necesidad de contacto físico con el grano.
- Menos probabilidades de generar desperdicio de granos.
- Más económica en comparación con los otros métodos.

Desventajas

- Puede ser menos eficiente en términos de capacidad de producción en comparación con otros métodos.

Concluyendo la descascaradora de discos y la de rodillos no son del todo eficientes en la separación de la cáscara, debido a que también generan una rotura en el grano y no se logre separar en su totalidad. Sumando el hecho de que anteriormente se había triturado, presentamos varias perdidas por polvo de cacao.

Además que en varios modelos revisados después de estos procesos añaden una fase más de soplado por aire para separar de manera eficiente la nib de cacao de su cáscara.

Tabla 2*Comparativa de métodos de descascarado de cacao.*

Método	Homogeneidad	Contaminación	Mantenimiento	Costo	Total
Tambor	3 (12%)	4 (28%)	2 (10%)	1 (4%)	10 (54%)
Rodillos	4 (16%)	3 (21%)	3 (13%)	3 (12%)	13 (62%)
Discos	4 (16%)	4 (28%)	2 (10%)	2 (8%)	12 (62%)
Soplado de aire	5 (20%)	2 (14%)	4 (20%)	5 (20%)	16 (74%)

Nota: La tabla compara las características principales de los métodos de descascarado de cacao analizados.

Al comparar las múltiples opciones de descascaradoras, como se muestra en la tabla 2, la máquina de soplado de aire se presenta como la mejor alternativa debido a su menor costo inicial, al tener una eficiencia elevada y superior al resto de máquinas, generando menor desperdicio por la naturaleza del proceso que no es para nada abrasiva con el grano de cacao.

Aunque las demás opciones que se analizaron tienen puntos a favor, la sopladora de aire es la más eficiente y la que cumple con los objetivos planteados.

6.1.1.7. Selección del material

La selección del acero inoxidable AISI 304 para la industria alimentaria se fundamenta en sus propiedades de resistencia a la corrosión, durabilidad y facilidad de limpieza, esenciales para cumplir con los requisitos de la norma ISO 22000:2018 sobre seguridad alimentaria.

Este material ofrece una excelente resistencia a la corrosión y su superficie lisa minimiza la acumulación de bacterias, facilitando la limpieza y desinfección efectiva. Además, su durabilidad reduce los costos de mantenimiento, promoviendo prácticas sostenibles y eficaces en la gestión de la seguridad alimentaria. (NQA, 2023)

6.1.1.8. Características de la máquina descascaradora de cacao

La empresa ChocoTICs ha solicitado una máquina descascaradora de cacao con características específicas para optimizar su proceso de producción. La máquina debe tener un alto de 921,1 mm, un largo de 800 mm y un ancho de 300 mm, y estar fabricada con materiales como acero inoxidable AISI 304 y aluminio. Además, debe tener una capacidad de producción de 10 kg/h y una tolva con una capacidad de 69,66 l.

Estas especificaciones aseguran un rendimiento eficiente y un manejo adecuado de los granos de cacao, estos datos se muestran resumidos en la tabla 3.

Tabla 3

Características de la máquina descascaradora de cacao.

Características	Valores	Unidades
Alto	921,1	mm
Largo	800	mm
Ancho	300	mm
Material	Acero Inoxidable AISI 304, Aluminio	-
Producción	10	kg/h
Capacidad de la tolva	69,66	l

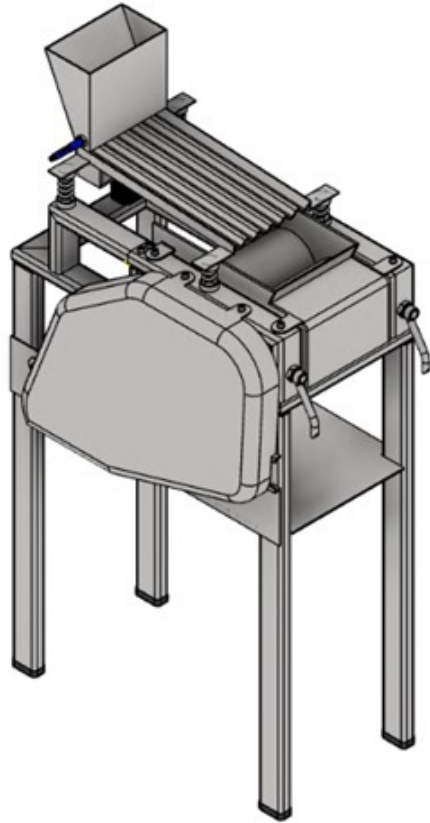
Nota: La tabla presenta las características de la máquina descascaradora de cacao.

6.1.2. Diseño mecánico de la máquina descascaradora de cacao

Como punto inicial para el diseño mecánico de una máquina descascaradora de cacao se estableció de que no será una máquina aparte, sino un complemento fundamental de la máquina trituradora de granos de cacao previamente diseñada por Carangui Cuesta (2024), como se observa en la figura 11.

Figura 11

Diseño final de la máquina trituradora de cacao.



Nota: Se observa el diseño final de la máquina trituradora de cacao. (Carangui Cuesta, 2024)

6.1.2.1. Rediseño de la estructura

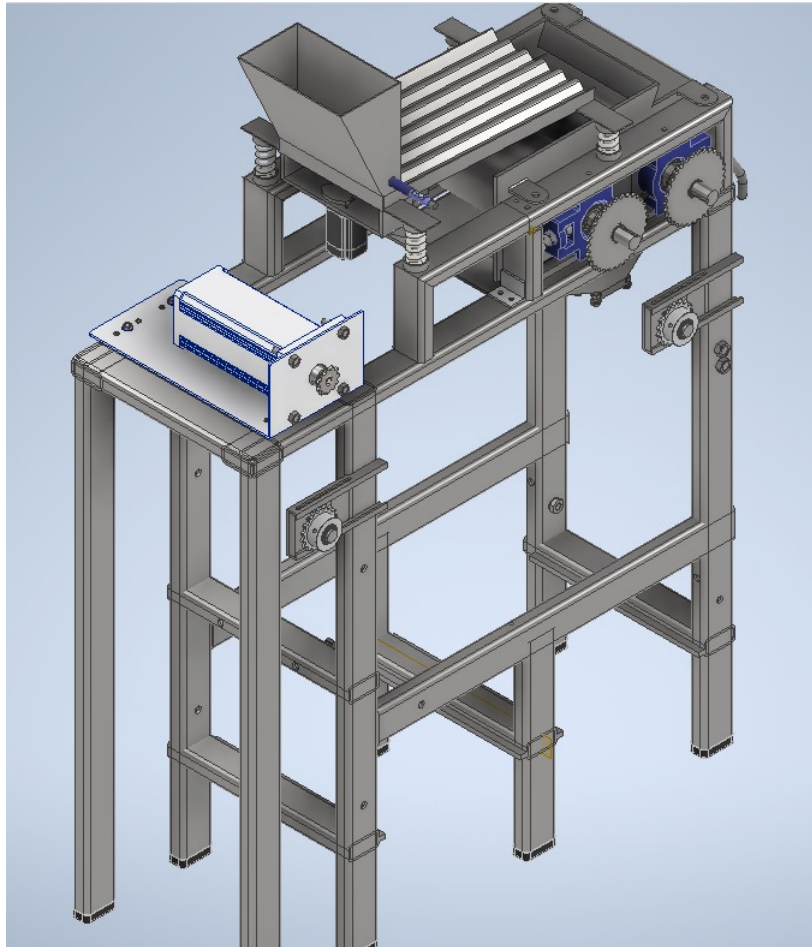
Partiendo del diseño que se muestra en la figura 11, se va a usar la misma estructura de la máquina para optimizar recursos en la descascaradora de granos de cacao.

El diseño de la máquina supone que se modifiquen partes de la máquina presentada anteriormente y entre estos el cambio el más significativo es el de retirar la superficie en la parte de salida de la trituradora que se encuentra para sostener el motor que mediante un sistema de engranajes está conectado a los rodillos que trituran. Al retirar dicha superficie, se debe

reubicar el motor en un soporte adicional que se está diseñando y al cambiar el lugar del motor, el sistema de engranajes debe ser calculado nuevamente como se puede observar en la figura 12.

Figura 12

Modelo con el motor reubicado.



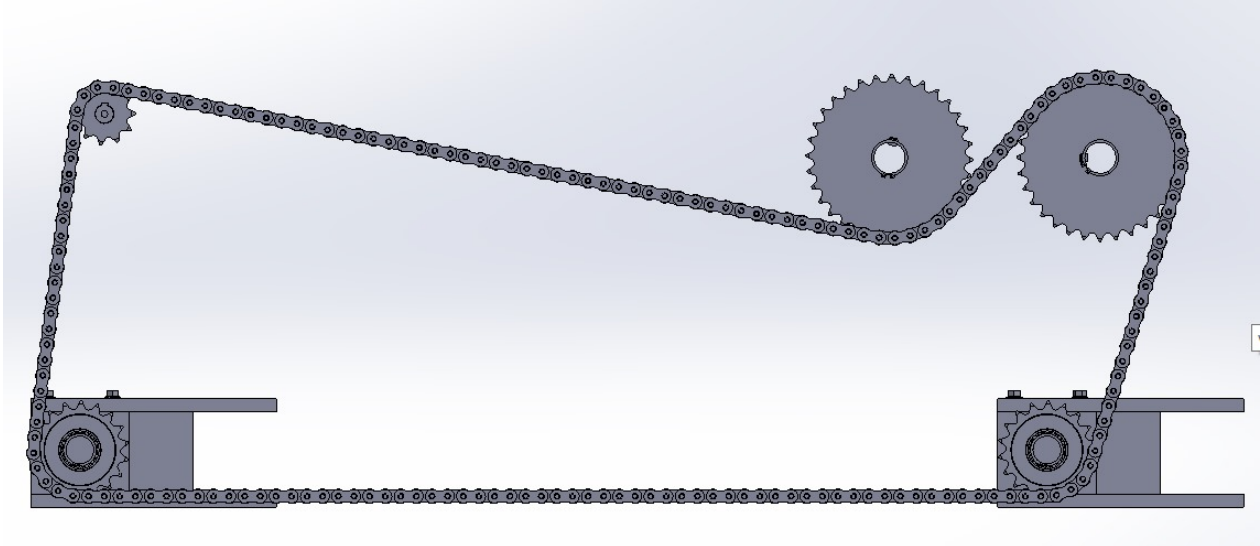
Nota: Se observa el modelo con el motor reubicado.

6.1.2.2. Descripción del nuevo sistema de piñón y cadena

En esta sección se describe el sistema de transmisión de movimiento mediante piñón y cadena mostrado en la figura 13.

Figura 13

Sistema de Piñón y Cadena.



Nota: Se muestra el nuevo sistema de piñón y cadena.

■ **Motor de Entrada y Piñón Principal**

- **Ubicación y Función:** En la esquina inferior izquierda de la figura 13, el motor de entrada es contiguo al piñón principal. Este es el primer elemento del mecanismo en el que se ejerce poder mecánico para ser transportado a lo largo de la cadena.
- **Especificaciones:** El piñón principal está diseñado para soportar el par que se aplica desde la unidad del motor. Los materiales típicos incluyen acero de alta resistencia con un tratamiento térmico para mejorar la durabilidad y resistencia ante el desgaste. (Budynas y Nisbett, 2008)

■ **Engranajes Intermedios**

- **Primer Engranaje Intermedio:**
 - **Ubicación y Función:** Este engranaje está montado en el mismo eje que el piñón principal y se encuentra en el lado inferior central del sistema. Su función es transferir la energía del piñón principal al siguiente engranaje a través de la cadena.

- **Especificaciones:** Es del mismo material que el piñón principal y diseñado con precisión para asegurar una transmisión eficiente y suave. Además, debe tener una relación de transmisión adecuada para la aplicación específica del sistema. (Budynas y Nisbett, 2008; Juvinall y Marshek, 2017)
- **Segundo Engranaje Intermedio:**
 - **Ubicación y Función:** Este engranaje se encuentra en el lado superior derecho, conectado a los engranajes grandes mediante la cadena. Su función es recibir la energía del primer engranaje intermedio y transferirla a los engranajes finales.
 - **Especificaciones:** Similar al primer engranaje intermedio, es de un material duradero y diseñado para una transmisión eficiente. La relación de transmisión entre estos engranajes y los piñones debe estar calculada para proporcionar la velocidad y torques requeridos en los engranajes finales. (Budynas y Nisbett, 2008; Juvinall y Marshek, 2017)
- **Engranajes Finales**
 - **Engranaje Derecho:**
 - **Ubicación y Función:** Este engranaje se encuentra en la parte derecha del sistema y está conectado a la cadena que viene del segundo engranaje intermedio. Su función es transmitir la energía a otro componente del sistema, posiblemente un mecanismo que realiza un trabajo específico (como una cinta transportadora o un dispositivo de procesamiento).
 - **Especificaciones:** Este engranaje es generalmente más grande para proporcionar una mayor reducción de velocidad y un aumento de torques. Los dientes del engranaje deben estar diseñados para una alta resistencia al desgaste y una operación suave. (Budynas y Nisbett, 2008)
 - **Engranaje Izquierdo:**
 - **Ubicación y Función:** Este engranaje está montado en el mismo eje que el engranaje derecho y trabaja en conjunto con él para proporcionar un equilibrio y una distribución adecuada de la carga.
 - **Especificaciones:** Similar al engranaje derecho, debe ser grande y duradero, diseñado para soportar las fuerzas y proporcionar una transmisión eficiente. (Juvinall y Marshek, 2017)

6.1.2.3. Cálculos de tensión en la cadena

Para calcular la tensión, se realiza esto para cada punto crítico de la cadena, es decir, se realiza un cálculo de tensión para cada piñón dentro del sistema de transmisión, para esto se utilizó la fórmula de la fuerza centrípeta en los piñones impulsados, teniendo en cuenta que se encuentran a una velocidad constante de 400 RPM.

$$T = m \cdot \omega^2 \cdot r \quad (1)$$

Donde, en primer lugar, realizamos una conversión de RPM a radianes por segundo (rad/s).

$$\omega = 400 \text{ RPM} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 41,89 \text{ rad/s} \quad (2)$$

Figura 14

Especificaciones de la cadena.

DN/ISO	ANSI	Pitch	Roller diameter	Width between inner plates	Pin diameter	Pin length		Inner plate depth	Plate thickness	Ultimate tensile strength	Average tensile strength	Weight per meter
DN/ISO Chain No.	ANSI Chain No.	p	d1 max	b1 min	d2 max	L max	Lc max	h2 max	T max	Q min	Q0	q
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN/bf	kN	kg/m
*03C	*15	4.7625	2.48	2.38	1.62	6.10	6.90	4.30	0.60	1.80/409	2.0	0.08
*04C-1	*25	6.3500	3.30	3.18	2.31	7.90	8.40	6.00	0.80	3.50/795	4.6	0.15
*06C-1	*35	9.5250	5.08	4.77	3.58	12.40	13.17	9.00	1.30	7.90/1795	10.8	0.33
085-1	41	12.7000	7.77	6.25	3.58	13.75	15.00	9.91	1.30	6.67/1516	12.6	0.41
08A-1	40	12.7000	7.95	7.85	3.96	16.60	17.80	12.00	1.50	14.10/3205	17.5	0.62
10A-1	50	15.8750	10.16	9.40	5.08	20.70	22.20	15.09	2.03	22.20/5045	29.4	1.02
12A-1	60	19.0500	11.91	12.57	5.94	25.90	27.70	18.00	2.42	31.80/7227	41.5	1.50
16A-1	80	25.4000	15.88	15.75	7.92	32.70	35.00	24.00	3.25	56.70/12886	69.4	2.60
20A-1	100	31.7500	19.05	18.90	9.53	40.40	44.70	30.00	4.00	88.50/20114	109.2	3.91
24A-1	120	38.1000	22.23	25.22	11.10	50.30	54.30	35.70	4.80	127.00/28864	156.3	5.62
28A-1	140	44.4500	25.40	25.22	12.70	54.40	59.00	41.00	5.60	172.40/39182	212.0	7.50
32A-1	160	50.8000	28.58	31.55	14.27	64.80	69.60	47.80	6.40	226.80/51545	278.9	10.10
36A-1	180	57.1500	35.71	35.48	17.46	72.80	78.60	53.60	7.20	280.20/63682	341.8	13.45
40A-1	200	63.5000	39.68	37.85	19.85	80.30	87.20	60.00	8.00	353.80/80409	431.6	16.15
48A-1	240	76.2000	47.63	47.35	23.81	95.50	103.00	72.39	9.50	510.30/115977	622.5	23.20

*8 bush chain: d1 in the table indicates the external diameter of the bush.

Nota: Se presenta una tabla que contiene las especificaciones detalladas de las cadenas. (Disumtec, 2023)

Se hace uso de los radios de cada piñón.

- Piñón 1: $r_1 = 0,01672\text{ m}$
- Piñón 2 y 3: $r_{(2,3)} = 0,04907\text{ m}$
- Piñón 4 y 5: $r_{(4,5)} = 0,02822\text{ m}$

La masa de la cadena se determinó a partir de la figura 14, la cual ilustra la masa por metro de cadena en kilogramos.

Para calcular la masa de la cadena utilizando la regla de tres simple, consideramos que la densidad lineal nos indica el peso por metro de longitud de la cadena.

Donde,

- Densidad lineal de la cadena: $0,62\text{ kg/m}$
- Longitud de la cadena: $1,62\text{ m}$

La masa de la cadena se calcula multiplicando su densidad lineal por su longitud total:

$$\text{Masa} = \text{Densidad lineal} \times \text{Longitud de la cadena} \quad (3)$$

$$\text{Masa} = 0,62\text{ kg/m} \times 1,62\text{ m} = 1,0044\text{ kg} \quad (4)$$

Redondeando al segundo decimal, la masa total de la cadena es aproximadamente:

$$\text{Masa} \approx 1,00\text{ kg} \quad (5)$$

Al obtener estos datos, se procede a reemplazar los datos en la ecuación 1, y se calcula.

$$T_1 = 1\text{ kg/m} \times (41,89\text{ rad/s})^2 \times 0,01672\text{ m} = 29,33\text{ N} \quad (6)$$

$$T_{2,3} = 1\text{ kg/m} \times (41,89\text{ rad/s})^2 \times 0,04908\text{ m} = 86,12\text{ N} \quad (7)$$

$$T_{4,4} = 1\text{ kg/m} \times (41,89\text{ rad/s})^2 \times 0,028222\text{ m} = 49,52\text{ N} \quad (8)$$

6.1.2.4. Cálculos de caída de la nib triturada

Según Bart-Plange y Baryeh (2003), el estudio presenta valores de coeficiente de fricción estática para diferentes materiales, incluyendo acero galvanizado, con un rango de 0,45 a 0,60. Aunque no se menciona específicamente el acero inoxidable 304, estos valores sirven como referencia.

Según Owolarafe, Ogunsina, GBADAMOSI, y FABUNMI (2007), se investigó el uso del coeficiente de fricción en la separación de la mezcla de granos de cacao y cáscaras, mencionando valores de fricción para acero inoxidable en general, con un rango de 0,20 a 0,24. No especifica acero inoxidable 304.

Según Buckley (1974), se aporta datos sobre el comportamiento de fricción del acero inoxidable 304 bajo diferentes condiciones, sin mencionar específicamente los granos de cacao.

Basado en los estudios revisados, se puede estimar que el coeficiente de fricción estática de los granos de cacao sobre acero inoxidable AISI 304 está en un rango de 0,20 a 0,60. Este rango toma en cuenta las variaciones en las condiciones experimentales y las propiedades de los materiales en contacto.

Tabla 4

Coefficiente de Fricción Estática para Granos de Cacao en Diferentes Superficies.

Material de la Superficie	Coefficiente de Fricción Estática Estimado
Metal (genérico)	0,4
Madera	0,45
Plástico	0,35
Concreto	0,5
Goma	0,6
Acero Galvanizado	0,45 - 0,60
Acero Inoxidable (genérico)	0,20 - 0,24
Acero Inoxidable AISI 304	0,20 - 0,60

Nota: La tabla presenta los valores estimados del coeficiente de fricción estática para los granos de cacao sobre diferentes superficies. (Bart-Plange y Baryeh, 2003; Buckley, 1974; Owolarafe y cols., 2007)

Para calcular el ángulo de caída necesario para que rueden los nibs de cacao, se usa un concepto del ángulo de reposo, donde, este es el ángulo en el que una superficie inclinada mantiene un material sin deslizar.

Se puede obtener de manera experimental, empleando el material adecuado en una superficie lisa, y así validando con un proceso matemático aplicando la siguiente fórmula.

$$\theta = \tan^{-1}(\mu_s) \quad (9)$$

Siendo θ el ángulo de reposo y μ_s el coeficiente de fricción estática.

Para calcular μ_s se usan los datos de la tabla 4, tomando como referencia un valor intermedio entre 0,20 y 0,60; esto para el acero inoxidable AISI 304:

$$\mu_s = 0,4 \quad (10)$$

Para un coeficiente de fricción estática de $\mu_s = 0.4$, el ángulo de reposo se calcula de la siguiente manera:

$$\theta = \tan^{-1}(0,4) \quad (11)$$

Donde:

$$\theta = \tan^{-1}(0,4) \quad (12)$$

$$\theta \approx 21,8^\circ \quad (13)$$

6.1.2.5. Rediseño de la tolva

En el diseño de una máquina descascaradora, uno de los componentes fundamentales es la tolva, está encargada de la alimentación de cacao triturado que ha salido previamente de los rodillos. La tolva original presenta ciertos puntos deficientes, esto se observa en la figura 15 el nuevo diseño de la tolva.

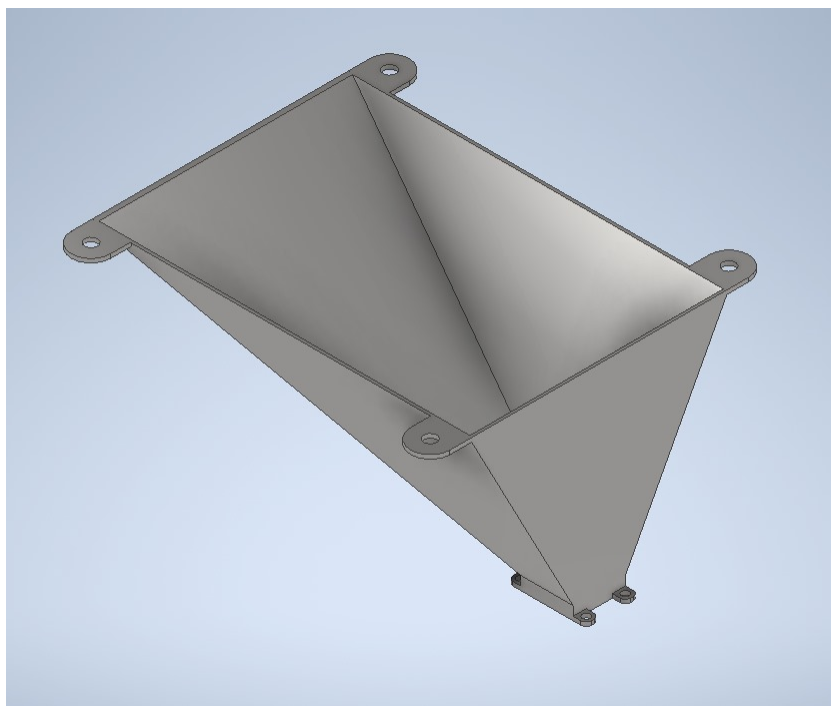
Se rediseñó la tolva para poder mejorar su capacidad de alimentación y facilitar un flujo constante de cacao triturado. La modificación más significativa en el rediseño de la tolva fue el ángulo de inclinación de la misma, mediante cálculos previamente revisados.

El nuevo ángulo de la tolva se estableció en 35° , superando por mucho a los cálculos iniciales, por lo tanto, esta decisión se tomó debido a la posible viscosidad del cacao triturado.

Las propiedades físicas del cacao permiten que presente una textura más granulada o más espesa, dependiendo del porcentaje de humedad que presenten los granos triturados y el grosor del triturado. La humedad generalmente es baja porque los granos fueron previamente tostados. Sin embargo, un triturado más fino tiende a elevar su temperatura y puede derretir en cierta medida la manteca de cacao presente en los granos, resultando en un producto más viscoso de lo esperado.

Figura 15

Rediseño de la tolva.



Nota: Se muestra el rediseño de la tolva.

6.1.2.6. Cálculos del caudal de aire y selección de soplador

Al ser el método de descascarado por soplado de aire la opción elegida, se debe calcular el caudal de aire necesario para separar la nib de la cáscara de cacao. Se consideran varios factores como la velocidad del aire y el área de salida del aire.

La velocidad del aire debe ser lo suficientemente fuerte como para arrastrar la cáscara de la nib pero sin mover la nib, y al hacer los cálculos vamos a partir de una estimación de 1 m/s.

Después revisar varios modelos de sopladoras, se determinó que una medida estándar del diámetro de salida de aire es de 51 mm.

El área de salida se calcula usando la fórmula del círculo:

$$A = \pi(d/2)^2 \quad (14)$$

Se calcula el área siendo "d" el diámetro:

$$A = \pi(0.051/2)^2 = 0.00204m^2 \quad (15)$$

El siguiente paso es calcular el caudal de aire denominado Q.

$$Q = A * V \quad (16)$$

Donde A es el área calculada anteriormente y donde V es la velocidad del aire.

$$Q = 0,00204m^2 * 1m/s = 0,00204m^3/s \quad (17)$$

Se realiza la conversión a l/m por simplicidad.

$$Q = 0,00204m^2 * 1000l/m^3 = 2,04l/s \quad (18)$$

$$Q = 2,04l/s * 60s/min = 122,4l/min \quad (19)$$

Para elegir el soplador adecuado se parte del hecho de que es necesario un caudal de 122.4 l/min y se debe tomar ciertas consideraciones:

■ Consideraciones

- **Rango de ajuste:** El soplador a elegir debe ser capaz de ajustar el caudal de aire

basándose en la necesidad y a su vez debe ser ajustado con mucha precisión. Para poder regular el caudal se debe controlar la velocidad del motor. Y para eso se considera la relación entre la velocidad del motor y el caudal del aire generado. Normalmente, los fabricantes proporcionan una curva de rendimiento o una tabla que muestra el caudal de aire en función de la velocidad del motor.

- **Estabilidad de caudal:** Al momento de trabajar con un caudal relativamente bajo, el soplador debe tener la capacidad de mantener un flujo de aire constante y estable, de no ser así afectaría a la separación de la cáscara.

Partiendo de las consideraciones y una ardua investigación, se tomó en cuenta 3 marcas de soplador que se ajustan a nuestros objetivos y estas son: Radial Blower U51DL-024KK-5, Sunon PF40281B1-000U-A99, Delta Electronics BFB1012VH. Se realizó una tabla comparativa.

Tabla 5

Comparación de Sopladores.

Característica	Radial Blower U51DL-024KK-5	Sunon PF40281B1-000U-A99	Delta Electronics BFB1012VH
Accesibilidad (20%)	4 (80%)	5 (100%)	4 (80%)
Tamaño (20%)	3 (60%)	5 (100%)	4 (80%)
Flujo de Aire (20%)	5 (100%)	2 (40%)	3 (60%)
Robustez (20%)	4 (80%)	3 (60%)	4 (80%)
Facilidad de Control (20%)	4 (80%)	4 (80%)	4 (80%)
Total	4.0 (80%)	3.8 (76%)	3.8 (76%)

Nota: La tabla presenta una comparación de ponderación entre tres sopladores diferentes basándose en accesibilidad, tamaño, flujo de aire, robustez y facilidad de control.

Para el flujo requerido que es de 122,4 l/min , el soplador Radial Blower U51DL-024KK-5 es la mejor opción debido a su capacidad para manejar flujos más altos de aire y poder ajustar la velocidad del motor. A pesar de tener un consumo energético más alto y más ruido que los otros sopladores, es la opción que proporciona de manera estable y consistente el caudal que se necesita para cumplir de manera eficiente el separado de cáscara de la nib.

Como se mencionó anteriormente, para poder alcanzar el caudal deseado, se debe regular la velocidad del motor teniendo en cuenta la relación entre el caudal y la velocidad. Para lo cual se usa los datos de la ficha técnica importantes para dicho cálculo. (Micronel, 2023)

La velocidad máxima del motor es de 45 000 RPM y el caudal máximo del soplador que es

461 *l/min*. Al establecer una relación lineal entre la velocidad y el caudal se tiene la siguiente fórmula:

$$Q = V * k \quad (20)$$

Siendo "Q" el caudal del aire (*l/min*), "V" la velocidad del motor (RPM) y "k" una constante de proporcionalidad. Usando los datos del soplador calculamos.

$$461\textit{l/min} = k * 45000\textit{RPM} \quad (21)$$

$$k = 461\textit{l/min} * 45000\textit{RPM} = 0,01024(\textit{l/min})/\textit{RPM} \quad (22)$$

El caudal necesario para un separado óptimo y eficiente es de 122,4 *l/min*. Se despejó la fórmula para encontrar la velocidad.

$$V = (122,4\textit{l/min})/(0,01024(\textit{l/min})/\textit{RPM}) \quad (23)$$

$$V = 11952,34\textit{RPM} \quad (24)$$

La velocidad del motor del soplador se debe ajustar a aproximadamente, 11952,34 **RPM** para alcanzar el caudal deseado de aire que es 122,4 *l/min*.

6.1.2.7. Cálculo de Número de Reynolds

Para poder asegurar un descascarado óptimo, la máquina debe realizar un efecto de separador ciclónico, a lo largo de la bandeja, para esto se calcula el número de Reynolds para asegurar que el fluido (aire) sea de régimen turbulento.

Para calcular el número de Reynolds (*Re*) para el aire en un tubo, se utiliza la fórmula $Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$, donde ρ representa la densidad del aire, la velocidad del aire es representado por *v*, el diámetro mojado del tubo es *D*, y μ es la viscosidad dinámica del aire.

Datos Utilizados:

Densidad del aire (ρ): 1,204 kg/m³

Viscosidad dinámica del aire (μ): $1,825 \times 10^{-5}$ Pa * s

Velocidad del aire (*v*): 62,56 m/s

Diámetro mojado del tubo (*D*): 51 mm = 0,051 m

Donde,

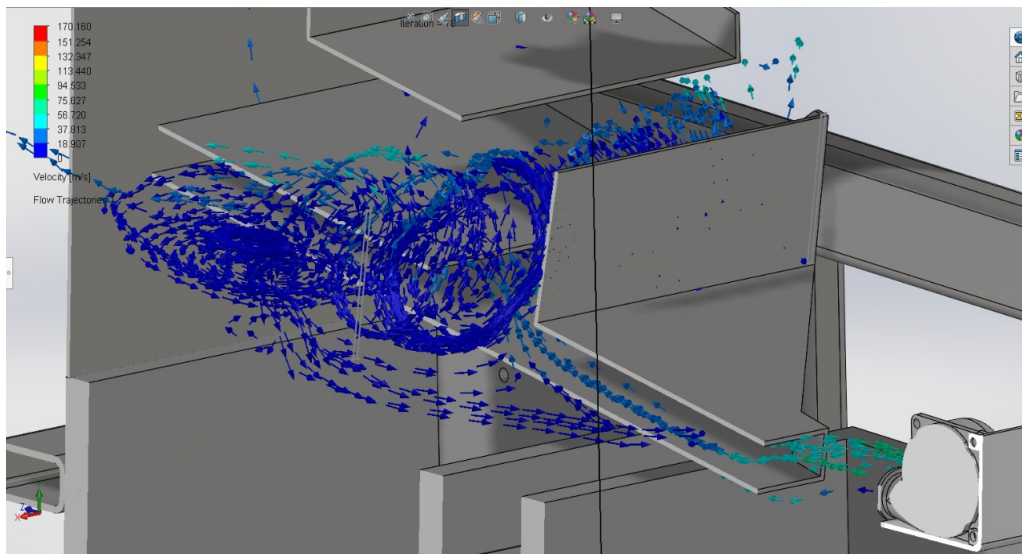
$$Re = \frac{1,204 \text{ kg/m}^3 \cdot 62,56 \text{ m/s} \cdot 0,051 \text{ m}}{1,825 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}} \quad (25)$$

$$Re = \frac{3,8426 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s})}{1,825 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 210489,5474 \quad (26)$$

El número de Reynolds calculado es aproximadamente $Re \approx 210490$. Este valor es significativamente mayor que 4000, por lo que el flujo que se encuentra a la salida es turbulento.

Figura 16

Simulación de flujo.



Nota: Se observa el flujo que toma el aire al entrar a la bandeja donde caen las nibs y la cascara de cacao.

Como se puede observar en la figura 16, el aire es capaz de formar un efecto de separador ciclónico, el cual sirve para asegurar un descascarado óptimo.

Esto quiere decir que las partículas de cascara de cacao se elevan por el flujo de aire ya que son las partículas más ligeras y las nibs de cacao van a caer hacia la bandeja por que son partículas más pesadas.

6.1.3. Diseño electrónico de la máquina descascaradora de cacao

Como punto inicial para el diseño electrónico de una máquina descascaradora de cacao, se estableció que el actuador a controlar será el motor DC del soplador Radial Blower U51DL-024KK-5; para lo cual se compara entre un PLC y un microcontrolador la mejor opción para dicho propósito.

Tabla 6

Comparación entre PLC Xinje y ESP8266.

Característica	PLC Xinje XD3-16RT-E	ESP8266
Accesibilidad (20%)	4 (80%)	4 (80%)
Tamaño (20%)	3 (60%)	5 (100%)
Robustez (20%)	5 (100%)	2 (40%)
Facilidad de Control (20%)	4 (80%)	3 (60%)
Total	4.0 (80%)	3.0 (60%)

Nota: La tabla presenta una comparación de ponderación entre un PLC y un microcontrolador basándose en accesibilidad, tamaño, robustez y facilidad de control.

Como conclusión, ambas opciones son muy viables pero enfocadas en objetivos diferentes. Mientras el ESP8266 está enfocado en una solución más económica, el PLC Xinje XD3-16RT-E está enfocado en ambientes más industriales.

Según el criterio y el análisis, la mejor opción es el PLC Xinje XD3-16RT-E por los siguientes motivos:

- El PLC posee un lenguaje y ambiente más optimizado y manejable.
- El PLC tiene una mayor robustez.
- Se considera que el precio, a pesar de ser elevado en comparación al microcontrolador, vale totalmente la pena si se lo compara con el precio en general de la máquina. Si se va a hacer una inversión de más de 2 000\$, la mejor opción es el PLC para brindar seguridad y confiabilidad para la máquina.

6.1.3.1. Selección del sensor

En el diseño y en la operación de la máquina descascaradora de cacao, los sensores poseen un papel fundamental para asegurar un uso eficiente y preciso. Los sensores son dispositivos que detectan cambios en el entorno y envían esta información a un sistema de control, dando paso a que la máquina responda acorde a las necesidades establecidas.

Se va a usar sensores infrarrojos que son los que se acoplan al ámbito alimenticio, a continuación se compara 3 marcas como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 7

Comparación de Sensores Infrarrojos.

Característica	SICK WL12-3P2431	Omron E3Z-D61	Banner Engineering Q12AB6FF50
Accesibilidad (20%)	4 (80%)	5 (100%)	4 (80%)
Tamaño (20%)	4 (80%)	5 (100%)	4 (80%)
Robustez (20%)	5 (100%)	4 (80%)	5 (100%)
Facilidad de Control (20%)	4 (80%)	4 (80%)	5 (100%)
Total	4.2 (84%)	4.6 (92%)	4.6 (92%)

Nota: La tabla presenta una comparación de ponderación entre tres sensores infrarrojos basándose en accesibilidad, tamaño, robustez y facilidad de control.

Al comparar los 3 sensores infrarrojos y obtener sus ponderaciones se llegó a la conclusión de que tanto el sensor Omron E3Z-D61 como el sensor Banner Engineering Q12AB6FF50 son las mejores opciones para nuestra máquina. Y se seleccionó el sensor Omron E3z-D61 por ser el más económico.

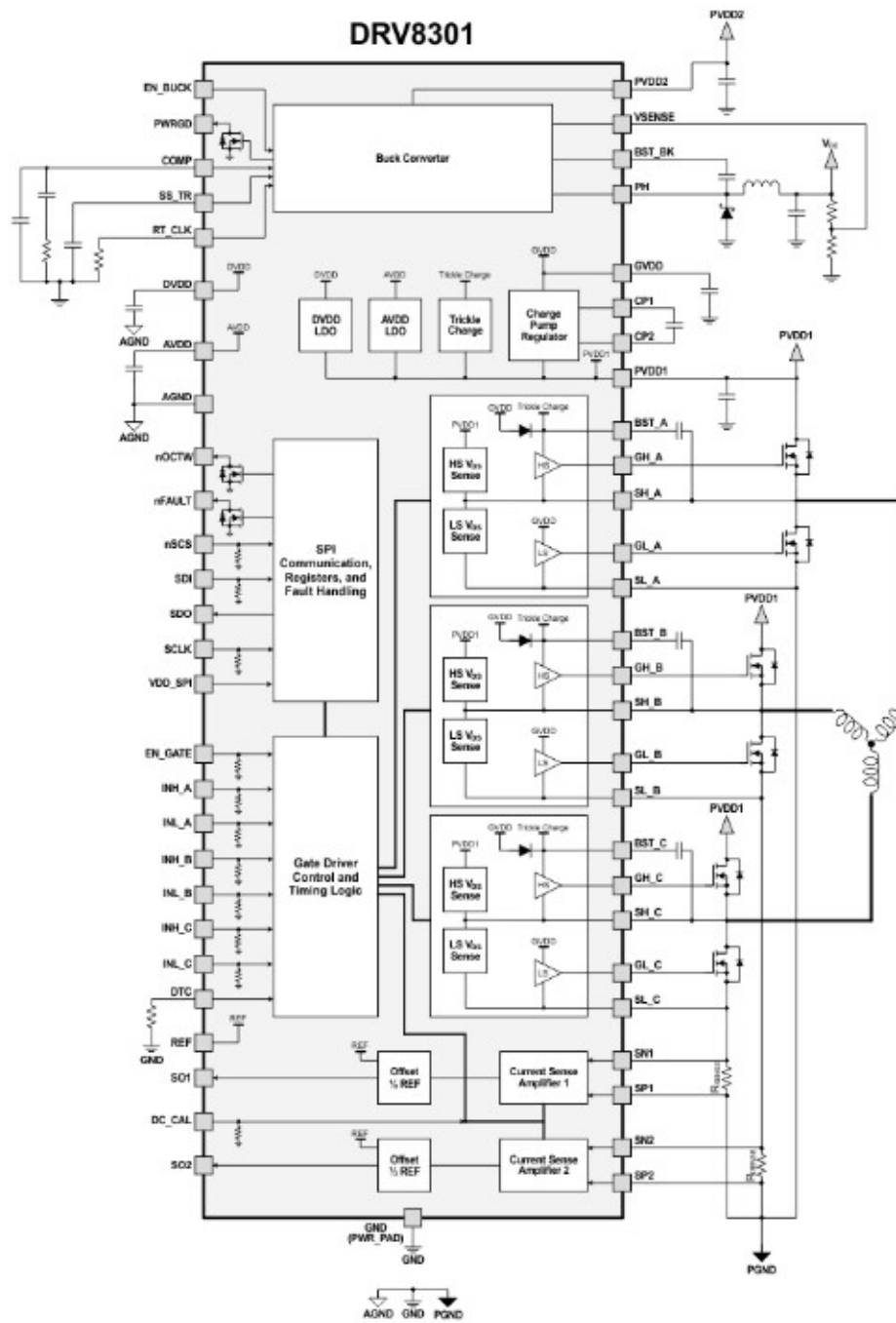
6.1.3.2. Control del motor mediante un módulo.

Los motores a controlar tanto en la parte del triturado de cacao como de la sopladora son de tipo Brushless DC, por lo cual se determinó que es necesario un módulo controlador para cada motor.

El módulo controlador que se va a usar es uno de la marca Texas Instruments y es el DRV8301, es un módulo controlador de puerta de MOSFET de 3 fases para motores BLDC. Dicho módulo posee una integración de características como un regulador BUCK para alimentación de baja tensión, protección contra sobrecorriente, subtensión y sobrecalentamiento, sensores de corriente de alta precisión e interfaces de control SPI y PWM. En la siguiente figura se puede observar el módulo DRV8301. (Texas, 2016)

Figura 17

Módulo DRV8301.



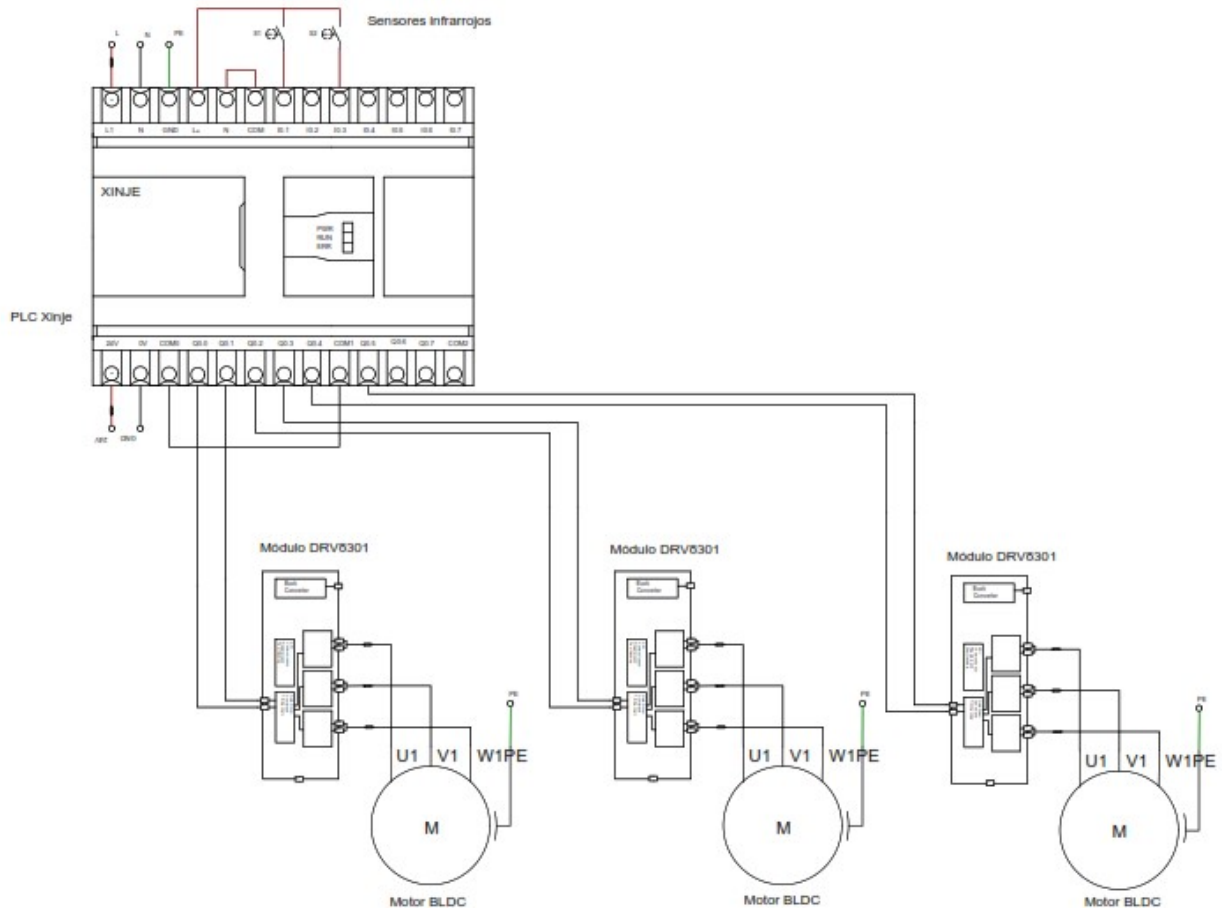
Nota: Se observa el módulo controlador. (Texas, 2016)

6.1.3.3. Circuito Eléctrico.

Es fundamental tener un circuito con todas las conexiones correspondientes a la máquina para así tener un esquema claro y preciso si en algún momento se decide construir.

Figura 18

Circuito Eléctrico.



Nota: Se observa el esquema del circuito eléctrico.

Como se puede observar en la figura 18 el esquema eléctrico abarca desde los sensores infrarrojos que están representados por S1 y S2, el PLC Xinje XD3-16RT-E, el Módulo DRV8301 y los motores BLDC.

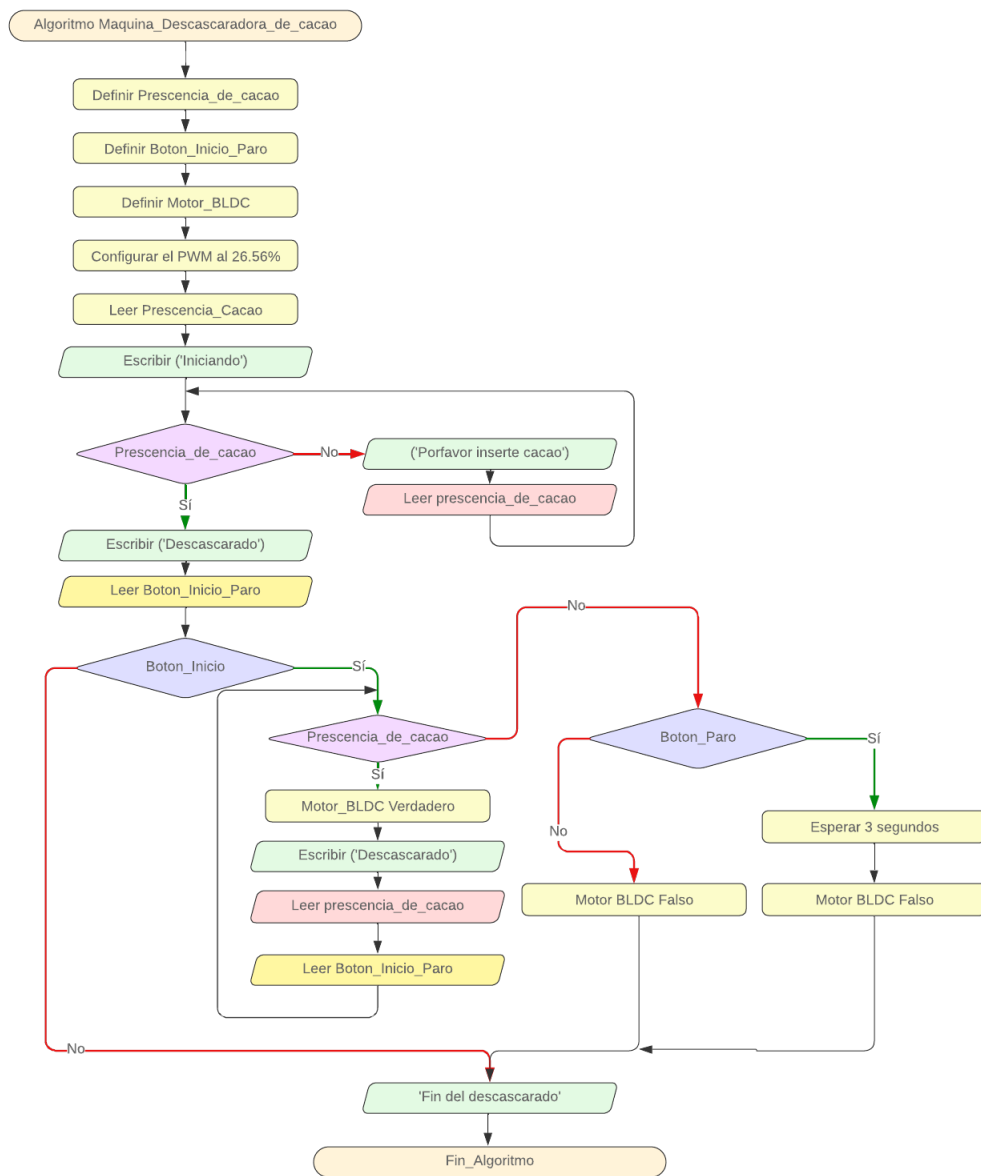
6.1.3.4. Código utilizado.

Para controlar los motores con las velocidades previamente calculadas se debe programar en

el software del PLC Xinje XD3-16RT-E.

Figura 19

Diagrama de flujo del código a implementar.



Nota: Se observa un diagrama de flujo de la programación realizada en el software del PLC Xinje XD3-16RT-E.

Lo que se observa en la figura 19 es diagrama de flujo de un código realizado para poder controlar el motor del soplador Radial Blower U51DL-024KK-5. Se configura el PWM de una de las salidas del PLC.

El cálculo previo indicó que la velocidad del motor debe ser de 11952,34 RPM para así descascarar de manera adecuada los granos de cacao; Y según la ficha técnica de la sopladora, la velocidad máxima del motor es de 45000 RPM.

Al tener estos datos se puede realizar una simple regla de 3 para determinar el porcentaje al que se debe configurar el PWM del PLC para alcanzar dicha velocidad.

$$\%PWM = \frac{11952.34 * 100}{45000} = 26.56\% \quad (27)$$

Dicho porcentaje es de 26.56%. Y la señal del sensor se encarga de prender y apagar el motor y usar el PWM configurado.

6.1.4. Análisis de costos

El análisis del costo unitario de la máquina descascaradora de cacao, como se muestra en la figura 20, tiene un costo total de 2 416,71 USD con IVA incluido. El costo se divide en costo de las partes hechas y compradas, que son aproximadamente el 61,54% y 38,25% del costo total, respectivamente.

Dentro de los componentes de fabricación, los más críticos son la estructura, los cajones y las bandejas de descarga. La estructura de la armadura, con un costo de \$241,33, tiene un porcentaje de 11,34% del costo general, ya que es el componente principal que se utiliza para soportar y montar la máquina. Los cajones de acero inoxidable, con un costo de \$137,68, tienen un porcentaje de 6,47% del costo general, ya que se utilizan para la fácil manipulación y recolección de los productos procesados. Las bandejas de caída cuestan \$99,42 y representan el 4,67% del precio total de la máquina y garantizan un transporte eficaz de los materiales a través de la máquina.

En cuanto a los elementos comprados, los motores de corriente continua y los autómatas programables son los artículos más importantes. Con un costo total de \$252,14, los motores representan el 11,85% del costo total y proporcionan la energía necesaria para el procesamiento del cacao. El PLC, con un costo de \$125,00, representa el 5,88% del costo total de la máquina,

es indispensable para la automatización y el control preciso de las operaciones. Además, el soplador, que cuesta \$150,00 y es el 7,06% del precio total, es esencial para limpiar y separar las cáscaras de cacao.

Figura 20

Resumen del Análisis de costos unitarios.

**COSTOS UNITARIOS DE LA MAQUINA TRITURADORA Y
DESCASCARADORA DE CACAO**

Ubicación: CUENCA
Fecha: 18/07/2024

RESUMEN DEL PRESUPUESTO				
Ítem	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	P.Total
1	Estructura	1	\$ 241,33	\$ 241,33
2	Trituradora	1	\$ 1.103,26	\$ 1.103,16
3	Descascaradora	1	\$ 757,00	\$ 757,00
SUBTOTAL				\$ 2.101,49
IVA				\$ 315,22
TOTAL				\$ 2.416,71

Nota: Se observa una tabla resumen del costo de la máquina separadora de granos de cacao.

7. Resultados

7.1. Parámetros iniciales establecidos para el diseño de una máquina separadora de cáscara de granos de cacao.

El análisis detallado del diseño de una máquina descascaradora de granos de cacao para la empresa ChocoTICs revela importantes consideraciones y parámetros para optimizar el proceso de producción. La necesidad de producir 10 kg/h de cacao descascarado con tamaño de partícula entre 4 mm y 12 mm es fundamental para la calidad del producto final. Se describe la importancia de tener en cuenta las características físicas del cacao, como el tamaño

de partícula, el peso de 124 g en 100 granos de cacao, y la humedad, que debe ser del 6%, así como las diferencias en función del origen geográfico y el proceso de fermentación, que afectan a la calidad final de los nibs de cacao. Se analizan cuatro métodos de descascarillado: de tambor, de rodillo, de disco y por soplado de aire, destacando sus ventajas e inconvenientes y los aspectos económicos.

El análisis comparativo de la tabla 2 muestra que el método de soplado de aire es el más eficiente y rentable, con un 76% en comparación con los demás métodos, ya que minimiza el desperdicio de granos y ofrece mayor homogeneidad y menores costes de mantenimiento. Se recomienda este método porque preserva la integridad del grano y permite una separación eficaz sin contacto físico. Además, se especifican las características técnicas de la máquina requerida por ChocoTICs, incluyendo dimensiones, materiales y capacidad de producción, garantizando un diseño que cumpla los requisitos de producción y las normas de seguridad alimentaria.

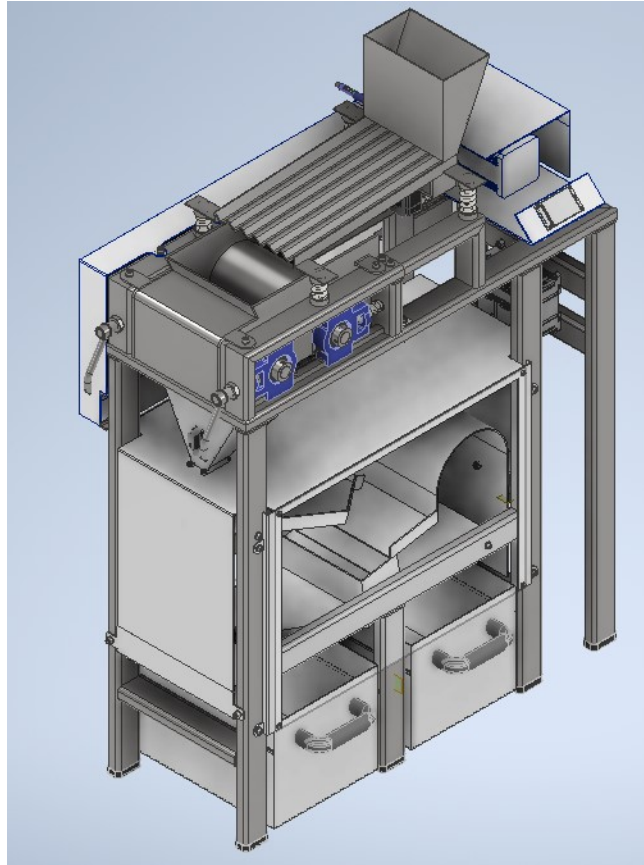
7.2. Diseño mecatrónico de la máquina separadora de cáscara de granos de cacao.

El diseño mecánico y electrónico de la máquina descascaradora de cacao presenta una integración optimizada que asegura un gran rendimiento de procesamiento. Como se observa en la figura 21, el diseño de la máquina descascaradora de granos de cacao ha sido enormemente mejorado para adaptarse a un sistema de descascarado capaz de producir 10 kg/h. Al reajustar el sistema de engranajes y transfiriendo el motor, hay una reutilización adecuada de los recursos.

La sección electrónica de integración trata sobre la selección de hardware robusto y una programación adecuada del PLC Xinje XD3-16RT-E. El motivo de elegir este PLC por encima de un ESP8266, es que es más robusto y tiene una interfaz de programación amigable para que pueda usarse en un entorno industrial a pesar de su alto precio, además de tener una mayor vida útil. La regulación de la velocidad del motor del soplador para proporcionar un caudal de aire deseado de 122,4 l/min, es la mejor prueba de la integración de hardware y software. También se controla rigurosamente a través de un sensor infrarrojo para una detección oportuna y precisa, de modo que en caso de cualquier desviación, se pueda actuar de inmediato y mantener el máximo nivel de eficiencia.

Figura 21

Diseño final de la máquina separadora de granos de cacao.

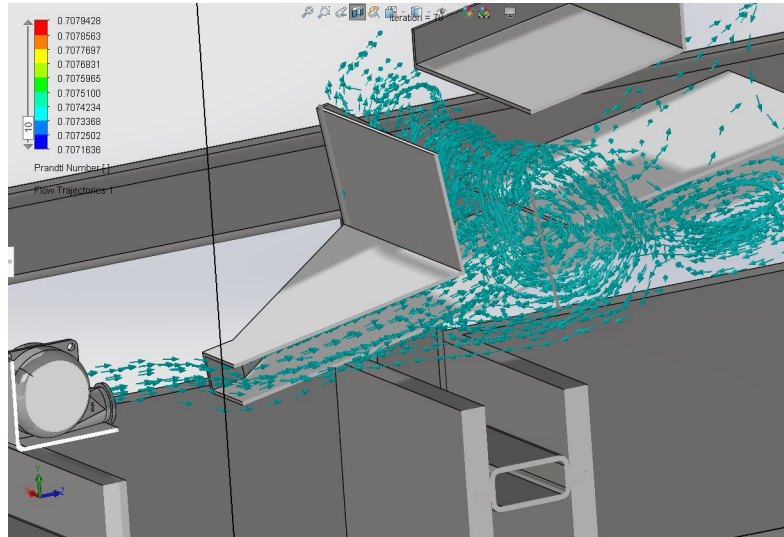


Nota: Se puede apreciar el diseño final empleado.

Se ha mejorado el proceso de descascarar con aire debido a la medición precisa del consumo de aire. El soplador radial U51DL-024KK-5 es seleccionado por su comportamiento robusto a altos flujos de aire con regulación, aunque el ruido y el consumo de energía son un poco más altos. El flujo de aire debe ser turbulento para que la cáscara se pueda separar de las nibs de cacao sin arrastrarlas, y el cálculo de la estimación del número de Reynolds, el cual es de 210 490, el cual es significativamente mayor a 4 000, permite que el flujo de aire sea de naturaleza turbulenta, que es deseable en la descascaradora.

Figura 22

Simulación de flujo turbulento.



Nota: Simulación de flujo turbulento del aire.

7.3. Análisis de costos unitarios para una futura implementación de la máquina separadora de granos de cacao

El análisis del coste unitario de la máquina para moler y pelar cacao muestra que el coste total asciende a 2 416,71 \$, IVA incluido. Este importe se reparte entre el coste de las piezas fabricadas y el de las piezas compradas, que representan respectivamente el 61,54% y el 38,25% del coste total. De las piezas fabricadas, la estructura, las cajas y los contenedores de recogida son las más importantes. La estructura, con un coste de 241,33 \$, representa el 11,34% del coste total y es crucial para la estabilidad y el soporte de la máquina. Los cajones, de acero inoxidable, cuestan 137,68 \$, es decir, el 6,47% del coste total, y son esenciales para la recogida y manipulación de los productos procesados. Las bandejas de recogida, con un coste de 99,42 \$ (4,67%), garantizan un transporte eficaz del material a través de la máquina y contribuyen significativamente a la funcionalidad del equipo.

Entre los artículos adquiridos, los motores de corriente continua y el PLC destacan por su impacto en el coste total. Los motores, con un coste total de 252,14 \$, representan el 11,85% del coste total y proporcionan la potencia necesaria para procesar el cacao. El PLC,

con un coste de 125,00 \$ (5,88%), es esencial para la automatización y el control preciso de las operaciones de la máquina. Además, el soplador, con un coste de 150,00 \$ (7,06%), es esencial para limpiar y separar las cáscaras de cacao, mejorando así la eficacia del proceso. En conjunto, estos componentes, aunque costosos, son inversiones clave que aseguran la calidad y efectividad del proceso de trituración y descascarado del cacao, justificando plenamente su inclusión en el diseño de la máquina.

8. Cronograma y actividades

Tabla 8

Cronograma de actividades.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																										
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6				HORAS
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Establecer los parámetros iniciales para el diseño de una máquina separadora de cascara de granos de cacao con capacidad de producción de 10 kg.	Establecer las dimensiones de la maquina separadora de cáscara de granos de cacao.	X	X	X																						8
	Establecer el tipo de descascarado del cacao.			X	X																					6
	Identificar los tipos de elementos que tendrá la máquina.					X	X	X																		8
Desarrollar un diseño para una máquina separadora de cáscara de granos de cacao que permita procesar 10 kg. de cacao.	Elaboración del diseño mecánico.					X	X	X	X	X	X	X	X													38
	Elaboración del diseño electrónico.									X	X	X	X	X	X											35
	Revisión de los diseños elaborados.													X	X	X	X									25
	Depuración de los diseños elaborados.														X	X	X	X								20
	Simulación mediante software del sistema mecánico.															X	X	X	X							20
	Simulación mediante software del sistema electrónico.																		X	X	X	X				20
Realizar un análisis de costos unitarios para la implementación integral de la máquina separadora de cáscara de granos de cacao con capacidad de producción de 10 kg.	Análisis de costo de materiales a utilizar.																						X	X	4	
	Análisis de costo de implementación del diseño a proponer.																						X	X	4	
	Comparar el costo de la implementación del diseño propuesto con el costo de una máquina separadora de cascara de granos de cacao ya existente.																						X	X	2	
	Redacción de documento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	35
Total de horas empleadas																							240			

Nota: La tabla presenta las actividades para cumplir con los objetivos planteados.

9. Conclusiones

En Ecuador la industria chocolatera es un sector económico precoz en términos tecnológicos y de automatización, en respuesta a esta imperante necesidad se optó por la creación de una máquina descascaradora de granos de cacao con una capacidad de producción de 10 kg/h, optimizando el proceso de producción de chocolate para ChocoTICs con una optimización de tiempo, mano de obra, dinero y recursos. Se determinaron y documentaron los parámetros físicos del cacao necesarios para el diseño eficiente de la máquina, como el tamaño de las partículas (4 - 12 mm), el peso por 100 granos de cacao (124 g) y el contenido de humedad (6%). Estos parámetros se utilizan para configurar el equipo y garantizar su eficiencia y precisión durante el descascarado.

Se desarrolló un diseño mecatrónico integral que incluyó un análisis detallado de diferentes métodos de separación como el separado por discos, rodillos, por tambor y por soplado y se eligió el método de soplado de aire debido a su alta eficiencia que es superior al resto de métodos y su bajo costo inicial; la estructura de este diseño presenta una tolva que sirve para distribuir los granos de cacao de una manera uniforme, una cadena y un sistema de engranajes de nuevo diseño que son los encargados de la transmisión del movimiento desde el motor BLDC hacía los rodillos de triturado de cacao. Además, se eligió materiales capaces de entrar en contacto con los alimentos y que cumplen normativas sanitarias como el acero inoxidable AISI 304 para garantizar la durabilidad y seguridad alimentaria del equipo.

Para controlar todo el sistema de triturado y descascarado se optó por retirar el microcontrolador ESP8266 y en su lugar usar un PLC Xinjie XD3-16RT-E, que a pesar de ser más costoso, la robustez y versatilidad que posee el PLC compensa el gasto; este fue equipado con un módulo DRV8301 que es capaz de controlar un motor BLDC para recibir señales que controlar de la presencia de los granos de cacao se usó sensores infrarrojos, para garantizar un funcionamiento preciso y automatizado del equipo.

Al ser una máquina que está enfocada en la industria ecuatoriana y para competir con maquinaria extranjera se realizó un análisis de costos detallado, teniendo en cuenta los componentes fabricados como puede ser la estructura metálica, cada parte de la estructura paso por diferentes técnicas de manufactura como doblado, cortado y soldado según corresponde y también teniendo en cuenta los elementos comprados como los motores BLDC, el PLC Xinjie XD3-16RT-E, el módulo DRV8301, y sensores, el costo total fue de \$2 416,71. Siendo este el

valor que la empresa debe asumir para implementar esta máquina, que es un valor admisible para la industria ecuatoriana.

10. Recomendaciones

En medio del trabajo de titulación, se encontraron distintos apartados en donde mejorar. En este apartado se mencionarán distintas recomendaciones en donde trabajar en futuros proyectos o investigaciones.

Incorporar tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) para la supervisión y control remoto de la máquina. Esto puede incluir la integración con sistemas de gestión de producción que permitan una mayor eficiencia y una respuesta rápida a problemas operativos.

Capacidad de expansión, permitir futuras actualizaciones y adiciones de módulos o componentes que puedan aumentar la capacidad de producción o introducir nuevas funcionalidades sin requerir una reconstrucción completa.

Una vez finalizado el diseño de los diferentes procesos como son el tostado, triturado y descascarado del cacao, se recomienda la implementación y construcción de los mismos con el fin de verificar si dichos diseños cumplen con todo lo previsto.

Referencias

- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., y Ryan, A. (2008). Flavor formation and character in cocoa and chocolate: a critical review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48(9), 840–857.
- Andrade, J. A., Rivera García, J., Chire Fajardo, G. C., y Ureña Peralta, M. O. (2019, Dec). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (theobroma cacao l.) de ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, 10(4), 1–12. doi: 10.29019/enfoque.v10n4.462
- Anga, J.-M., y Cortellini, A. (2016). El cacao: tecnología de producción, transformación y comercio.
- Balcázar Díaz, M. E., y Guamba Díaz, J. P. (2009). *Diseño de un triturador de cacao* (B.S. thesis). QUITO/EPN/2009.
- Bart-Plange, A., y Baryeh, E. A. (2003). The physical properties of category b cocoa beans. *Journal of food engineering*, 60(3), 219–227.
- Beckett, S. T. (2009, 2). Industrial chocolate manufacture and use: Fourth edition. *Industrial Chocolate Manufacture and Use: Fourth Edition*, 1-688. Descargado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781444301588> doi: 10.1002/9781444301588
- Bolton, W. (2017). *Mecatrónica*. Alpha Editorial.
- Buckley, D. H. (1974). *Friction behavior of 304 stainless steel of varying hardness lubricated with benzene and some benzyl structures* (Inf. Téc.).
- Budynas, R., y Nisbett, J. K. (2008). *Elementos de máquinas de shigley* (10th ed.). McGraw-Hill.
- Carangui Cuesta, J. F. (2024, February 1). *Diseño de una máquina trituradora de cascara de cacao en la empresa chocotics*. Descargado de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26988> (Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: Página de inicio)
- CASSAVA, M. (2009). *Cassava peeler cassava peeler cassava machine products*. http://www.tagrm.com.cn/en/product_view249213.html.
- Cocoatown. (2019). *Cocoat power cracker — cocoatown — cocoatown*. https://cocoatown.com/collections/menu-collection/products/cocoat-power-cracker?_pos=2&id=0ba370165&_ss=r.
- Disumtec. (2023). *Cadena de rodillos*. Descargado 2023-08-01, de <https://www.disumtec.com/es/pinones-y-cadenas/3800000400-cadena-de-rodillos-12.html> (Accedido el 1 de agosto de 2023)

- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M. I., y Weigend, M. (2012). *Hoja botánica: Cacao*. Ministerio del Ambiente.
- Escobar, R., Arestegui, M., Moreno, A., y Sanchez, L. (2013). *Catalogo de maquinaria para procesamiento de cacao*. Ilata SAC.
- Fotma, H. M. C. (2017). *Rodillo de goma auto descascaradora de paddy mlgt*. https://es.made-in-china.com/co_fotmaricemill/product_Rubber - Roller - Auto - Paddy - Husker - MLGT - Series -_h_yugrhnin.html.
- Google. (2022). *Ubicacion de realizacion del proyecto*.
- Guerrero H, G. (2014, Jun). *El cacao ecuatoriano su historia empezó antes del siglo xv*.
- Gómez Sánchez, M., y Ortega Hernández, J. M. (2014). Cacao: tecnología de obtención y transformación del cacao en productos industriales.
- ICCO, I. (2020). *Quarterly bulletin of cocoa statistics*. International Cocoa Organization.
- Juinall, R. C., y Marshek, K. M. (2017). *Fundamentals of machine component design* (6th ed.). John Wiley & Sons.
- López, E. (2018, 3). Chocolates finos nacionales cofina s.a. codigo: Eac-005 aseguramiento de calidad especificacion de producto terminado.
- Madrid, A. (2012). Maquinaria y equipo para la industria alimentaria.
- Micronel. (2023). *Specification u51dl-024kk-5 - micronel - catálogo pdf | documentación técnica | brochure*. Descargado de <https://pdf.directindustry.es/pdf-en/micronel/specification-u51dl-024kk-5/21056-1058666.html#open398571>
- MinisterioDeAgricultura. (2019). *En quito se celebra el día mundial del cacao - ministerio de agricultura y ganadería*. <https://www.agricultura.gob.ec/en-quito-se-celebra-el-dia-mundial-del-cacao/>.
- NQA. (2023). *Guía sobre la norma iso 22000*. Descargado de <https://www.nqa.com/es-es/resources/blog/february-2019/guide-to-iso-22000>
- Owolarafe, O., Ogunsina, B., GBADAMOSI, A., y FABUNMI, O. (2007, 10). Application of coefficient of friction to the separation of cocoa husk-beans mixture. *Journal of Food Process Engineering*, 30, 584 - 592. doi: 10.1111/j.1745-4530.2007.00124.x
- Porras, J. P. A. (2019). Prototipo de diseño de maquina descascaradora de cacao. *Universidad Continental*. Descargado de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/6093>
- Ríos Sevilla, D. F. (2015). *Descripción de la diversidad entomológica asociada a la flor de theobroma cacao* (B.S. thesis). PUCE.
- Sevilla, J. (2007). La elaboración del chocolate, una técnica dulce y ecológica. *Técnica industrial*, 268, 47.

Silk, R. M. (2020). *Descascarador de discos*. <https://spanish.alibaba.com/product-detail/price-of-cottonseed-disc-huller-sheller-60527873366.html>.

Texas, I. (2016). *Drv8301 data sheet, product information and support | ti.com*.

Descargado de <https://www.ti.com/product/DRV8301?bm-verify=AAQAAAAJ>

_____yHU9kL321xvJ2Jxg0GErWBhQYnRJJKszW-1runJkOaRuWp6tDph1BsM1M7P

_S9mHqw9m79I8htMZB09qdiRG1j0Au4pnaFh8Euhu0IPyBAkU0Ts6sI7bEv1tPGPLr07JLN9HFY8Hen15E11

-k52Gc73t5LmV-sdBNU0_dC2t1rdYAGGIH6C523UdbWjrJ96DajB30cMBkGfpyx7BoDPXWNzV4qy

-zNFqZf5juWRLQyon9I6v70FMpYFoRc45cFJI

Toapanta Chancusig, R. F., y Rosero Laguna, A. M. (2008). *Diseño de una máquina separadora de la semilla del cacao* (B.S. thesis). QUITO/EPN/2008.

ANEXOS

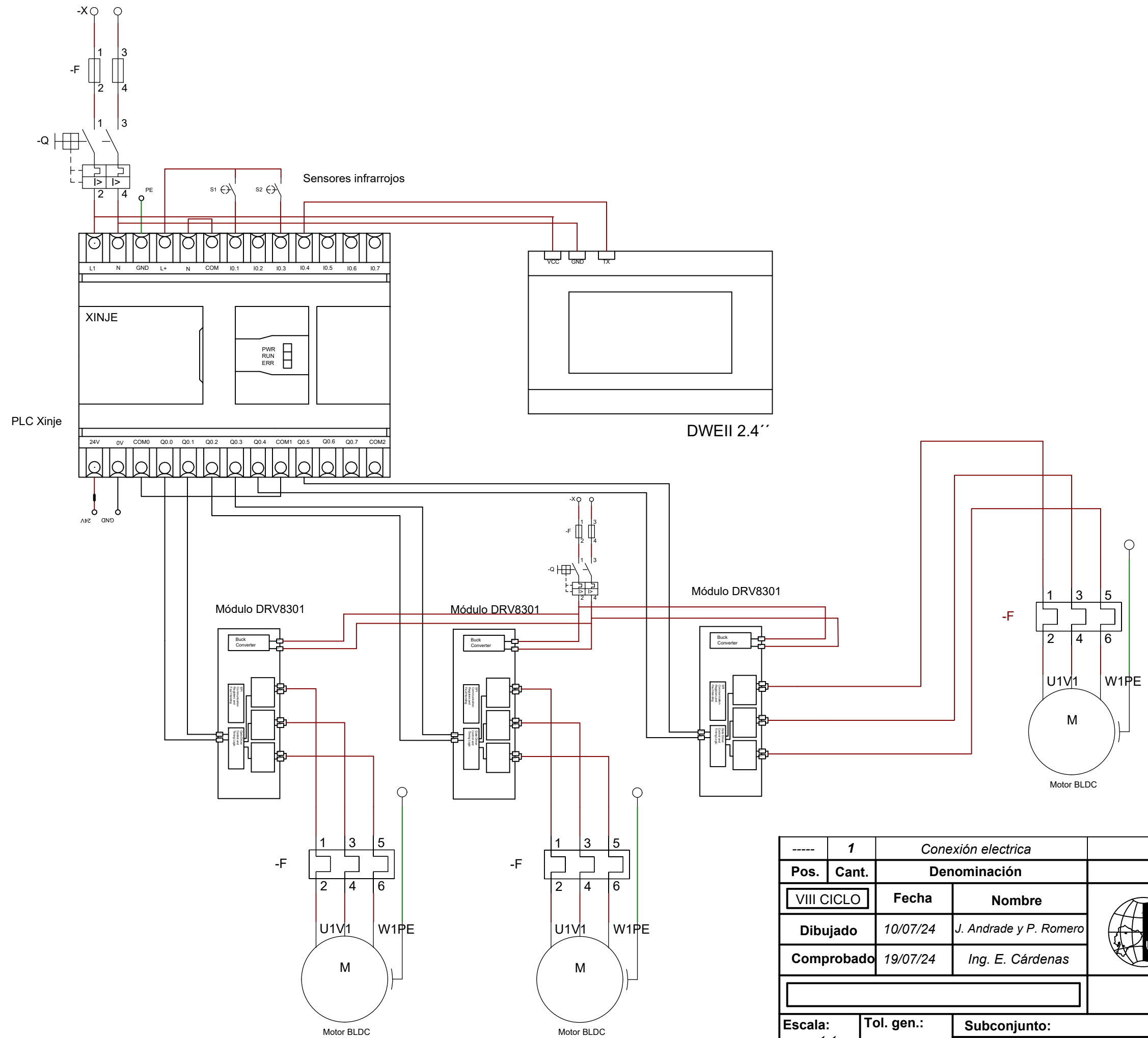
Anexo A: Matriz de Consistencia Lógica

Tabla 9

Matriz de consistencia.

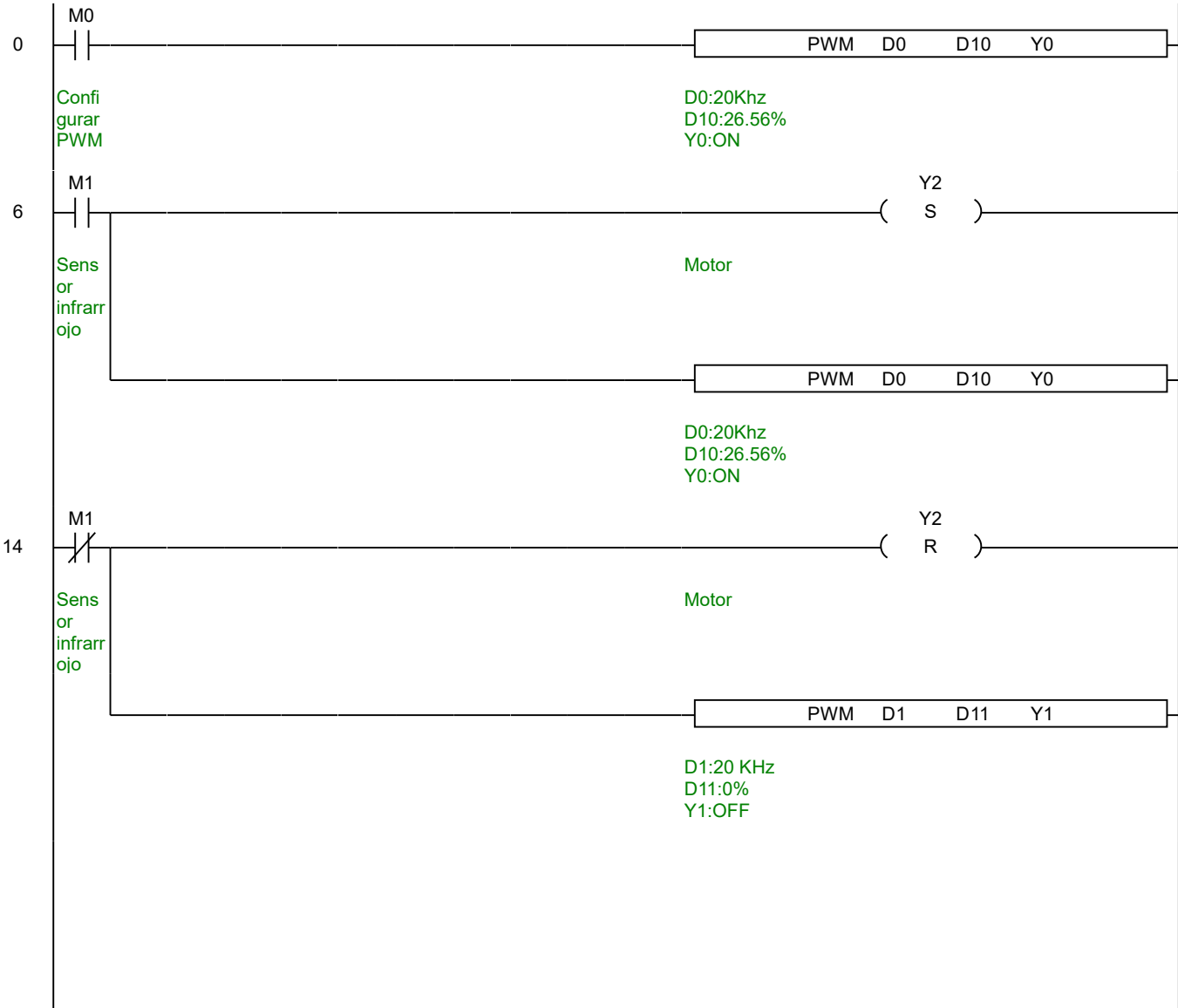
MATRIZ DE CONSISTENCIA				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
¿Qué diseño es idóneo para una máquina separadora de cáscara de granos de cacao con capacidad de producción de 10 kg?	Diseñar una máquina separadora de cáscara de granos de cacao con capacidad de producción de 10 kg.	El diseño de la maquina permitirá separar la cáscara de los granos de cacao para una capacidad de producción de 10 kg.		Proceso de descascara-do de cacao.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
¿Es posible establecer los parámetros iniciales para el diseño de una máquina separadora de cáscara de granos de cacao con capacidad de producción de 10 kg?	Establecer los parámetros iniciales para el diseño de una maquina separadora de cáscara de granos de cacao con capacidad de producción de 10 kg.	Se establecerán los parámetros iniciales para el diseño de una máquina separadora de cáscara de granos de cacao con capacidad de producción de 10 kg.	-VI: Parámetros iniciales. -VD: Diseño	Análisis mecánico y electrónico.
¿Es factible desarrollar un diseño para una máquina separadora de cáscara de granos de cacao que permita procesar 10 kg. de cacao?	Desarrollar un diseño para una máquina separadora de cáscara de granos de cacao que permita procesar 10 kg. de cacao.	Se desarrollará el diseño para una máquina separadora de cáscara de granos de cacao que procese 10 kg. de cacao.	-VI: Parámetros iniciales. -VD: Diseño	Diseño mecánico y electrónico.
¿Se podrá realizar un análisis de costos unitarios para la implementación integral de la máquina separadora de cáscara de granos de cacao con capacidad de producción de 10 kg?	Realizar un análisis de costos unitarios para la implementación integral de la máquina separadora de cáscara de granos de cacao con capacidad de producción de 10 kg.	Se realizará un análisis de costos unitarios para la implementación integral de la máquina separadora de cáscara de granos de cacao con capacidad de producción de 10 kg.	-VI: Parámetros iniciales. -VD: Diseño	Revisión de costos.

Anexo 2

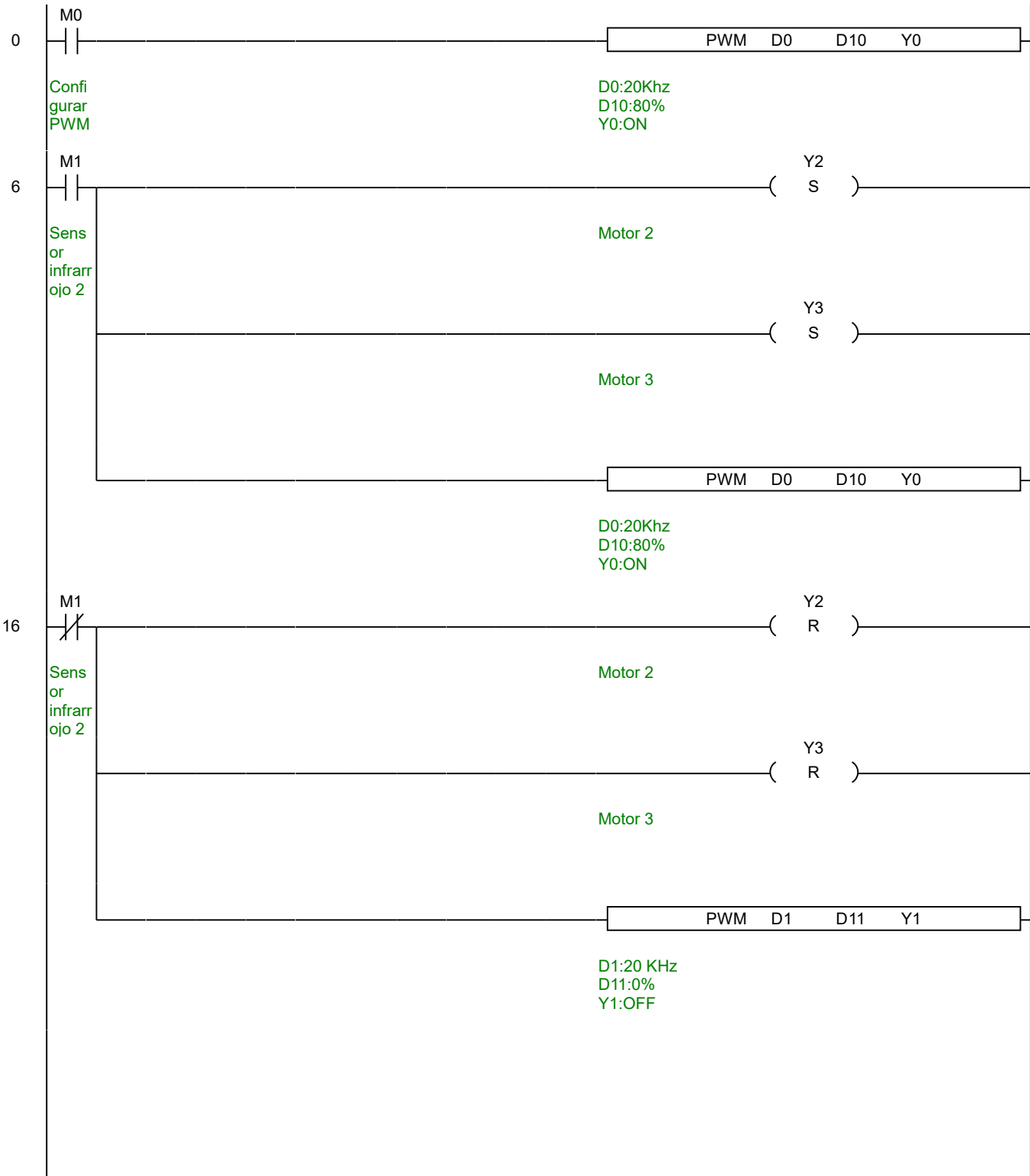


-----	1	<i>Conexión electrica</i>		-----
Pos.	Cant.	Denominación		Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre		<p>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA</p> <p>INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica</p>
Dibujado	10/07/24	J. Andrade y P. Romero		
Comprobado	19/07/24	Ing. E. Cárdenas		
Escala:		Tol. gen.:	Subconjunto:	
1:1				
Lámina: CAV 01		Maquina descascaradora de cacao		

PLC1



PLC1



Anexo 3

Análisis de Precios Unitarios

Código:
Descrip.: Soporte de motor
Unidad:

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	18,00000	1,00	1,00000	18,00	66,14%
	Dobladora	Doblez	2,00000	7,00	1,00000	14,00	4,37%
	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal de Equipo:						32,00	70,50%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total	%	
	Placa de acero estructural	m2	0,06293	190,00	3,92		
	-	-	-	-	-		
Subtotal de Materiales:						3,92	0,00%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	-	-	-	-	-	-	
Subtotal de Mano de Obra:						-	-

Costo Directo Total: 35,92

COSTOS INDIRECTOS	
20 %	7,18
.....	43,10

Análisis de Precios Unitarios

Código:
Descrip.: Cobertura grande
Unidad:

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	18,00000	1,00	1,00000	18,00	66,14%
	Dobladora	Doblez	4,00000	7,00	1,00000	28,00	4,37%
	Soldadora	Hora	1,00000	12,00	1,00	6,00	-
Subtotal de Equipo:						52,00	70,50%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Placa de acero estructural	m2	0,41728	160,00		30,54	
	Plasma	-	-	-		-	
Subtotal de Materiales:						30,54	0,00%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Soldador	Hora	1,00	6,00	1,00000	6,00	-
Subtotal de Mano de Obra:						6,00	-

Costo Directo Total: 88,54

COSTOS INDIRECTOS

20 % 17,71

106,25

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Tapa

Unidad:

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	9,00000	1,00	1,00000	9,00	66,14%
	Dobladora	Doblez	8,00000	7,00	1,00000	56,00	4,37%
	Soldador	Hora	1,00000	0,50	1,00	3,00	-
Subtotal de Equipo:						68,00	70,50%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total	%	
	Placa de acero estructural	m2	0,22107	160,00	29,57		
	Plasma	-	-	-	-		
Subtotal de Materiales:						29,57	0,00%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	0,5000	6,00	1,00000	3,00	-	
Subtotal de Mano de Obra:					3,00	-	

Costo Directo Total: 100,57

COSTOS INDIRECTOS

20 % 20,11

.....	120,68
--------------	---------------

Análisis de Precios Unitarios

Código:
Descrip.: Cajón
Unidad:

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	4,00000	1,00	1,00000	4,00	66,14%
	Dobladora	Doblez	4,00000	7,00	1,00000	28,00	4,37%
	Soldador	Hora	1,00000	0,50	1,00	3,00	-
Subtotal de Equipo:						35,00	70,50%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total	%	
	Placa de acero estructural	m2	0,06293	160,00	19,45		
	Plasma	-	-	-	-		
Subtotal de Materiales:						19,45	0,00%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	0,50	12,00	1,00000	3,00	-	
Subtotal de Mano de Obra:						-	-

Costo Directo Total: 57,45

COSTOS INDIRECTOS		11,49
	20 %	

	68,94
--	--------------

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.:

Soporte del soplador

Unidad:

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	12,00000	1,00	1,00000	12,00	66,14%
	Dobladora	Doblez	1,00000	7,00	1,00000	7,00	4,37%
	Soldadora	Hora	1,00000	6,00	1,00000	6,00	-
Subtotal de Equipo:						25,00	70,50%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total	%	
	Placa de acero estructural	m2	0,03460	160,00	1,60		
	Plasma	-	-	-	-		
Subtotal de Materiales:						1,60	0,00%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	1,00	6,00	1,00000	6,00	-	
Subtotal de Mano de Obra:						-	-

Costo Directo Total:

32,60

COSTOS INDIRECTOS

20 %

6,52

39,12

Análisis de Precios Unitarios

Código:
Descrip.: Bandejas de caída
Unidad:

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	2,00000	1,00	1,00000	2,00	66,14%
	Dobladora	Doblez	3,00000	7,00	1,00000	21,00	4,37%
	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal de Equipo:						23,00	70,50%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total	%	
	Placa de acero estructural	m2	0,99680	160,00	4,62		
	Plasma	-	-	-	-		
Subtotal de Materiales:						4,62	0,00%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	-	-	-	-	-	-	
Subtotal de Mano de Obra:						-	-

Costo Directo Total: 27,62

COSTOS INDIRECTOS	20 %	5,52
--------------------------	------	------

.....	33,14
-------	--------------

12.1. Anexo A

- InterPro -

Análisis de Precios Unitarios

Código:
 Descripción: Tolva
 Cantidad 1

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	10.00000	\$ 1.00	1.00000	\$ 10.00	41.86%
	Dobladora	Doblez	1.00000	\$ 1.00	1.00000	\$ 1.00	4.19%
	Soldadora	Hora	0.25000	\$ 3.50	1.00000	\$ 0.88	3.66%
Subtotal de Equipo:						\$ 11.88	49.71%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.077	\$ 118.40	1.00000	\$ 9.13	38.21%
	Electrodo	-	4.000	\$ 0.28	1.00000	\$ 1.13	4.75%
Subtotal de Materiales:						\$ 10.26	42.96%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	0.25000	\$ 7.00	1.00000	\$ 1.75	7.33%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 1.75	7.33%

Costo Directo Total: \$ 23.89

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 4.78

Precio Unitario Total	\$ 28.67
------------------------------------	-----------------

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Tolva

Cantidad 1

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	10.00000	\$ 1.00	1.00000	\$ 10.00	41.86%
	Dobladora	Doblez	1.00000	\$ 1.00	1.00000	\$ 1.00	4.19%
	Soldadora	Hora	0.25000	\$ 3.50	1.00000	\$ 0.88	3.66%
Subtotal de Equipo:						\$ 11.88	49.71%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.077	\$ 118.40	1.00000	\$ 9.13	38.21%
	Electrodo	-	4.000	\$ 0.28	1.00000	\$ 1.13	4.75%
Subtotal de Materiales:						\$ 10.26	42.96%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	0.25000	\$ 7.00	1.00000	\$ 1.75	7.33%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 1.75	7.33%

Costo Directo Total: \$ 23.89

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 4.78

Precio Unitario Total	\$ 28.67
------------------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Grupo coberturas

Cantidad 1

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	37.00000	\$ 1.00	1.00	\$ 37.00	63.22%
	Dobladora	Doblez	2.00000	\$ 1.00	1.00	\$ 2.00	3.42%
	Soldadora	Hora	0.25000	\$ 3.50	1.00	\$ 0.88	1.50%
Subtotal de Equipo:						\$ 39.88	68.13%

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.128	\$ 118.40	1.00	\$ 15.20	25.97%
	Electrodo	-	6.000	\$ 0.28	1.00	\$ 1.70	2.91%
Subtotal de Materiales:						\$ 16.90	28.88%

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%
	Soldador	0.25000	\$ 7.00	1.00000	\$ 1.75	2.99%
Subtotal de Mano de Obra:					\$ 1.75	2.99%

Costo Directo Total: \$ 58.53

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 11.71

Precio Unitario Total	\$ 70.23
------------------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Rodillos

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tronsadora	Corte	4.00000	\$ 2.00	1.00	\$ 8.00	12.82%
	Torno	Hora	0.50000	\$ 5.00	1.00	\$ 2.50	4.01%
	Soldadora	Hora	0.25000	\$ 3.50	1.00	\$ 0.88	1.40%
Subtotal de Equipo:						\$ 11.38	18.23%

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.016	\$ 118.40	1.00	\$ 1.92	3.08%
	Tubo de 4 pulgadas	m	0.360	\$ 102.56	1.00	\$ 36.92	59.17%
	Eje de 1 pulgada	m	0.168	\$ 25.61	1.00	\$ 4.30	6.89%
	Electrodo 308	-	4.000	\$ 0.28	1.00	\$ 1.13	1.82%
Subtotal de Materiales:						\$ 44.28	70.95%

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%
	Soldador	0.25000	\$ 7.00	1.00000	\$ 1.75	2.80%
	Tornero	0.50000	\$ 10.00	1.00000	\$ 5.00	8.01%
Subtotal de Mano de Obra:					\$ 6.75	10.82%

Costo Directo Total: \$ 62.40

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 12.48

Precio Unitario Total	\$ 74.88
------------------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Tolva de salida

Cantidad 1

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Crotadora	Corte	21.00	\$ 1.00	1.00	\$ 21.00	56.12%
	Soldadora	Hora	0.25	\$ 3.50	1.00	\$ 0.88	2.34%
Subtotal de Equipo:						\$ 21.88	58.46%

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.102	\$ 118.40	1.00	\$ 12.09	32.31%
	Electrodo 308	-	6.000	\$ 0.28	1.00	\$ 1.70	4.55%
Subtotal de Materiales:						\$ 13.79	36.86%

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	0.25000	\$ 7.00	1.00000	\$ 1.75	4.68%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 1.75	4.68%

Costo Directo Total: \$ 37.42

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 7.48

Precio Unitario Total	\$ 44.90
------------------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Guia del resorte

Catidad 1

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tronsadora	Corte	8.00	\$ 2.00	1.00	\$ 16.00	56.45%
	Soldadora	Hora	1.00	\$ 3.50	1.00	\$ 3.50	12.35%
Subtotal de Equipo:						\$ 19.50	68.79%

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tubo redondo 30mm	m	0.080	\$ 8.89	1.00	\$ 0.71	2.51%
	Electrodo 308	-	4.000	\$ 0.28	1.00	\$ 1.13	4.00%
Subtotal de Materiales:						\$ 1.85	6.51%

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%
	Soldador	1.00000	\$ 7.00	1.00000	\$ 7.00	24.70%
Subtotal de Mano de Obra:					\$ 7.00	24.70%

Costo Directo Total: \$ 28.35

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 5.67

Precio Unitario Total	\$ 34.01
------------------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Vibrador

Cantidad 1

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora laser	Hora	1.00	\$ 20.00	1.00	\$ 20.00	93.36%
	Taladro	Agujero	1.00	\$ 1.00	1.00	\$ 1.00	4.67%
						\$ -	0.00%
Subtotal de Equipo:						\$ 21.00	98.03%

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.001	\$ 296.00	1.00	\$ 0.42	1.97%
Subtotal de Materiales:						\$ 0.42	1.97%

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0.00%

Costo Directo Total: \$ 21.42

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 4.28

Precio Unitario Total	\$ 25.71
------------------------------------	-----------------

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Zaranda

Cantidad

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	11.00	\$ 1.00	1.00	\$ 11.00	22.37%
	Dobladora	Doblez	13.00	\$ 1.00	1.00	\$ 13.00	26.44%
	Soldadora	Hora	1.00	\$ 3.50		\$ 3.50	7.12%
Subtotal de Equipo:						\$ 27.50	55.93%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.105	\$ 118.40	1.00	\$ 12.43	25.28%
	Electrodo 308	-	8.000	\$ 0.28	1.00	\$ 2.24	4.56%
Subtotal de Materiales:						\$ 14.67	29.84%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	1.00000	\$ 7.00	1.00000	\$ 7.00	14.24%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 7.00	14.24%

Costo Directo Total: \$ 49.17

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 9.83

Precio Unitario Total	\$ 59.00
------------------------------------	-----------------

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Brazo

Cantidad

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	7.00	\$ 1.00	1.00	\$ 7.00	33.15%
	Taladro	Agujero	8.00	\$ 0.50	1.00	\$ 4.00	18.94%
	Dobladora	Doblez	2.00	\$ 1.00	1.00	\$ 2.00	9.47%
	Soldadora	Hora	0.25	\$ 3.50	1.00	\$ 0.88	4.14%
Subtotal de Equipo:						\$ 13.88	65.71%

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tubo rectangular de 2 x 1 in	m	0.191	\$ 21.12	1.00	\$ 4.04	19.14%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.003	\$ 118.40	1.00	\$ 0.33	1.56%
	Electrodo 308	-	4.000	\$ 0.28	1.00	\$ 1.12	5.30%
Subtotal de Materiales:						\$ 5.49	26.01%

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	0.25000	\$ 7.00	1.00000	\$ 1.75	8.29%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 1.75	8.29%

Costo Directo Total: \$ 21.12

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 4.22

Precio Unitario Total	\$ 25.34
------------------------------------	-----------------

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Riel del tensor

Cantidad

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora laser	Hora	1.00	\$ 20.00	1.00	\$ 20.00	72.81%
	Dobladora	Doblez	4.00	\$ 1.00	1.00	\$ 4.00	14.56%
	Soldadora	Hora	0.25	\$ 3.50	1.00	\$ 0.88	3.19%
Subtotal de Equipo:						\$ 24.88	90.56%

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.013	\$ 21.12	1.00	\$ 0.28	1.03%
	Electrodo 308	-	2.000	\$ 0.28	1.00	\$ 0.56	2.04%
Subtotal de Materiales:						\$ 0.84	3.07%

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%
	Soldador	0.25000	\$ 7.00	1.00000	\$ 1.75	6.37%
Subtotal de Mano de Obra:					\$ 1.75	6.37%

Costo Directo Total: \$ 27.47

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 5.49

Precio Unitario Total	\$ 32.96
------------------------------------	-------------------

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Soporte de catalinas

Cantidad

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	2.00	\$ 1.00	1.00	\$ 2.00	12.47%
	Tronsadora	Corte	1.00	\$ 2.00	1.00	\$ 2.00	12.47%
	Soldadora	Hora	1.00	\$ 3.50	1.00	\$ 3.50	21.82%
Subtotal de Equipo:						\$ 7.50	46.75%

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.004	\$ 118.40	1.00	\$ 0.43	2.66%
	Eje de 1 pulgada	m	0.033	\$ 25.61	1.00	\$ 0.84	5.22%
	Electrodo 308	-	1.000	\$ 0.28	1.00	\$ 0.28	1.75%
Subtotal de Materiales:						\$ 1.54	9.62%

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	1.00	\$ 7.00	1.00000	\$ 7.00	43.63%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 7.00	43.63%

Costo Directo Total: \$ 16.04

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 3.21

Precio Unitario Total	\$ 19.25
------------------------------------	-----------------

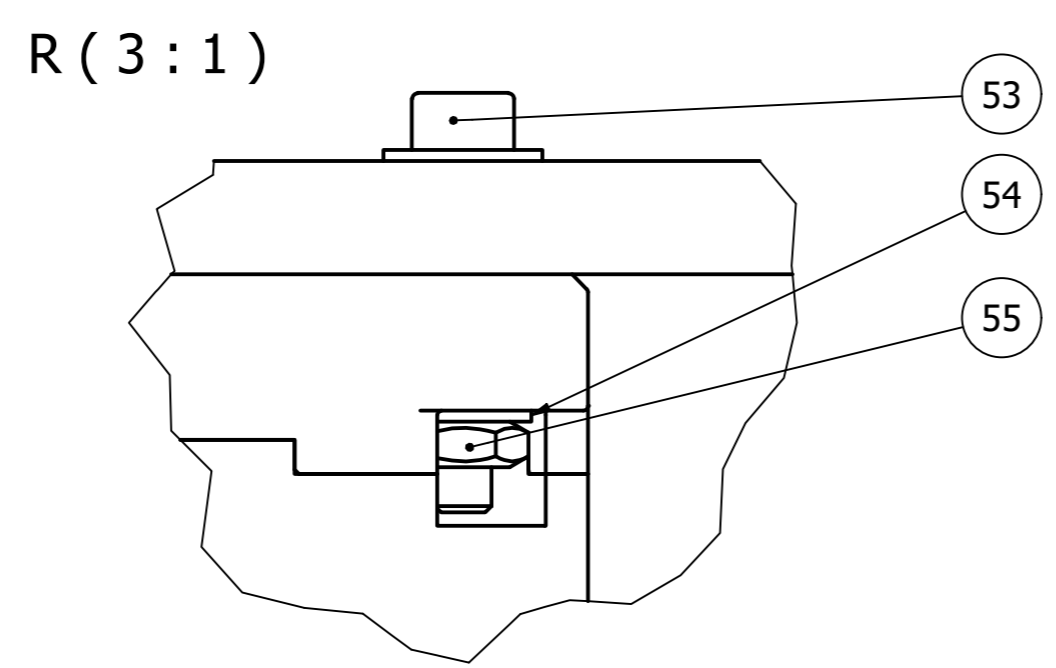
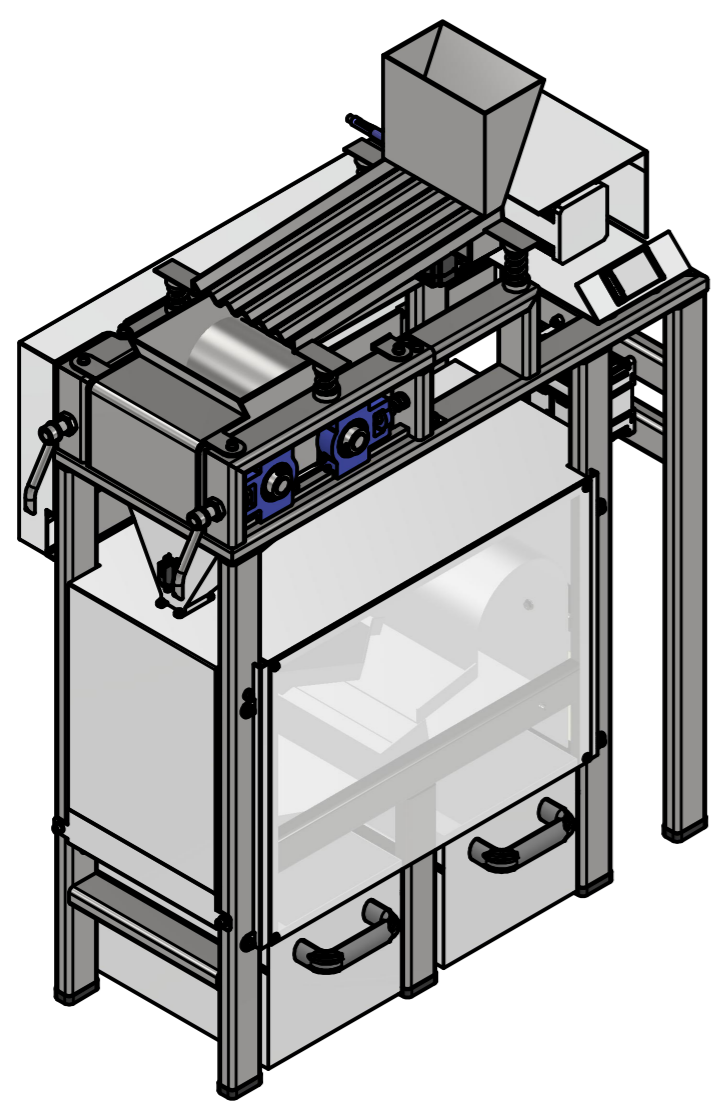
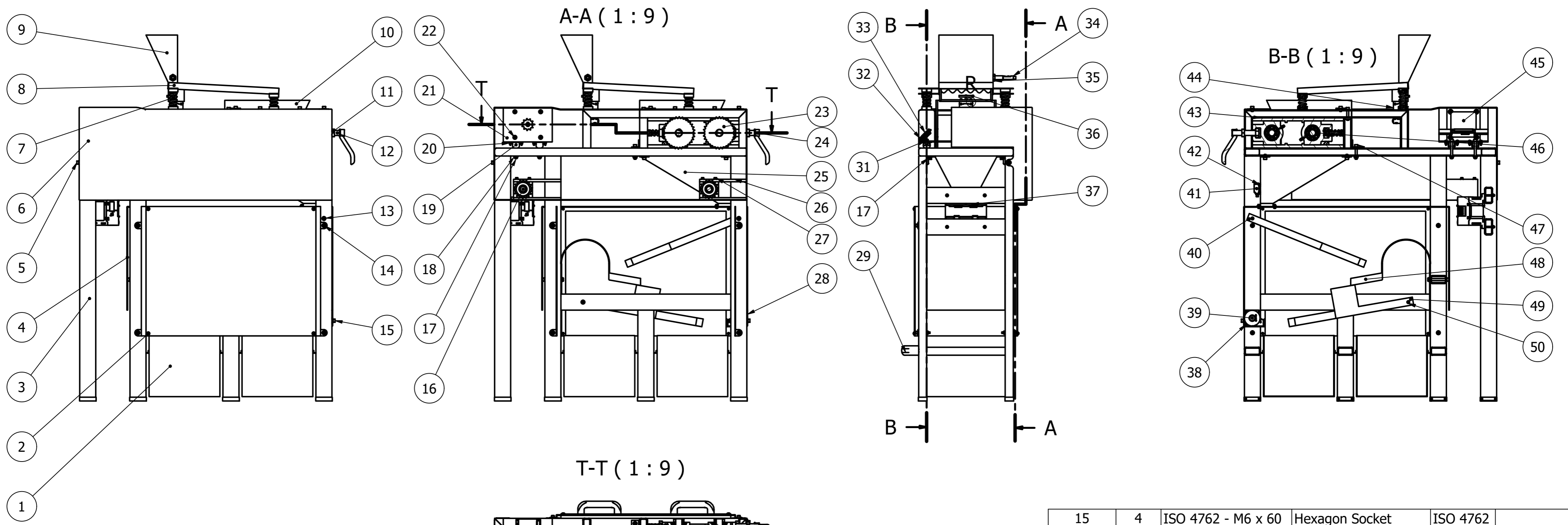
COSTOS UNITARIOS DE LA MAQUINA TRITURADORA Y DESCASCARADORA DE CACAO

Ubicación: CUENCA

Fecha: 18/07/2024

RESUMEN DEL PRESUPUESTO					
Ítem	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	P.Total	Porcentaje
1	Estructura	1	\$ 241,33	\$ 241,33	9,99%
2	Trituradora	1	\$ 1.103,26	\$ 1.103,16	45,65%
3	Descascaradora	1	\$ 757,00	\$ 757,00	31,32%
SUBTOTAL				\$ 2.101,49	86,96%
IVA				\$ 315,22	15,00%
TOTAL				\$ 2.416,71	

Anexo 4



15	4	ISO 4762 - M6 x 60	Hexagon Socket Head Cap Screw	ISO 4762	
14	8	ISO 4762 - M5 x 40	Hexagon Socket Head Cap Screw	ISO 4762	
13	43	ISO 7089 - 6	*Varía*	ISO 7089	
12	2	FBN35B18D12_()	FBN35B-Finished bore		PARTsolution
11	2	ANSI B18.2.4.5M - M16 x 2	Hex Jam Nut	ANSI B18.2.4.5 M	
10	1	Grupo Covers			
9	1	tolva			
8	1	riel 3			
7	6	Compress Spring1			
6	1	COVER 4			
5	15	ISO 4762 - M6 x 10	*Varía*	ISO 4762	
4	1	Cobertura Descascarado			
3	1	ESTRUCTURA			
2	8	AS 1427 - M5 x 6	Pozidriv Tornillos métricos para maquinaria ISO	AS 1427	
1	2	Cajón			

-----	1	Maquina descascaradora		SAE 1018	-----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica		
Dibujado	18/5/2023	J. Andrade, P. Romero			
Comprobado		Ing. E. Cardenas			
Laboratorio de Máquinas Herramientas					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:	Máquina Descascaradora de cacao		
1:9	ISO 2768-m				
Lámina:	15				

32	4	AS 1427 - M3 x 5	Pozidriv Tornillos métricos para maquinaria ISO	AS 1427	
31	8	AS 1427 - M3,5 x 12	Pozidriv Tornillos métricos para maquinaria ISO	AS 1427	
30	1	u motor			
29	2	ca_137-1_4_			
28	1	Soporte del Soplador			
27	4	IFI 502 - 4.8x1.6 x 10, HFHTSTBM(2)	Hex Flange Head Tapping Screw - Type B - Metric	IFI 502	
26	2	riel catalina			
25	1	tolva simple			
24	2	91043A033_Iron Handle Nut	STEP AP203		
23	2	FBN35B32D15_()	FBN35B-Finished bore		PARTsolutions
22	4	ISO 4762 - M6 x 25	Hexagon Socket Head Cap Screw	ISO 4762	
21	1	SoporteMotor2.0			
20	8	CNS 4373 - M 3,5	Tuerca de palomilla	CNS 4373	
19	4	BM-50684	BM-Bubble Mounts		PARTsolutions
18	16	ISO 4161 - M6	Hexagon nuts with flange-coarse thread	ISO 4161	
17	4	ISO 4762 - M6 x 55	Hexagon Socket Head Cap Screw	ISO 4762	
16	2	Grupo soporte catalina			

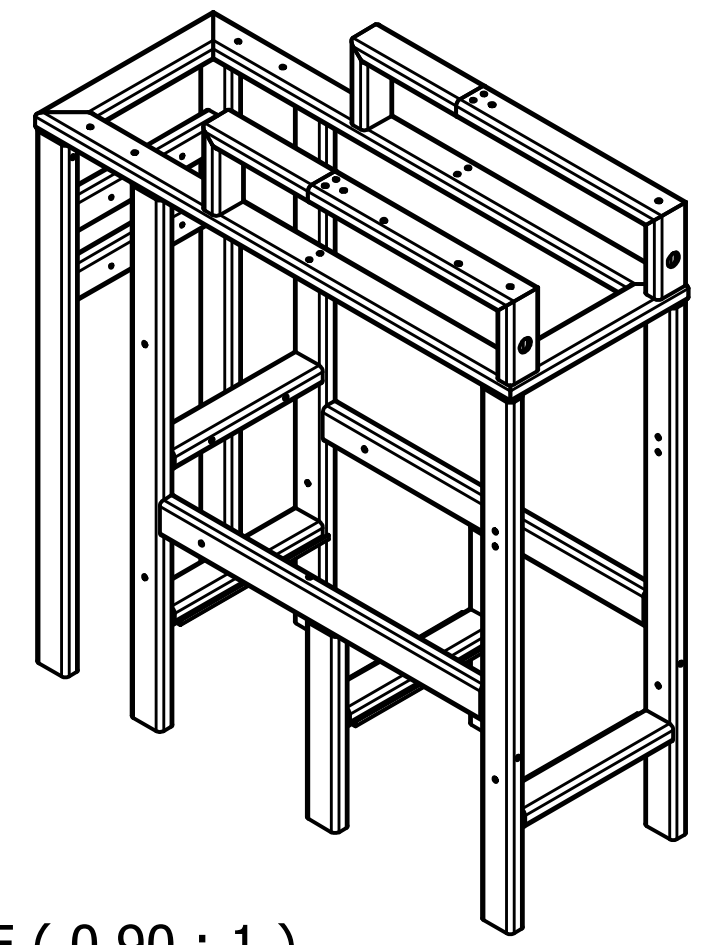
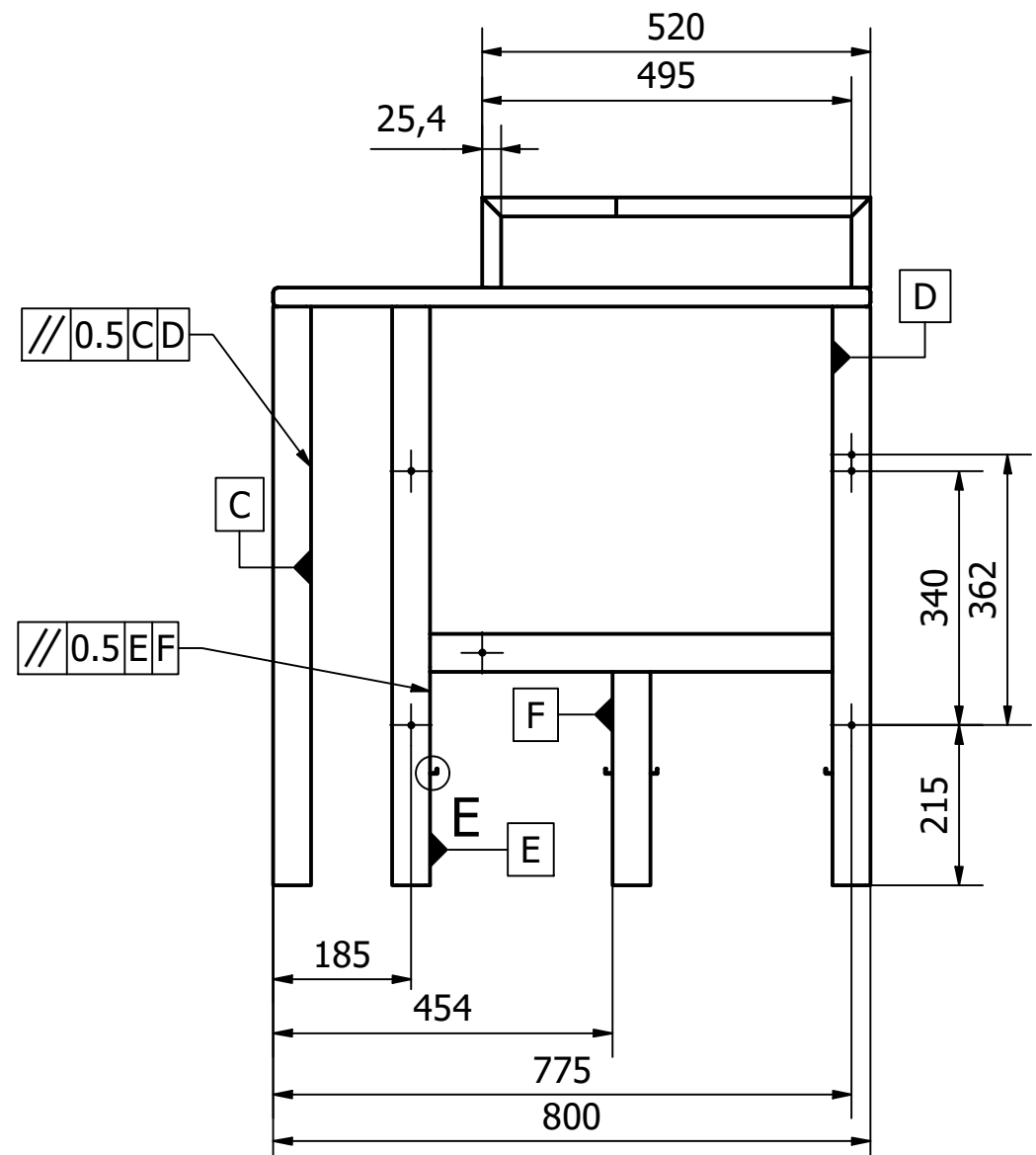
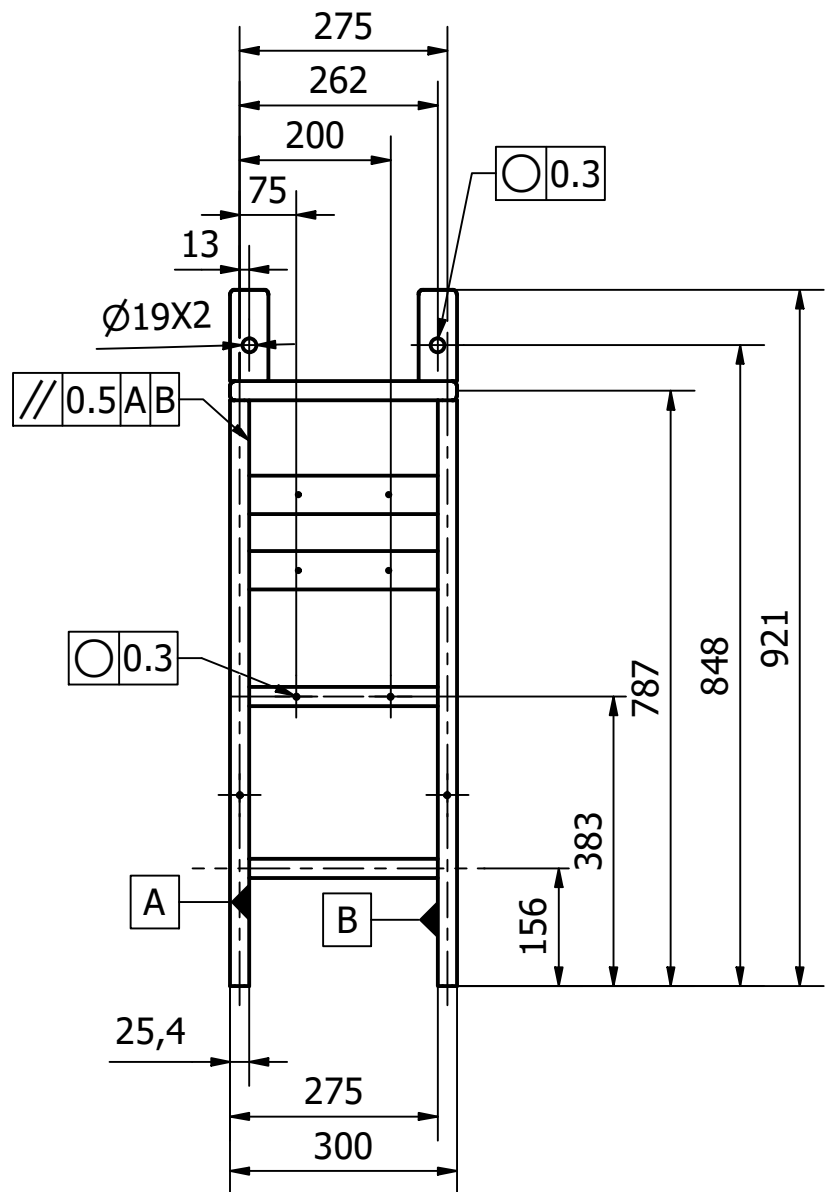
-----	1			SAE 1018	-----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO		Fecha	Nombre	 <p>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA</p>	
Dibujado					
Comprobado					
Laboratorio de Máquinas Herramientas			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecátronica		
Escala:	Tol. gen.: ISO 2768-m	Subconjunto:			
Lámina:	15	Máquina Descascaradora de cacao			

50	4	ISO 4762 - M5 x 35	Hexagon Socket Head Cap Screw	ISO 4762	
49	1	Bandeja Caida 2			
48	1	Pared			
47	4	ISO 4762 - M6 x 40	Hexagon Socket Head Cap Screw	ISO 4762	
46	4	SKF_TU 20 FM	AYT_001HC_HY-Y-bearing take-up units		PARTsolutions
45	1	Motor dc			
44	1	sin cables			
43	4	riel 2			
42	2	ISO 4762 - M2,5 x 20	Tornillo de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal	ISO 4762	
41	1	OMRON E3Z-R66_LOT 25814M	STEP AP214		
40	1	Bandeja Caida 1			
39	1	u51dl-024kk-5			
38	2	AS 1427 - M4 x 10	Pozidriv Tornillos métricos para maquinaria ISO	AS 1427	
37	4	ISO 4762 - M3 x 10	Hexagon Socket Head Cap Screw	ISO 4762	
36	1	VIBRADOR			
35	2	ANSI B18.2.4.5M - M12 x 1.75	Hex Jam Nut	ANSI B18.2.4.5M	
34	1	capacitivo			
33	1	User Library-TFT Display 2,4inch			

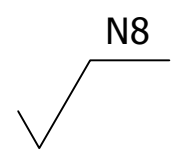
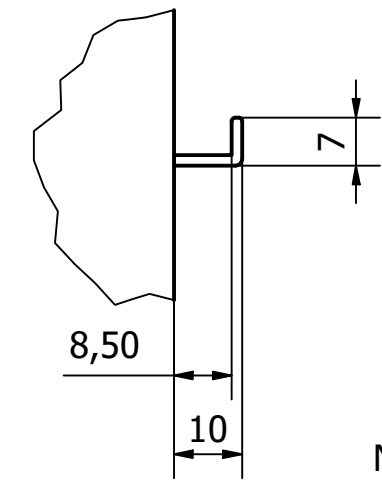
----	1			SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	
Dibujado					
Comprobado					
Laboratorio de Máquinas Herramientas			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Escala:	Tol. gen.: ISO 2768-m	Subconjunto:			
Lámina:	15	Máquina Descascaradora de cacao			

55	6	ISO 4032 - M2,5	*Varía*	ISO 4032	
54	6	ISO 7089 - 2,5	*Varía*	ISO 7089	
53	4	ISO 4762 - M2,5 x 16	Hexagon Socket Head Cap Screw	ISO 4762	
52	2	Grupo rodillos			
51	2	brazo movil			

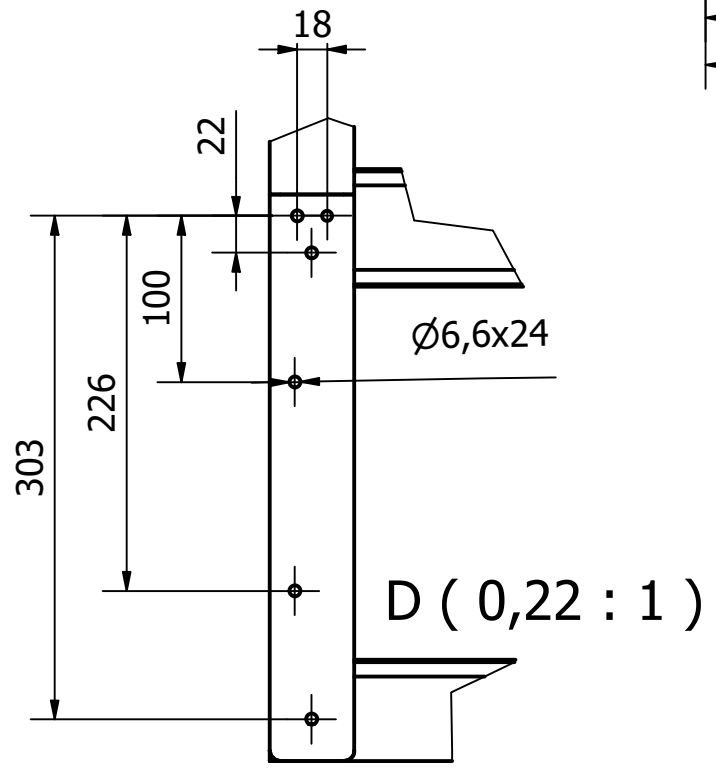
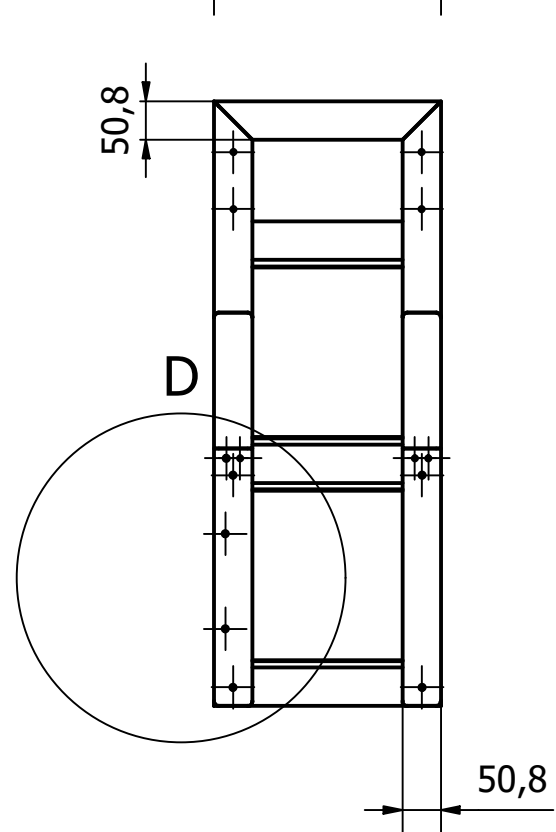
----	1			SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado					
Comprobado					
Laboratorio de Máquinas Herramientas					
Escala:	Tol. gen.: ISO 2768-m	Subconjunto:			
Lámina: 15	Máquina Descascaradora de cacao				



E (0,90 : 1)

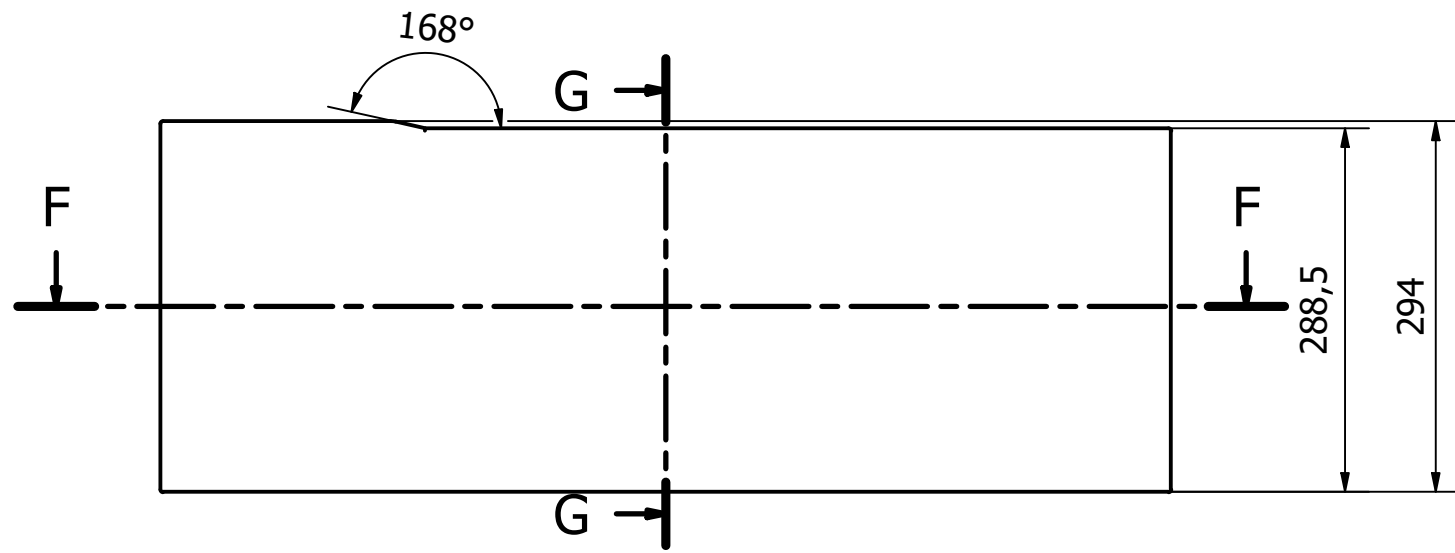


N8: Acabado Generico - Proveniente de fábrica

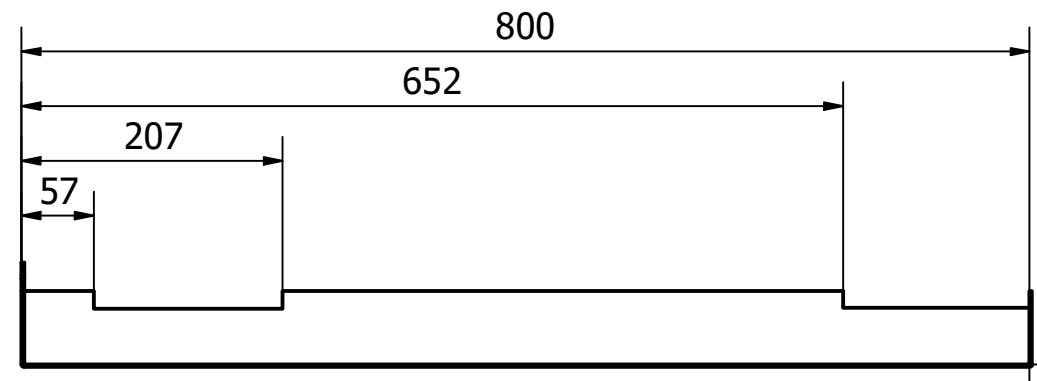
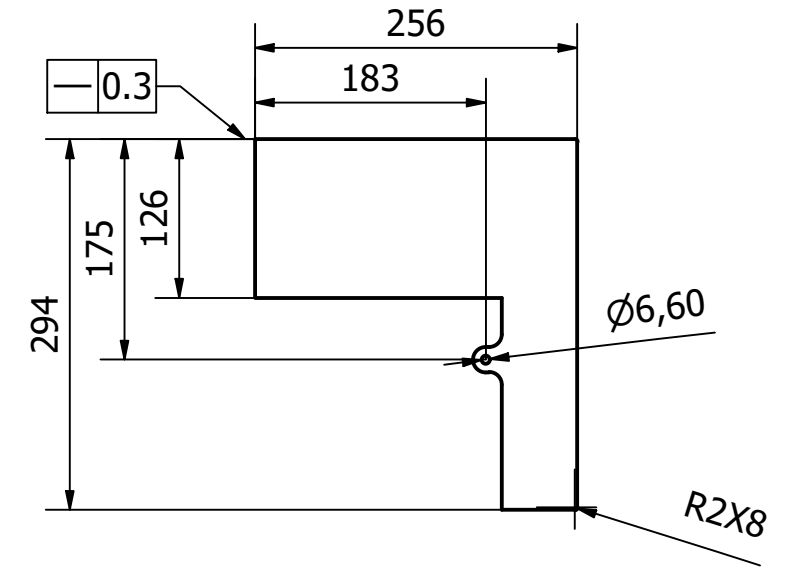
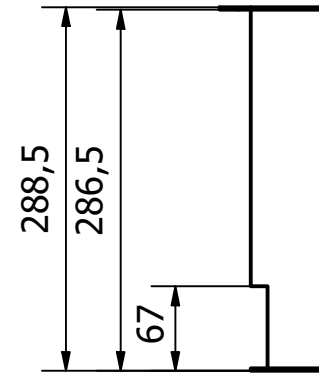


D (0,22 : 1)

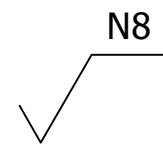
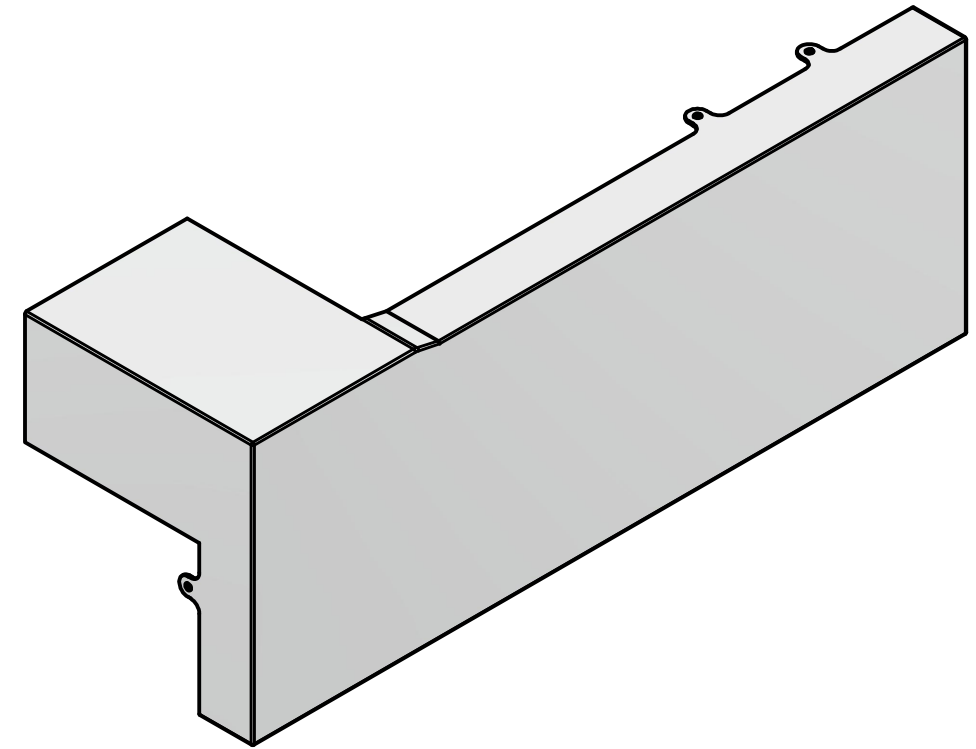
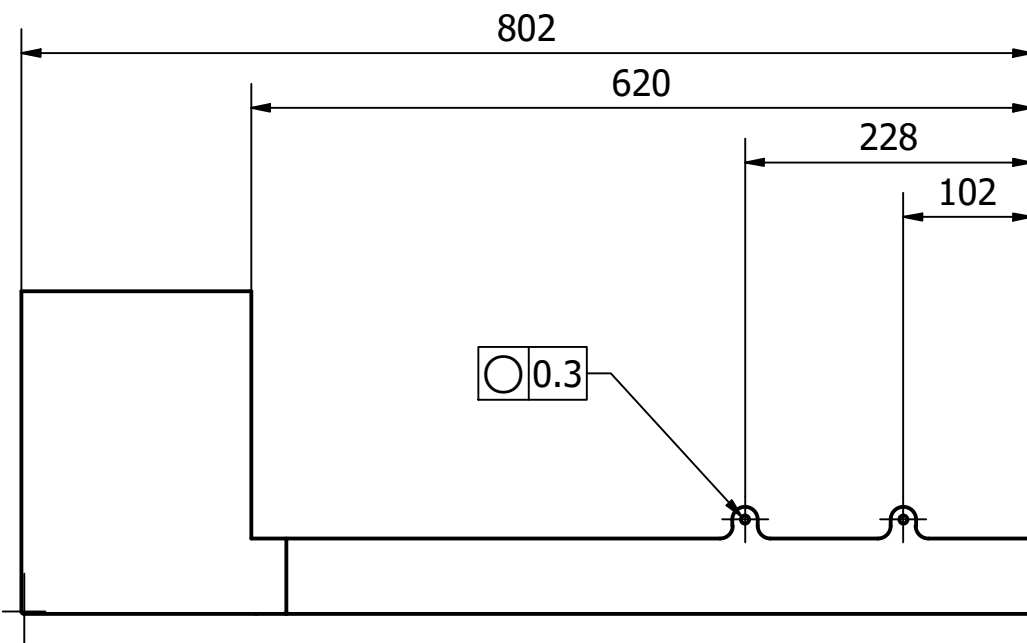
----	1	Estructura		SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma
VIII CICLO		Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	1/6/2023	J. Andrade, P. Romero			
Comprobado	16/7/2024	Ing. E. Cardenas			
Laboratorio de Máquinas Herramientas					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
1 : 10	ISO 2768-m				
Lámina:	15	Máquina Descascaradora de cacao			



G-G (1 : 6)

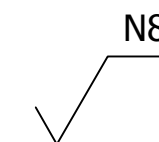
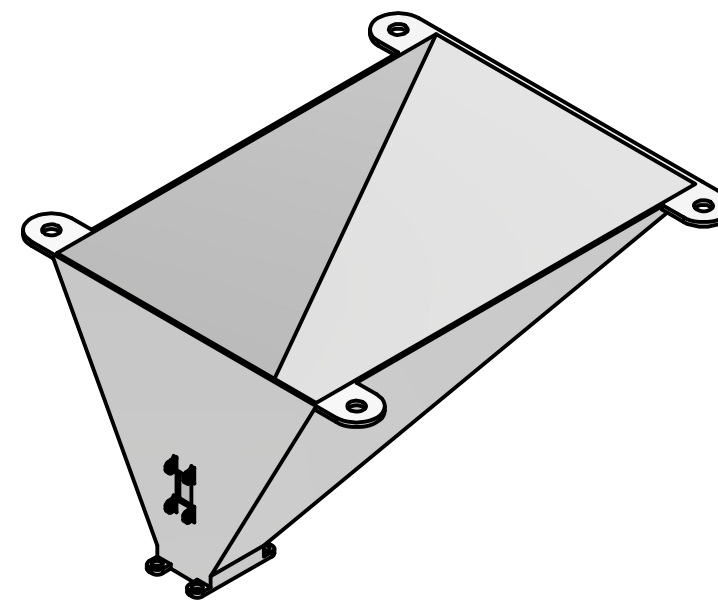
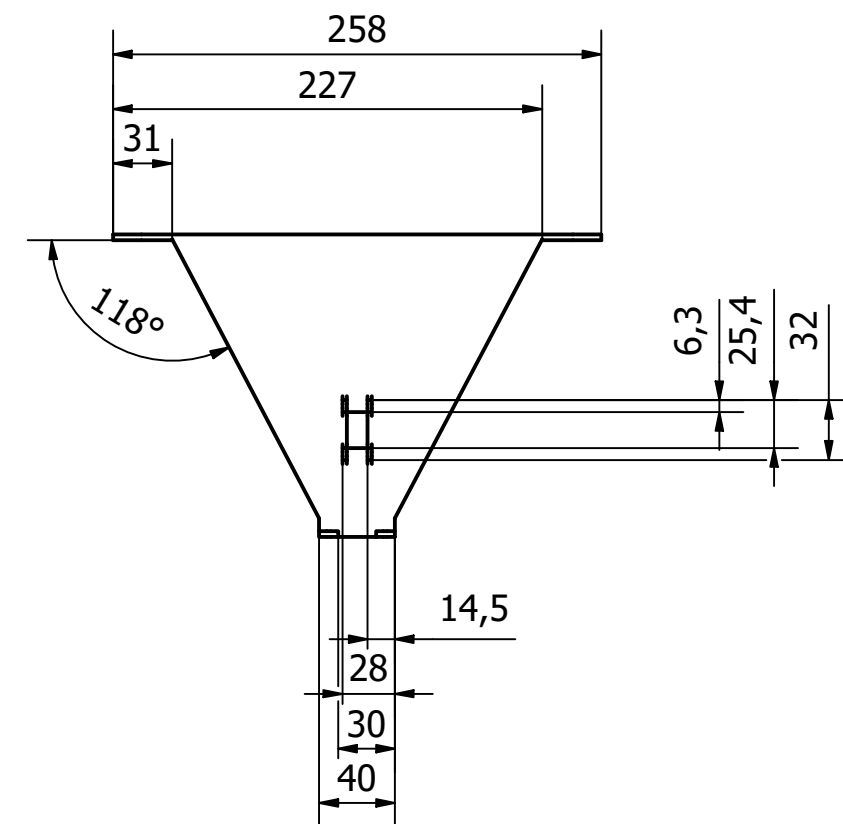
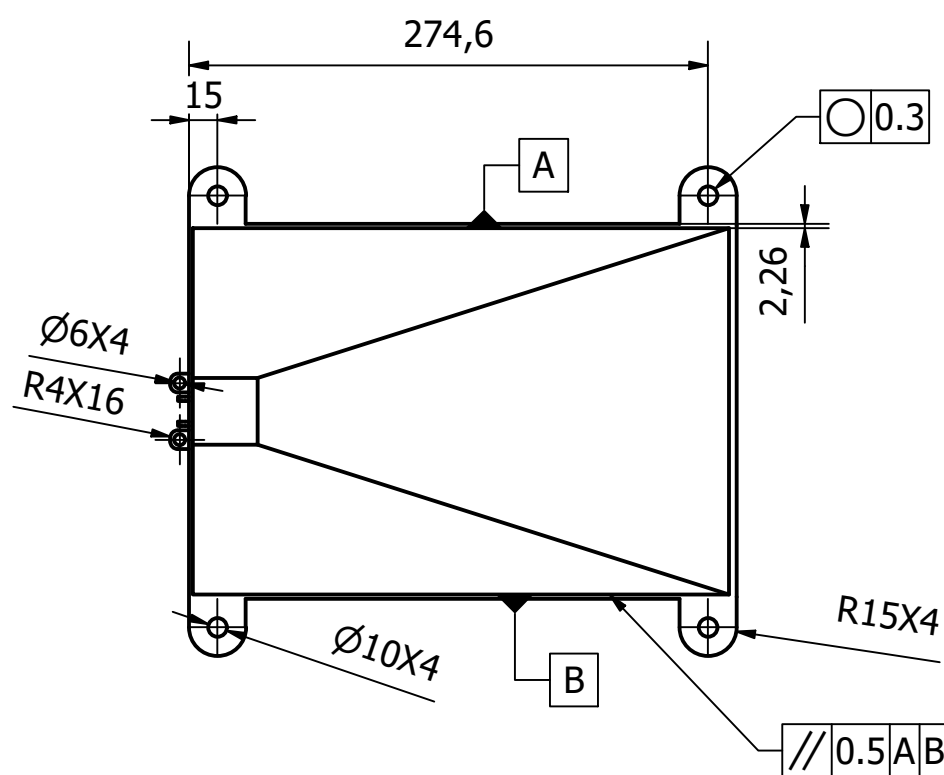
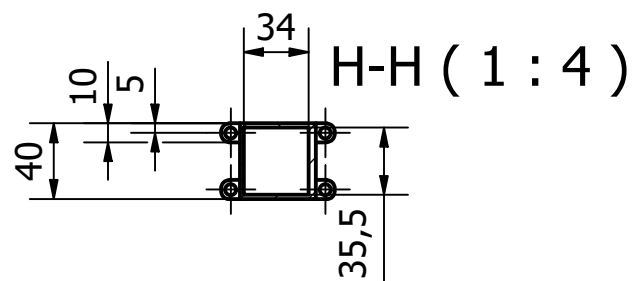
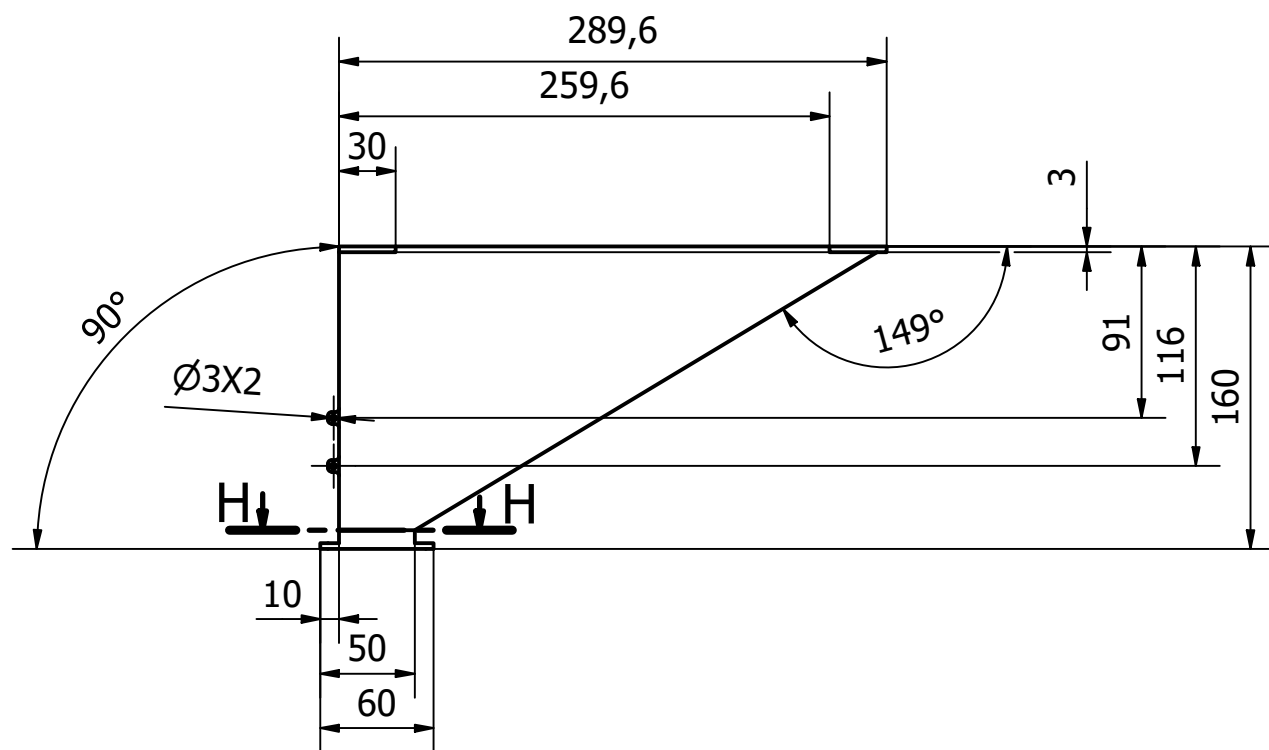


F-F (1 : 6)



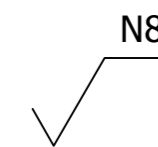
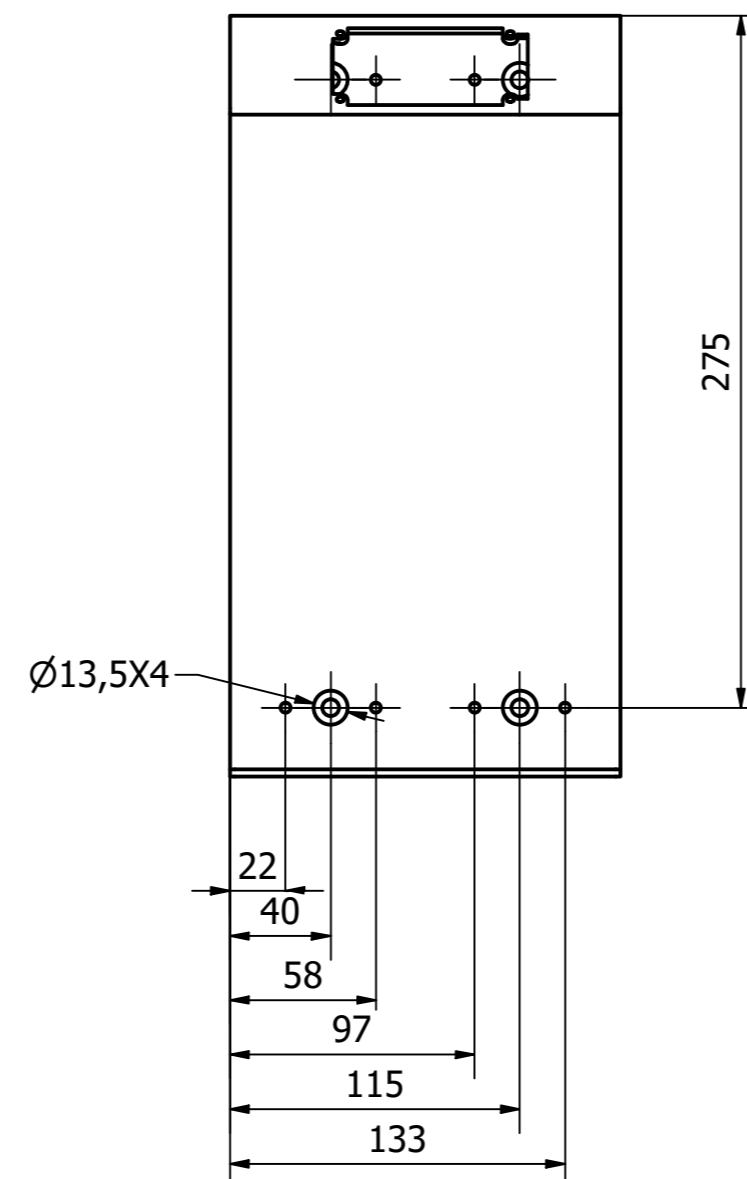
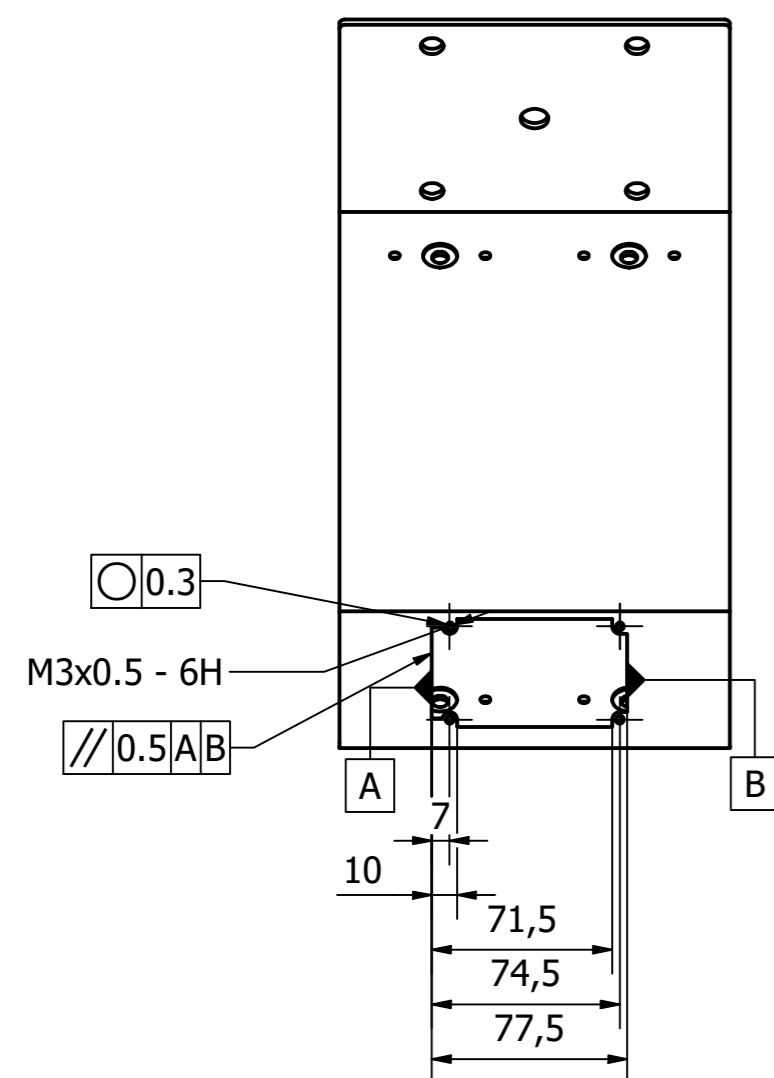
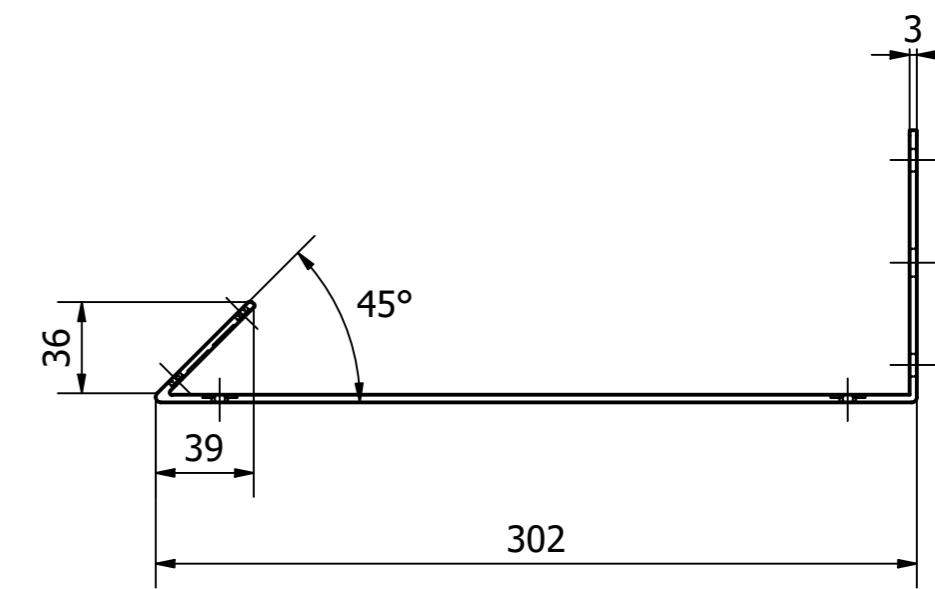
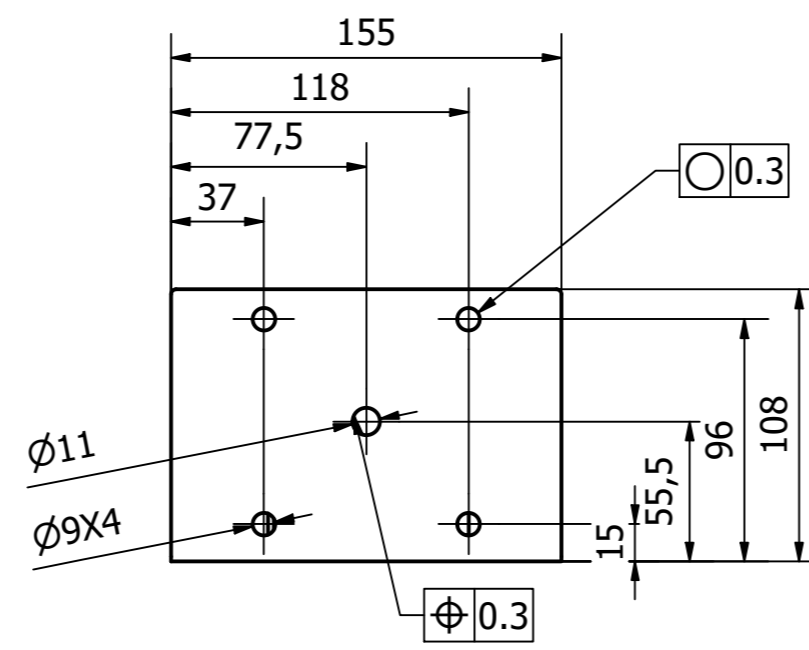
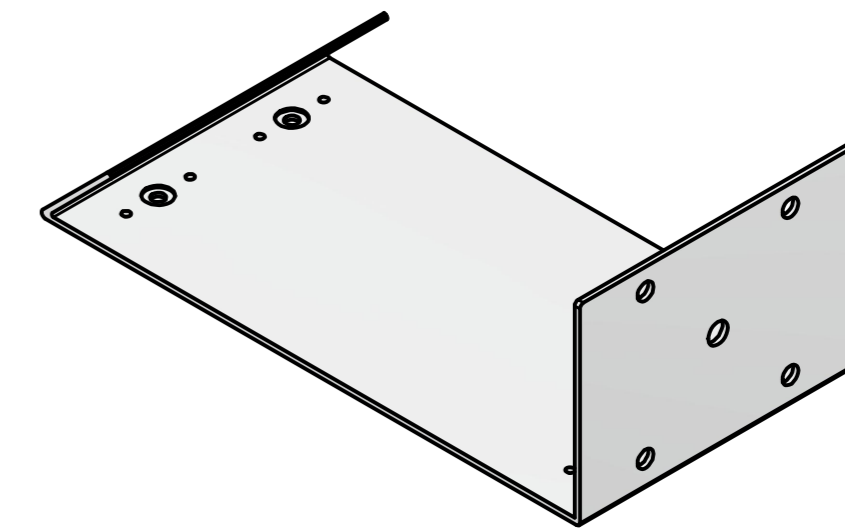
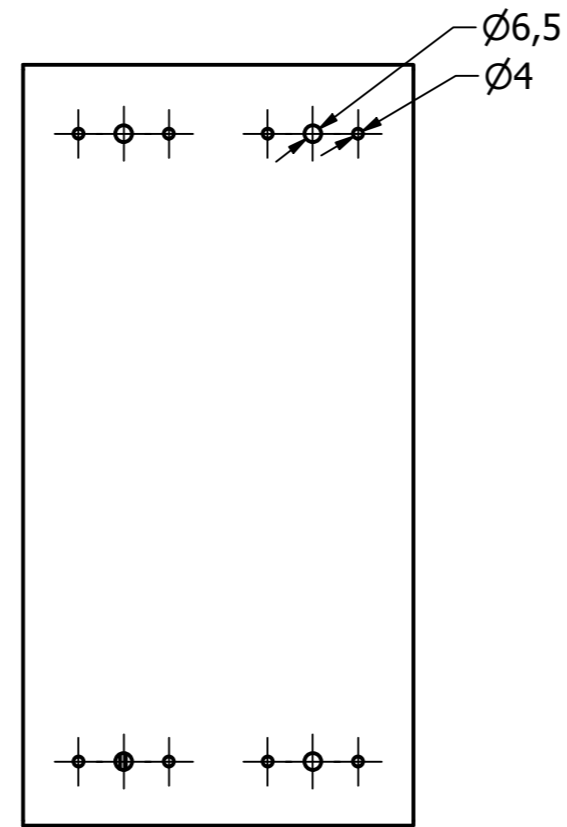
N8: Acabado Generico -
Proveniente de fábrica

----	1	Covertura	Aluminio 6061	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	12/7/2024	J. Andrade, P. Romero			
Comprobado		Ing. E. Cardenas			
Laboratorio de Máquinas Herramientas					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
1 : 6	ISO 2768-m	Máquina Descascaradora de cacao			
Lámina:	15				



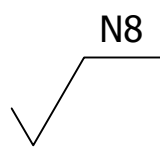
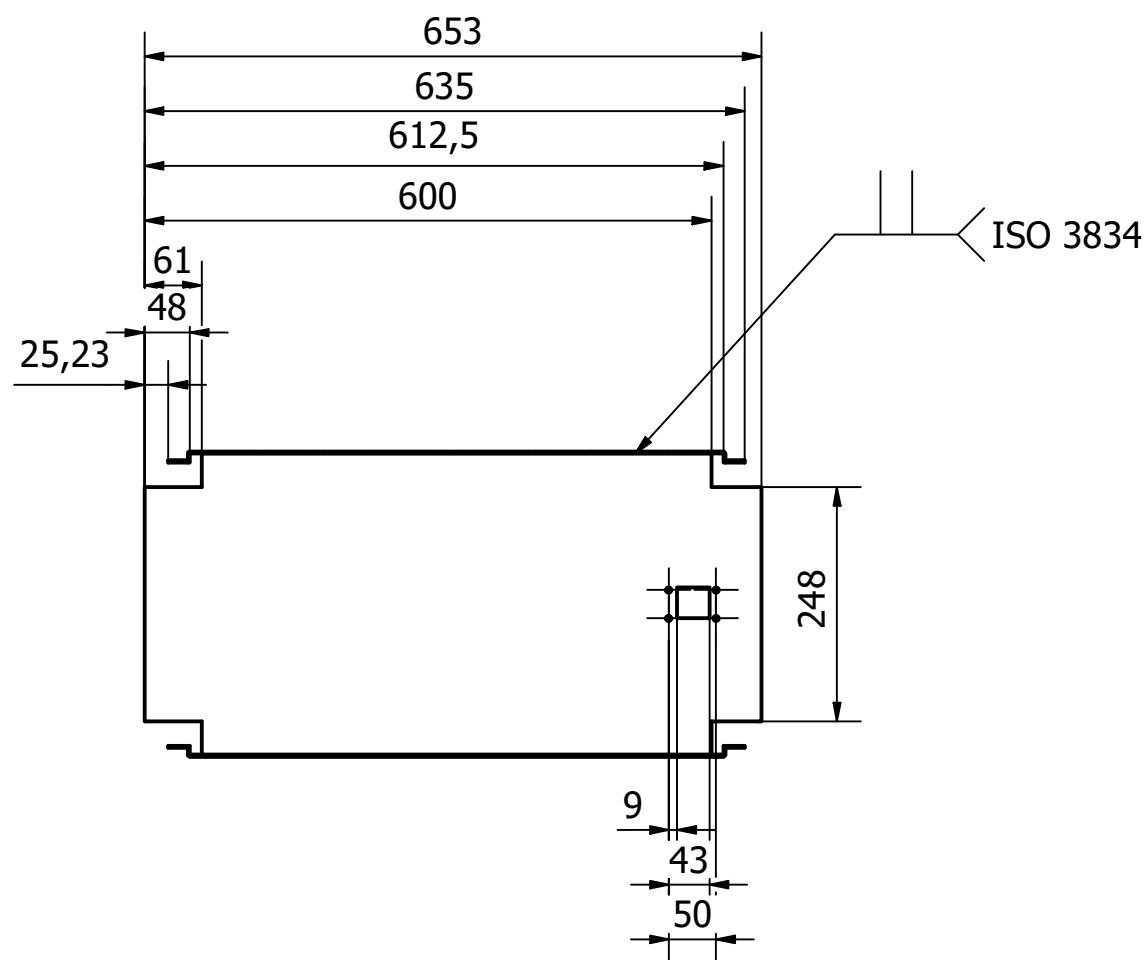
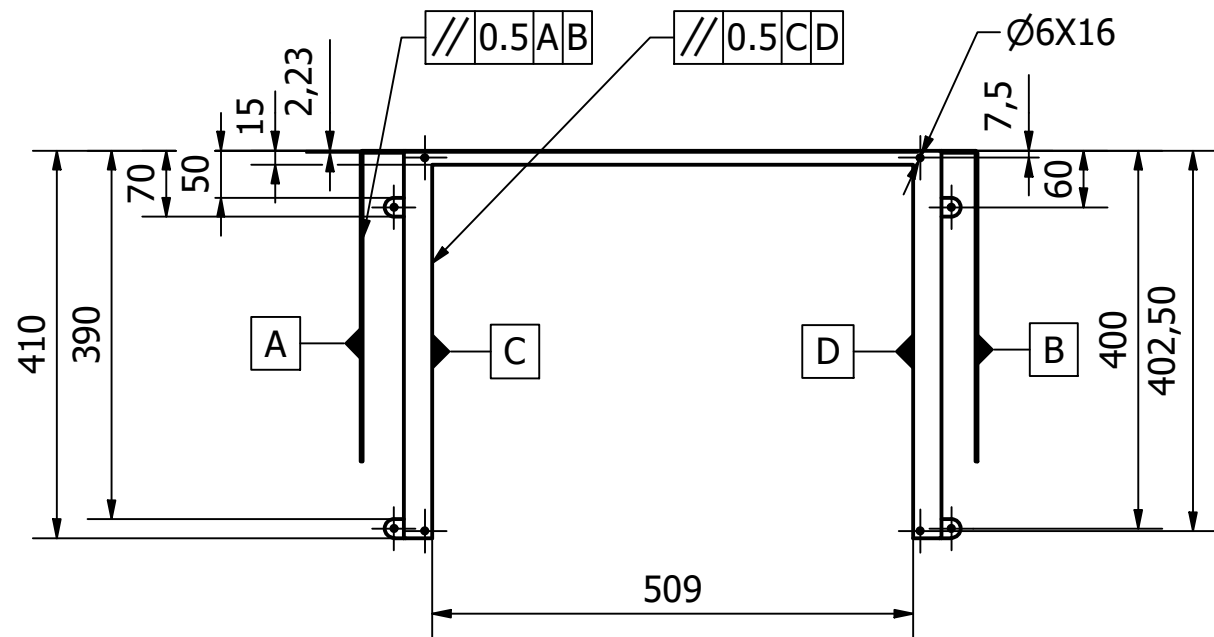
N8: Acabado Generico -
Proveniente de fábrica

----	1	Tolva de salida	Acero inoxidable AISI 304	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	19/1/2024	J. Andrade, P. Romero			
Comprobado		Ing. E. Cardenas			
Laboratorio de Máquinas Herramientas					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
1:4	ISO 2768-m	Máquina Descascaradora de cacao			
Lámina:	15				

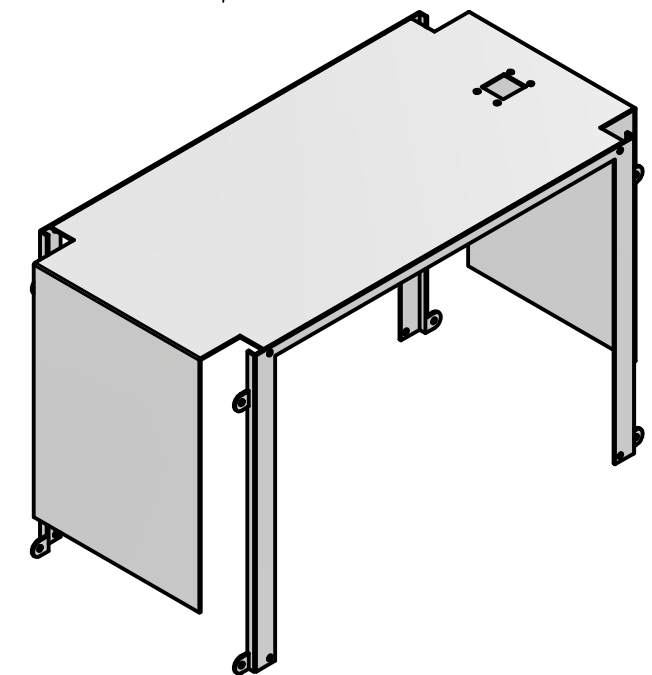
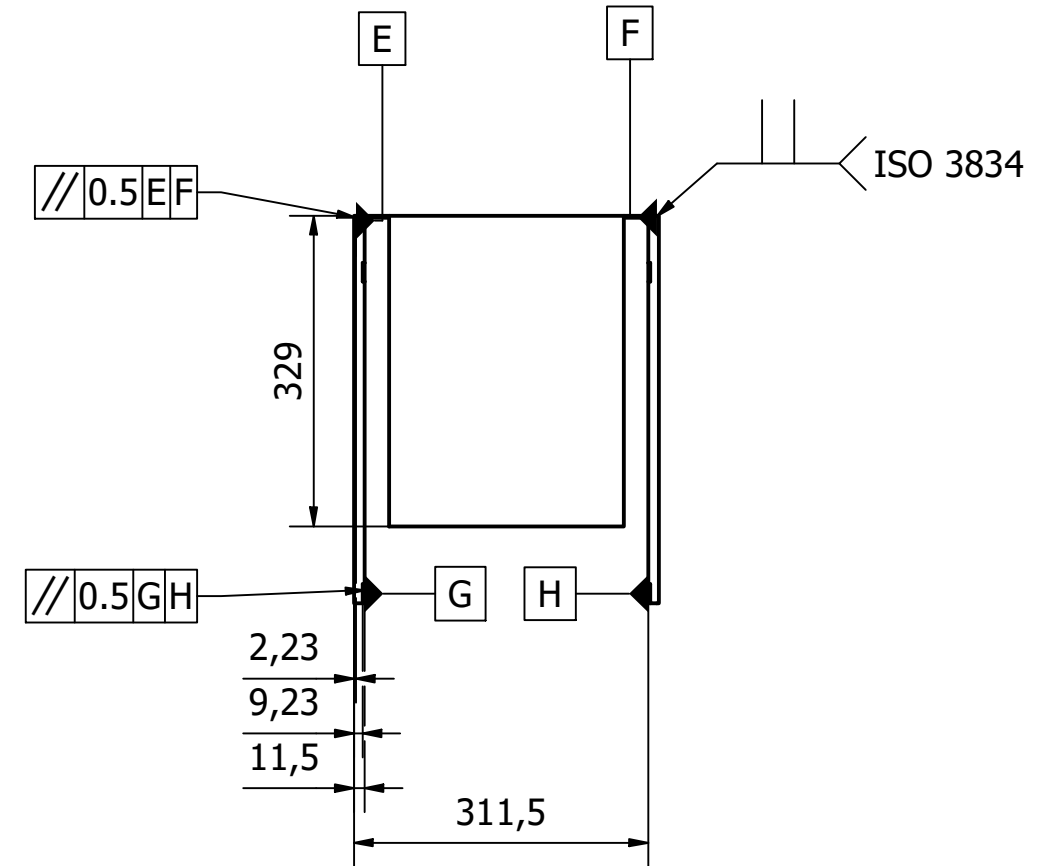


N8: Acabado Genérico -
Proveniente de fábrica

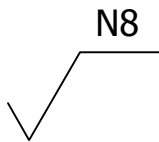
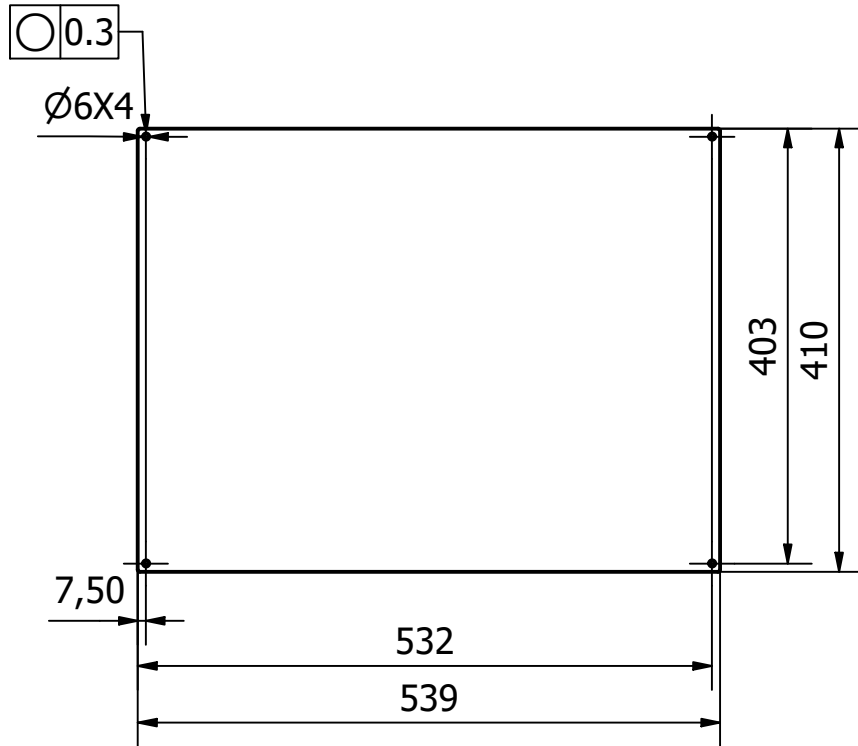
----	1	Soporte del motor	Aluminio 6061	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica		
Dibujado	6/6/2024	J. Andrade, P. Romero			
Comprobado		Ing. E. Cardenas			
Laboratorio de Máquinas Herramientas					
Escala: 1:3	Tol. gen.: ISO 2768-m	Subconjunto:			
Lámina: 15	Máquina Descascaradora de cacao				



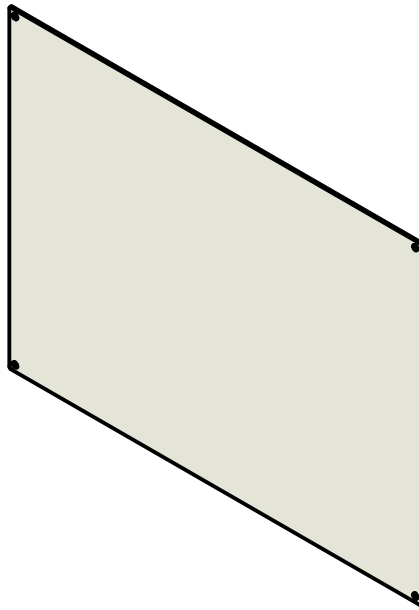
N8: Acabado Generico -
Proveniente de fábrica



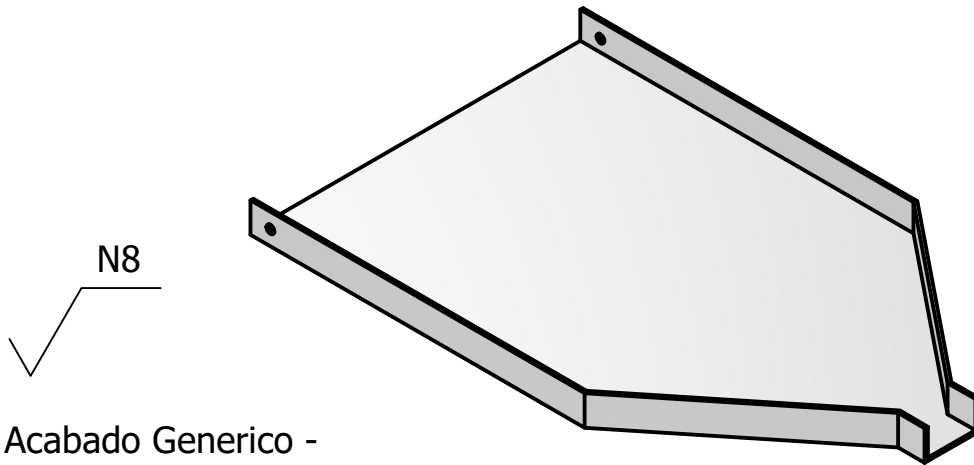
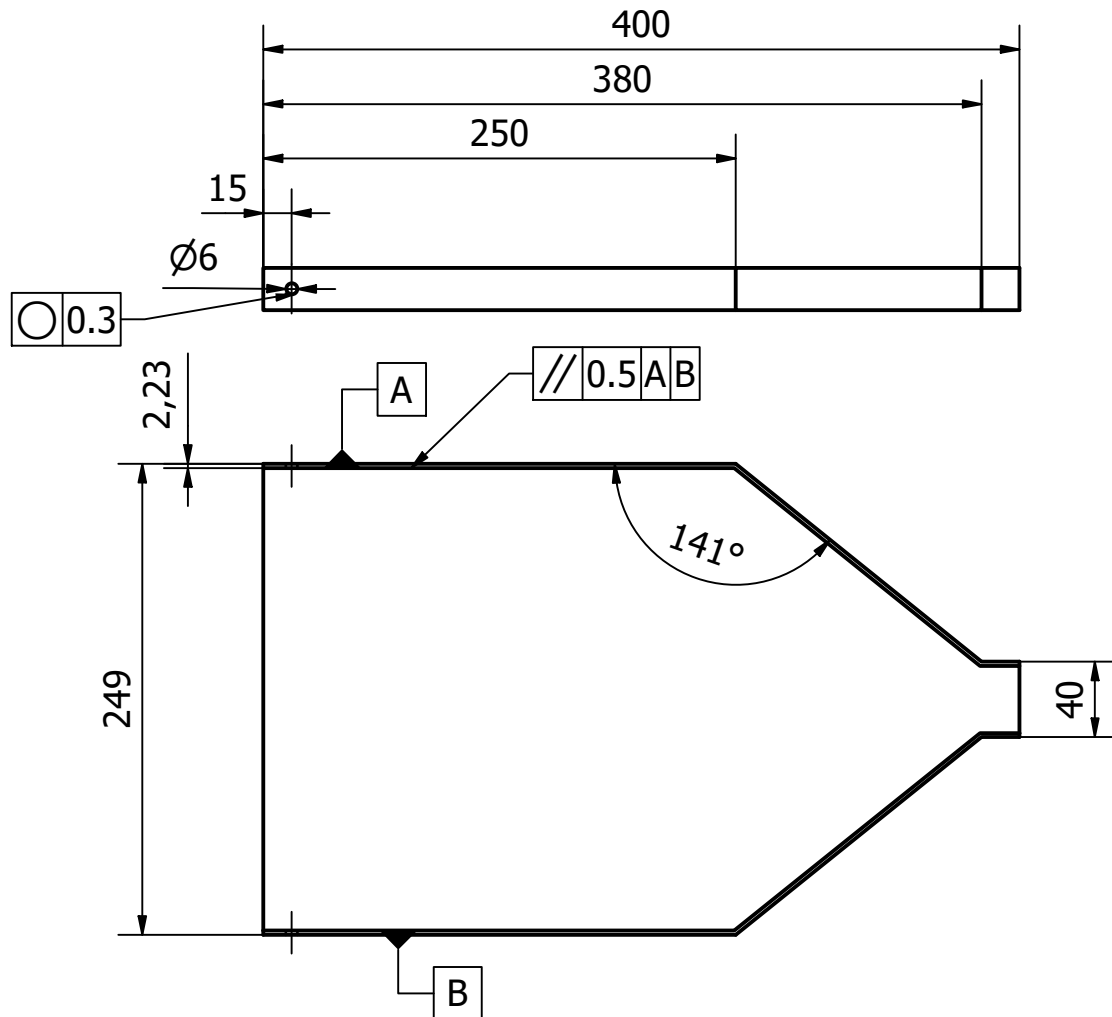
----	1	Tapa 1	Acero inoxidable AISI 304	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	25/6/2024	J. Andrade, P. Romero			
Comprobado		Ing. E. Cardenas			
Laboratorio de Máquinas Herramientas					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
1 : 8	ISO 2768-m	Máquina Descascaradora de cacao			
Lámina:	15				



N8: Acabado Generico -
Proveniente de fábrica

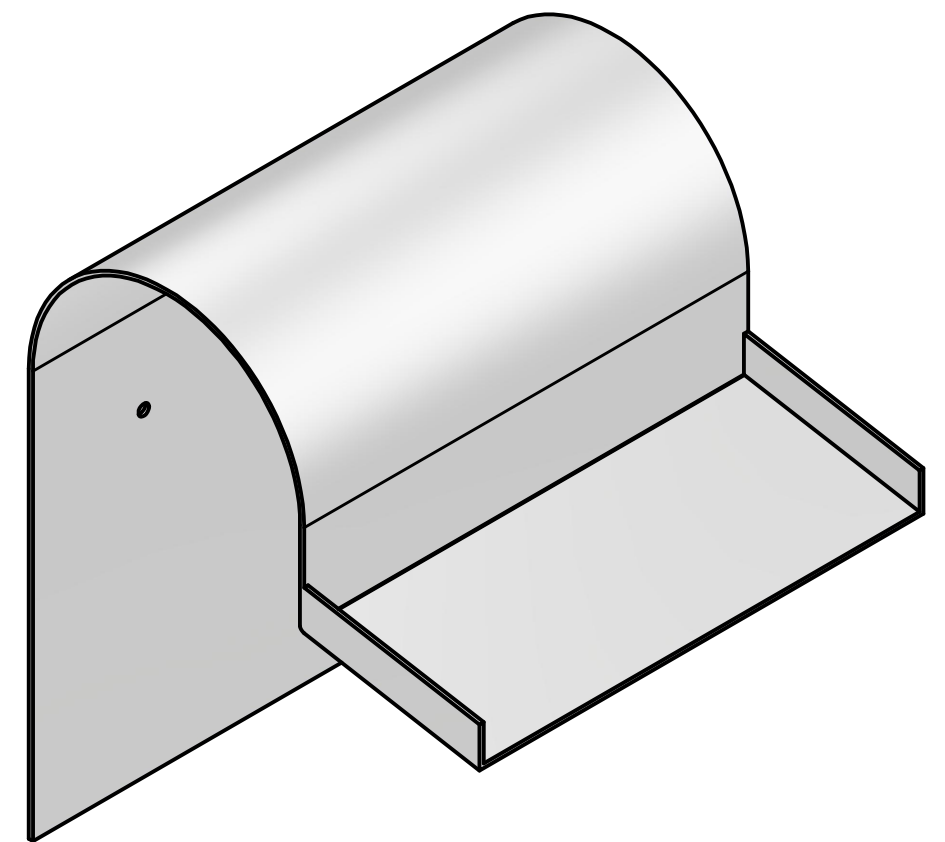
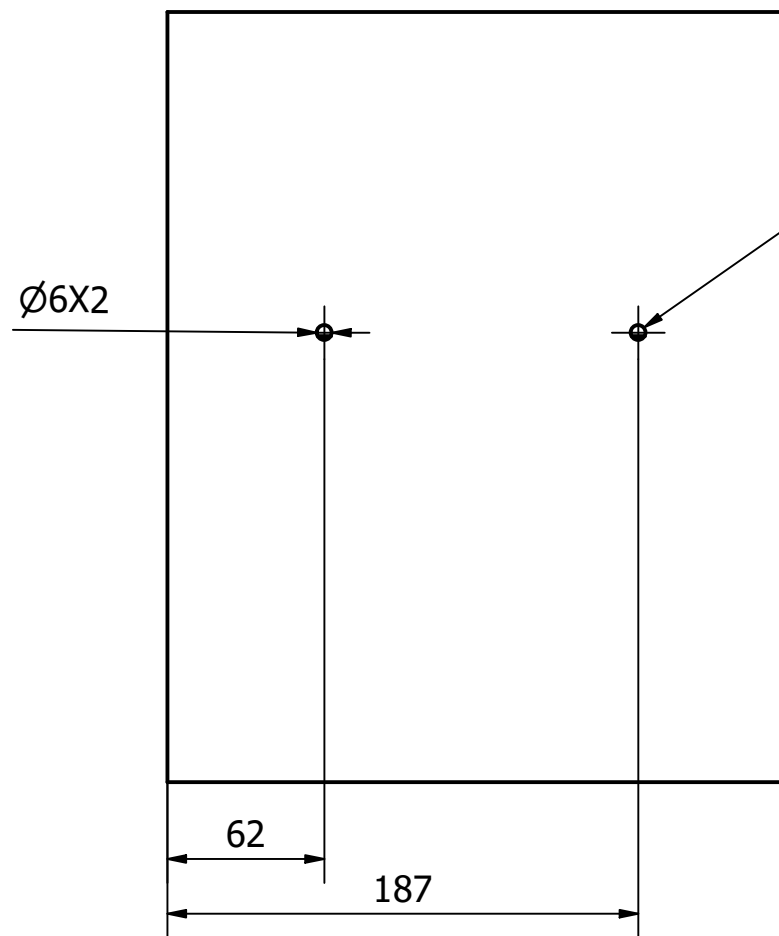
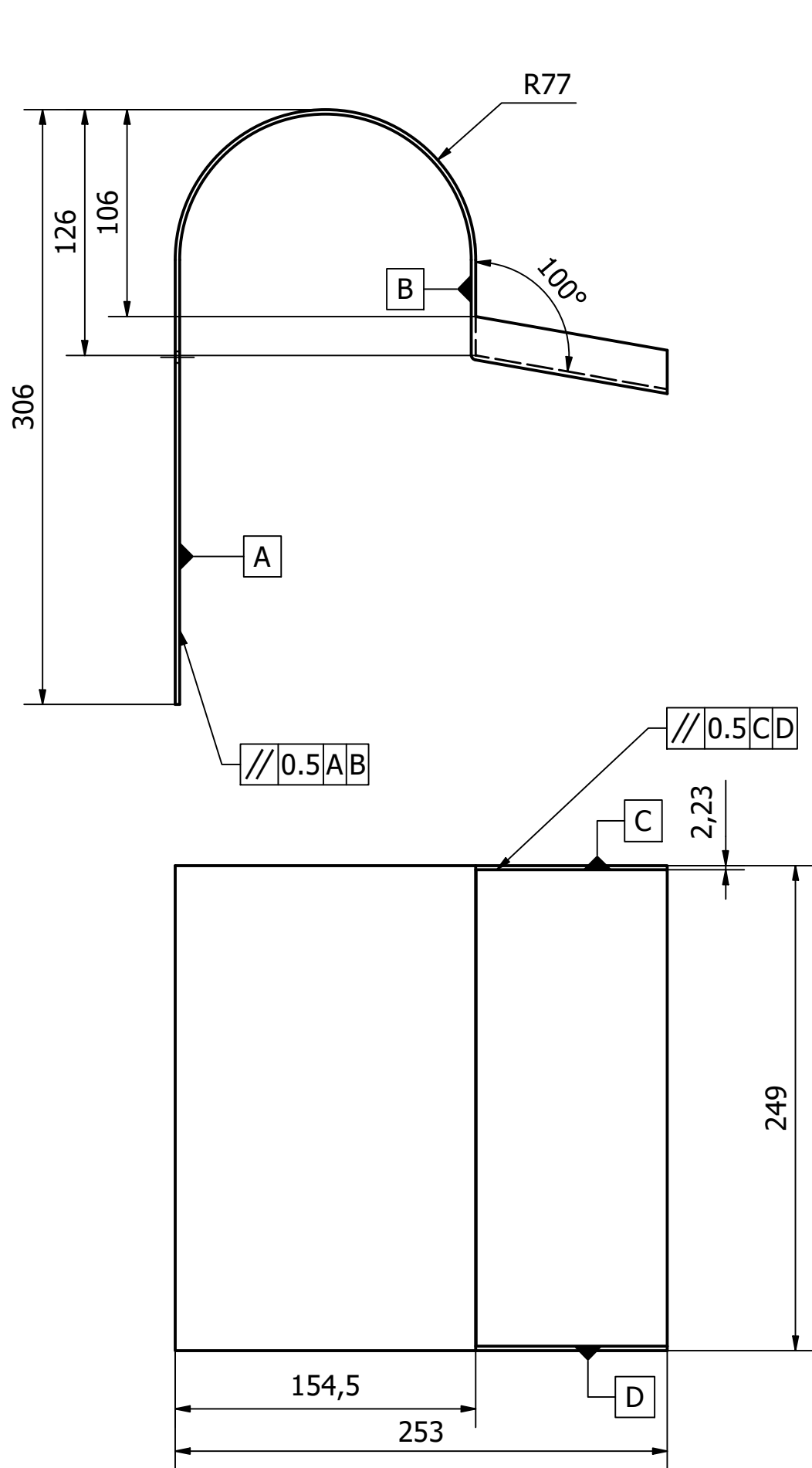


----	1	Tapa 2		<i>Acrílico, claro</i>	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO		Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA		
Dibujado	26/6/2024	J. Andrade, P. Romero				
Comprobado		Ing. E. Cardenas				
Laboratorio de Máquinas Herramientas				INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:				
1:7	ISO 2768-m					
Lámina:	15	Máquina Descascaradora de cacao				



N8: Acabado Generico -
Proveniente de fábrica

----	1	Bandeja Caida 1	Acero inoxidable AISI 304	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	
Dibujado	23/6/2024	J. Andrade, P. Romero			
Comprobado		Ing. E. Cardenas			
Laboratorio de Máquinas Herramientas			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
1 : 4	ISO 2768-m				
Lámina:	15	Máquina Descascaradora de cacao			



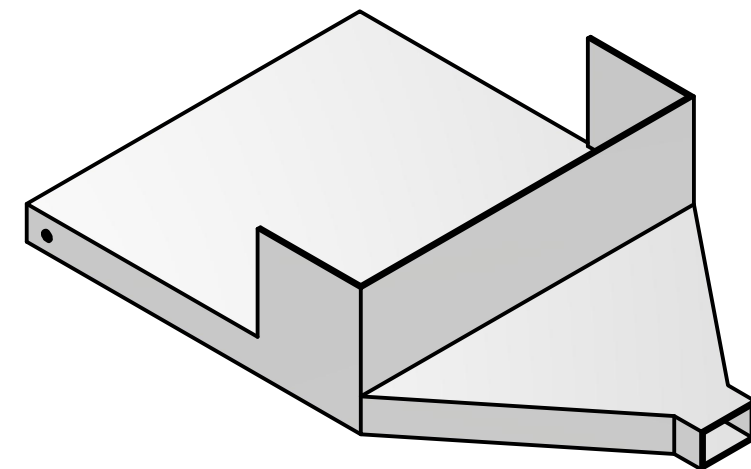
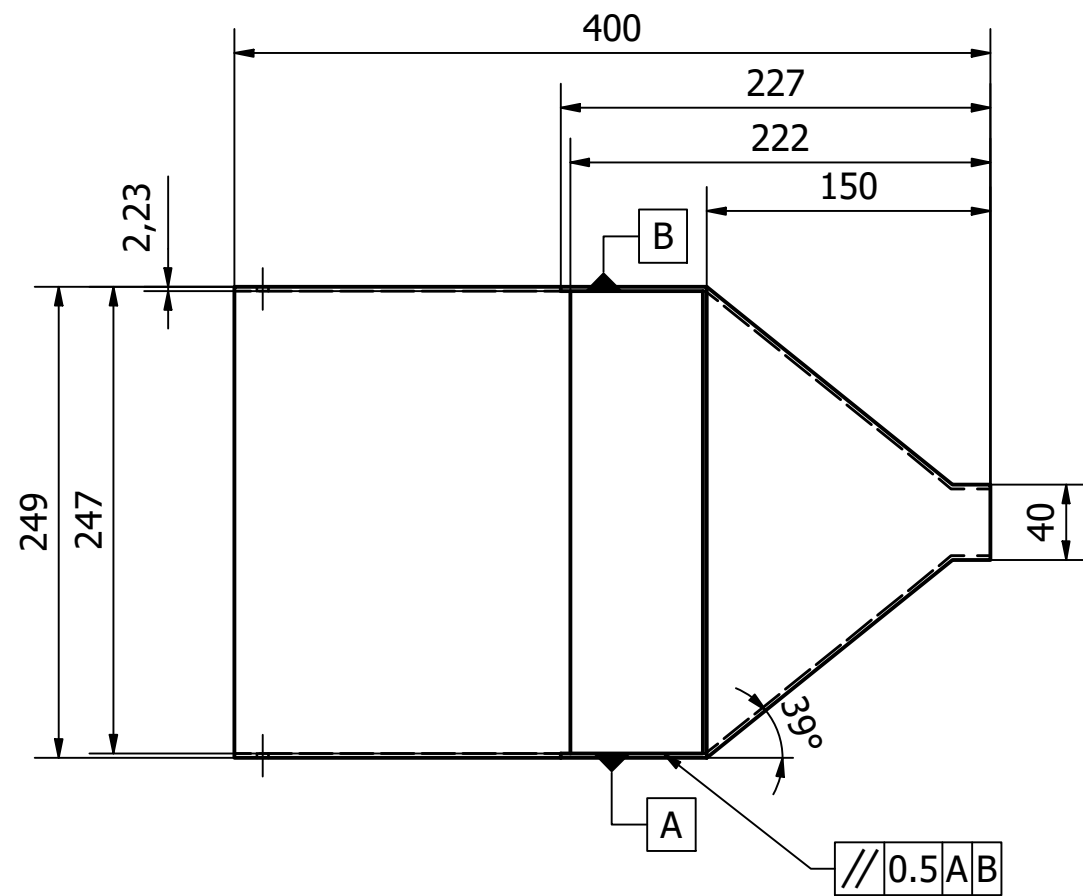
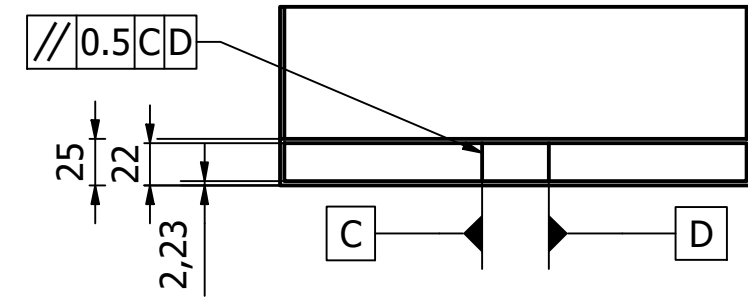
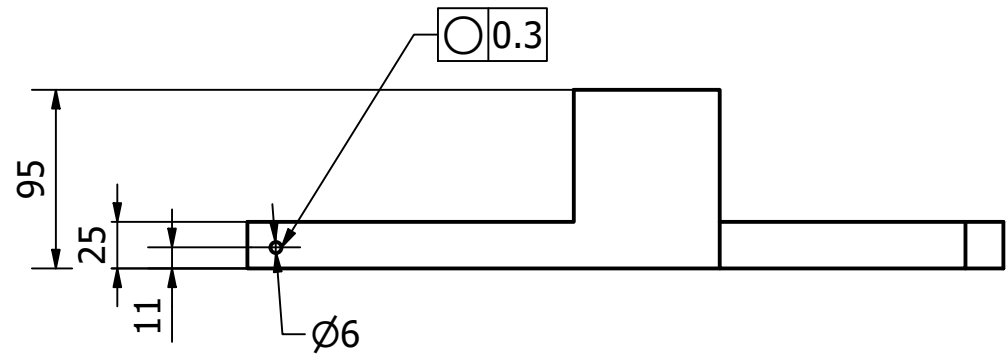
N8

N8: Acabado Generico -
Proveniente de fábrica

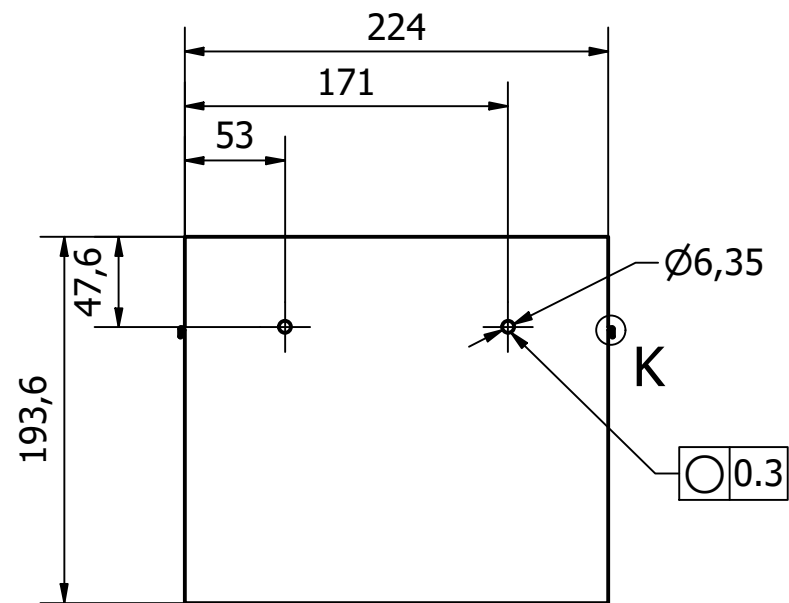
----	1	Pared	Acero inoxidable AISI 304	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	24/6/2024	J. Andrade, P. Romero			
Comprobado		Ing. E. Cardenas			
Laboratorio de Máquinas Herramientas					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
1:3	ISO 2768-m	Máquina Descascaradora de cacao			
Lámina:	15				

N8

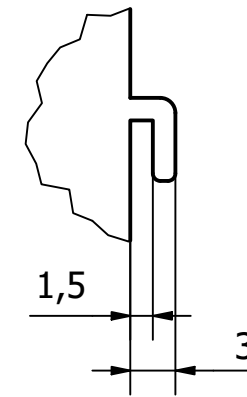
N8: Acabado Generico -
Proveniente de fábrica



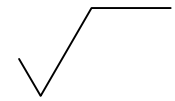
----	1	Bandeja Caída 2	Acero inoxidable AISI 304	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/6/2024	J. Andrade, P. Romero			
Comprobado		Ing. E. Cardenas			
Laboratorio de Máquinas Herramientas					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
1 : 4	ISO 2768-m	Máquina Descascaradora de cacao			
Lámina:	15				



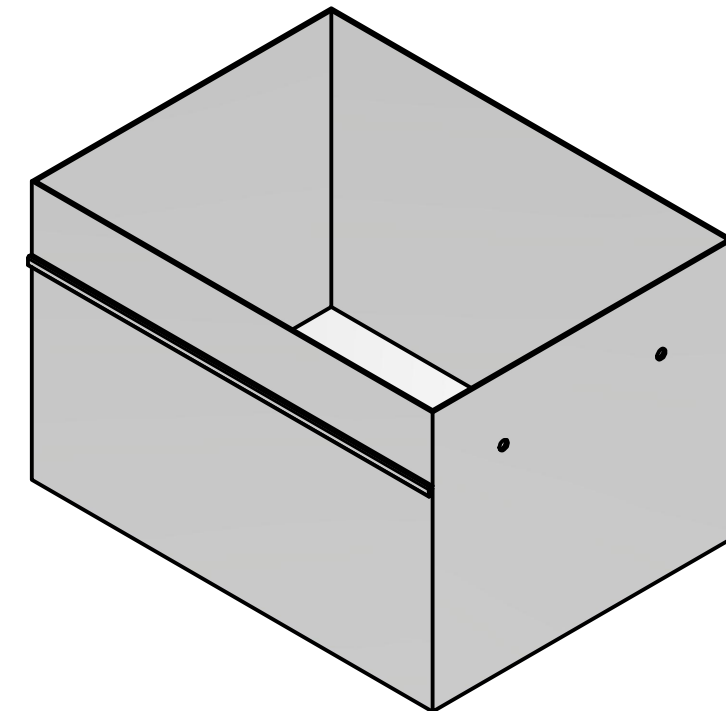
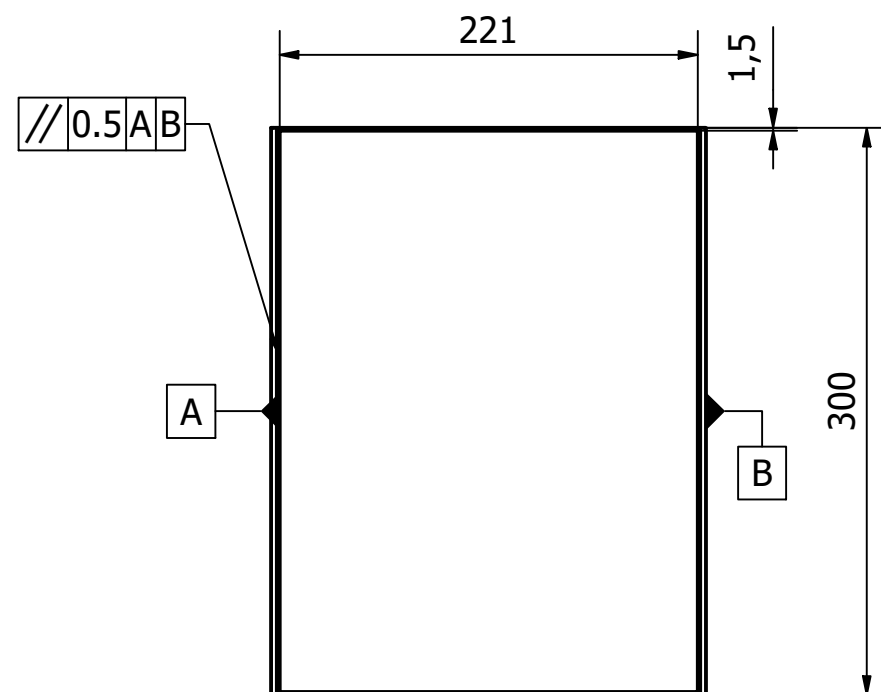
K (2 : 1)



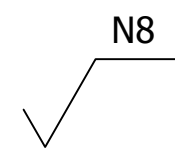
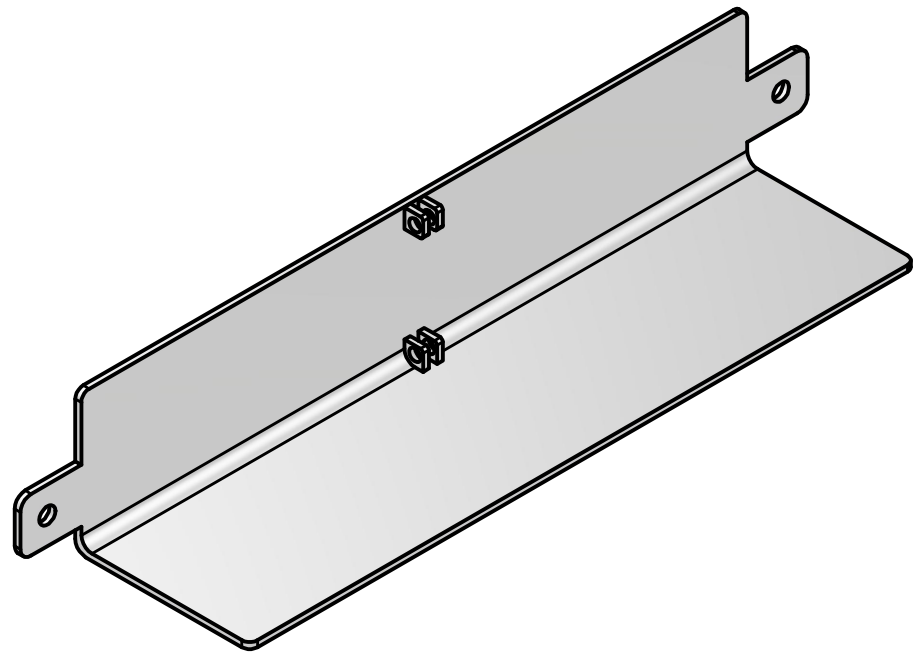
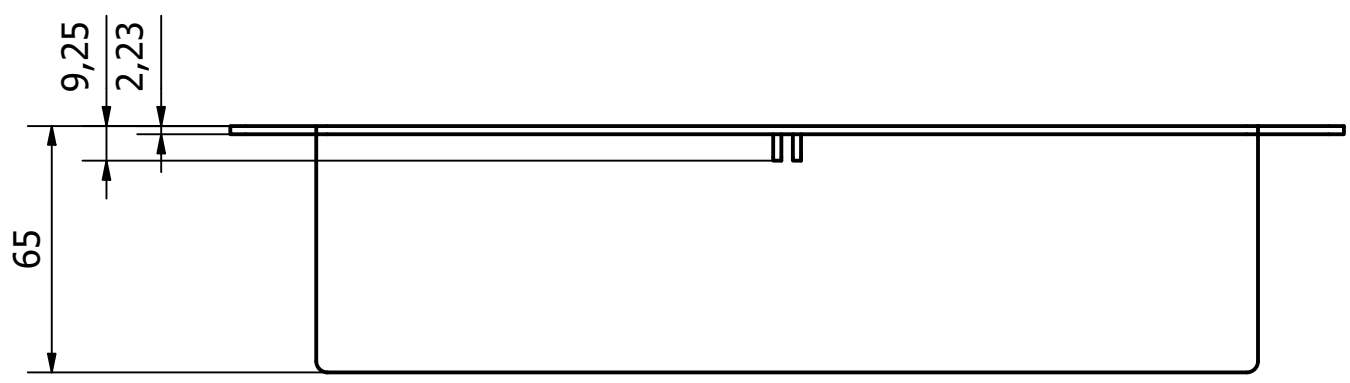
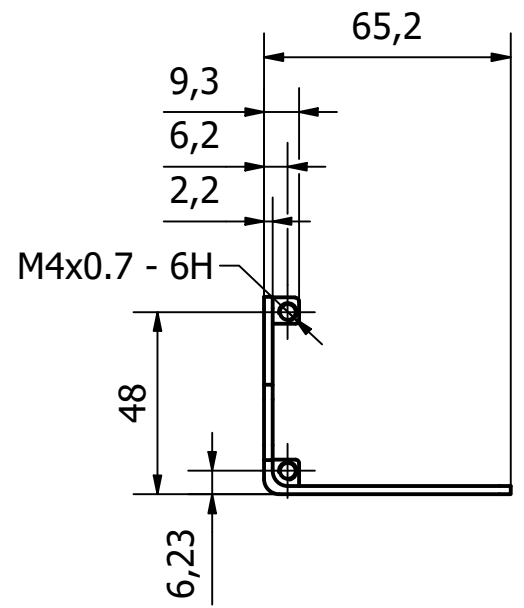
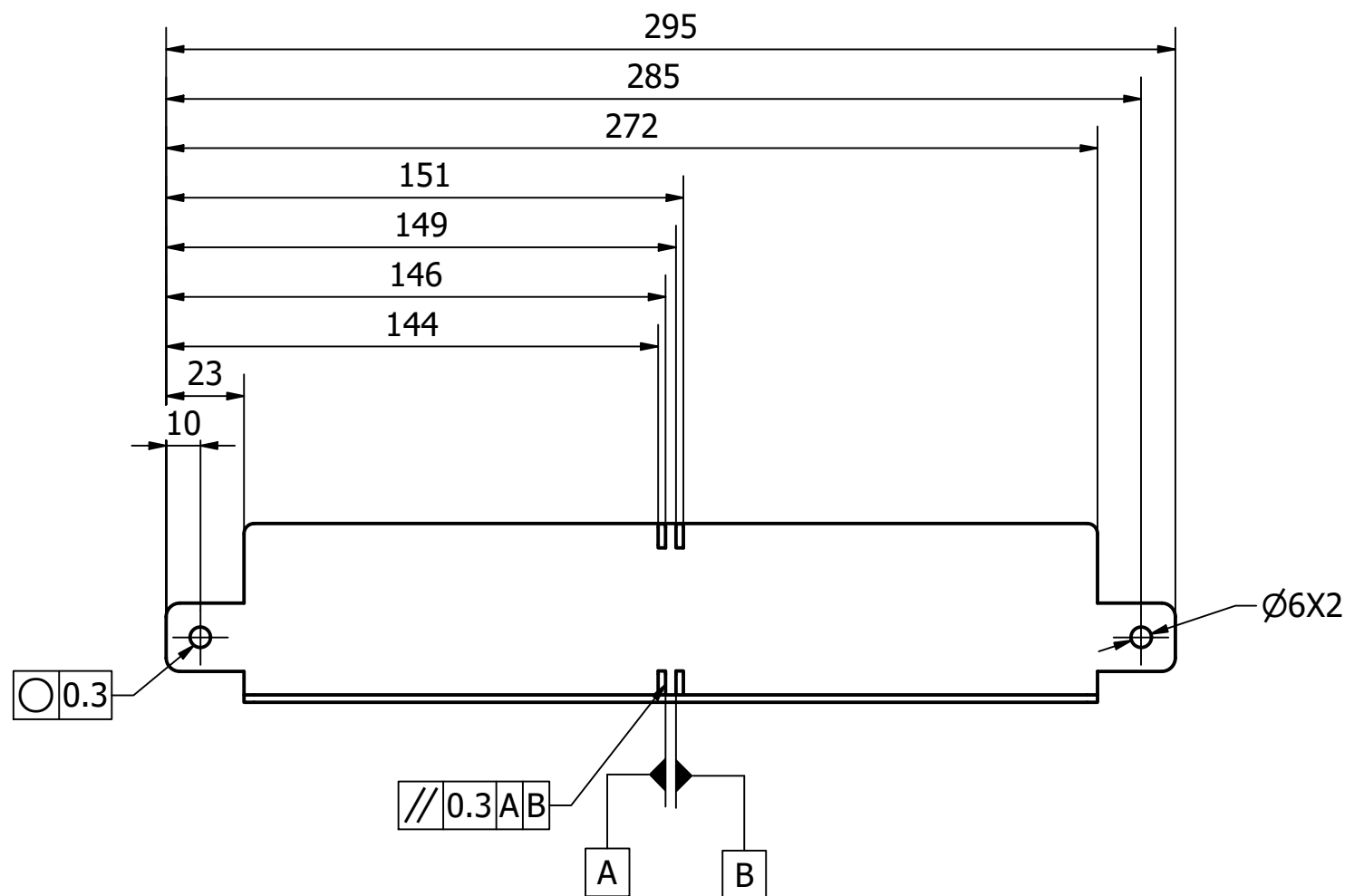
N8



N8: Acabado Generico -
Proveniente de fábrica

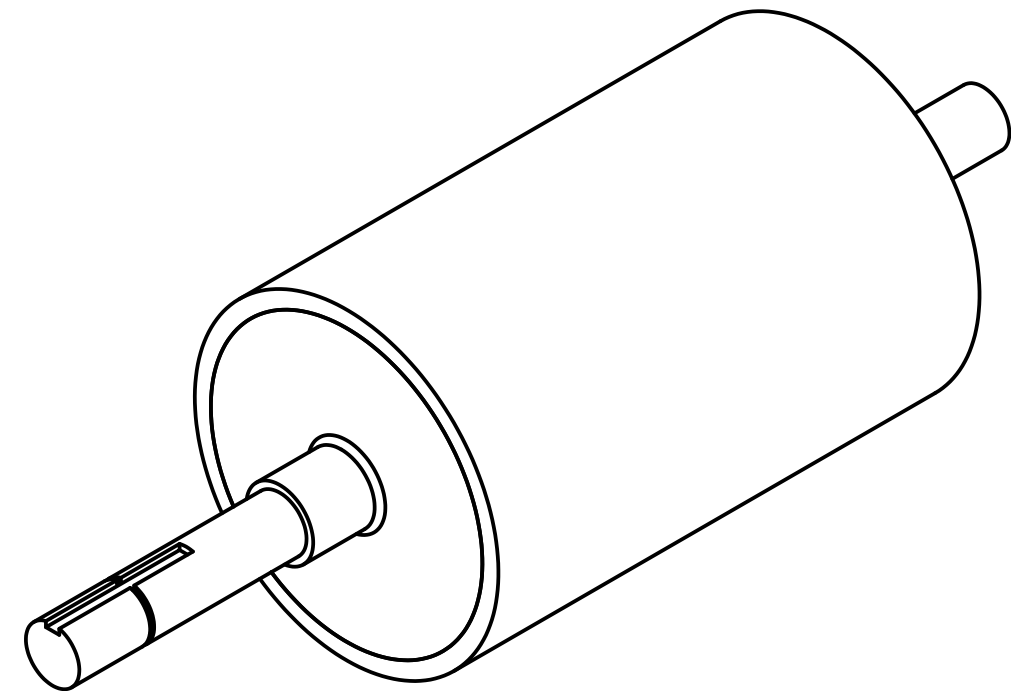
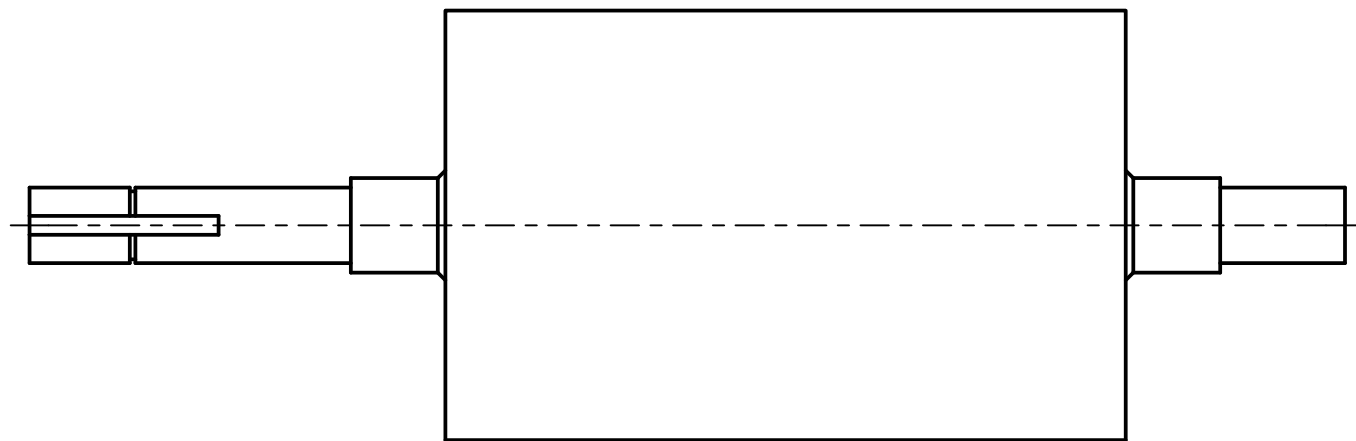
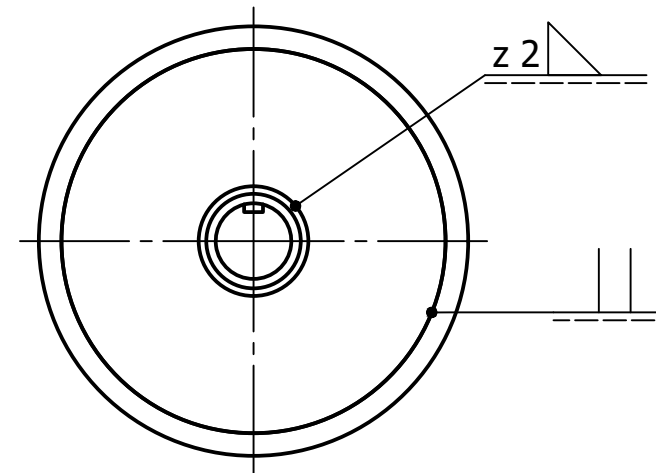
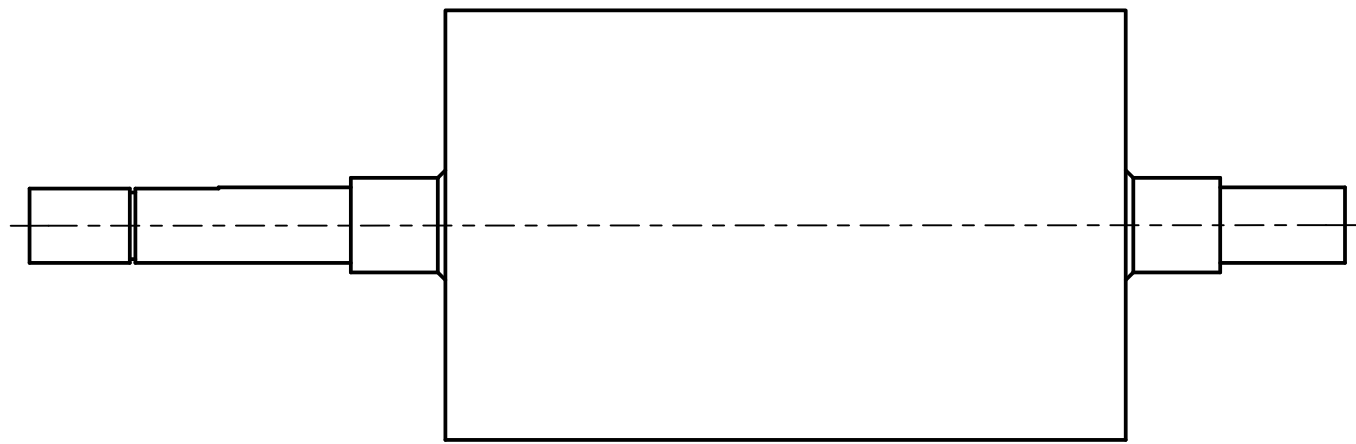


----	1	Cajón	Acero inoxidable AISI 304	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	1/7/2024	J. Andrade, P. Romero			
Comprobado		Ing. E. Cardenas			
Laboratorio de Máquinas Herramientas					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
1 : 4	ISO 2768-m	Máquina Descascaradora de cacao			
Lámina:	15				

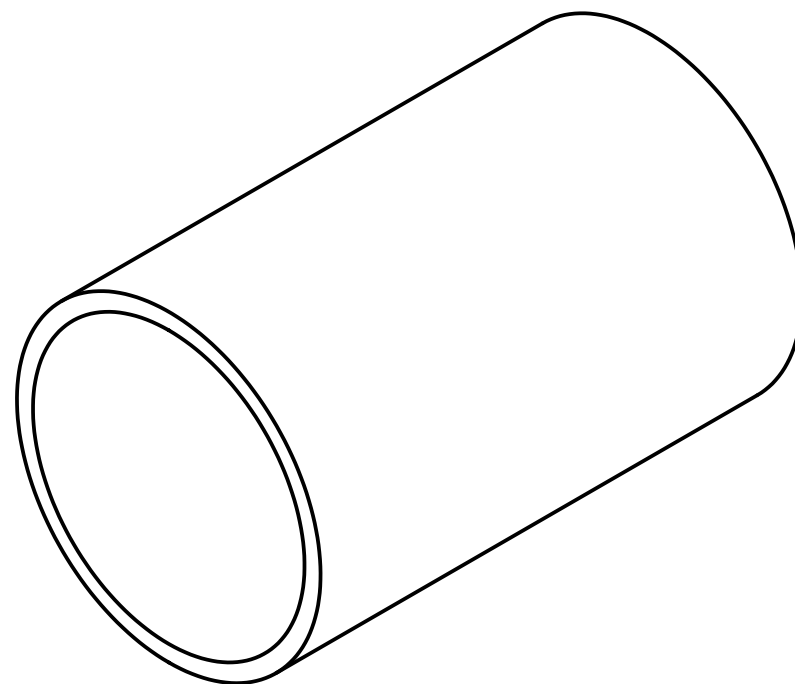
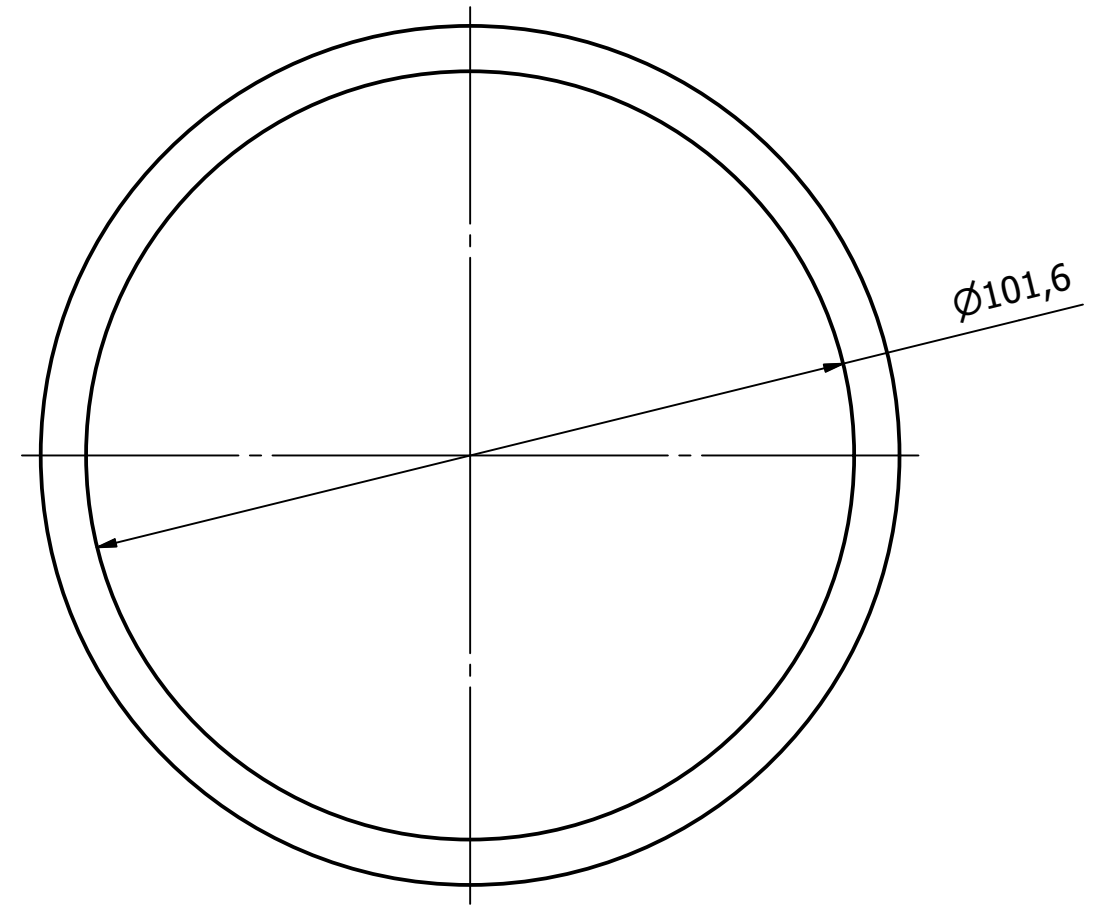
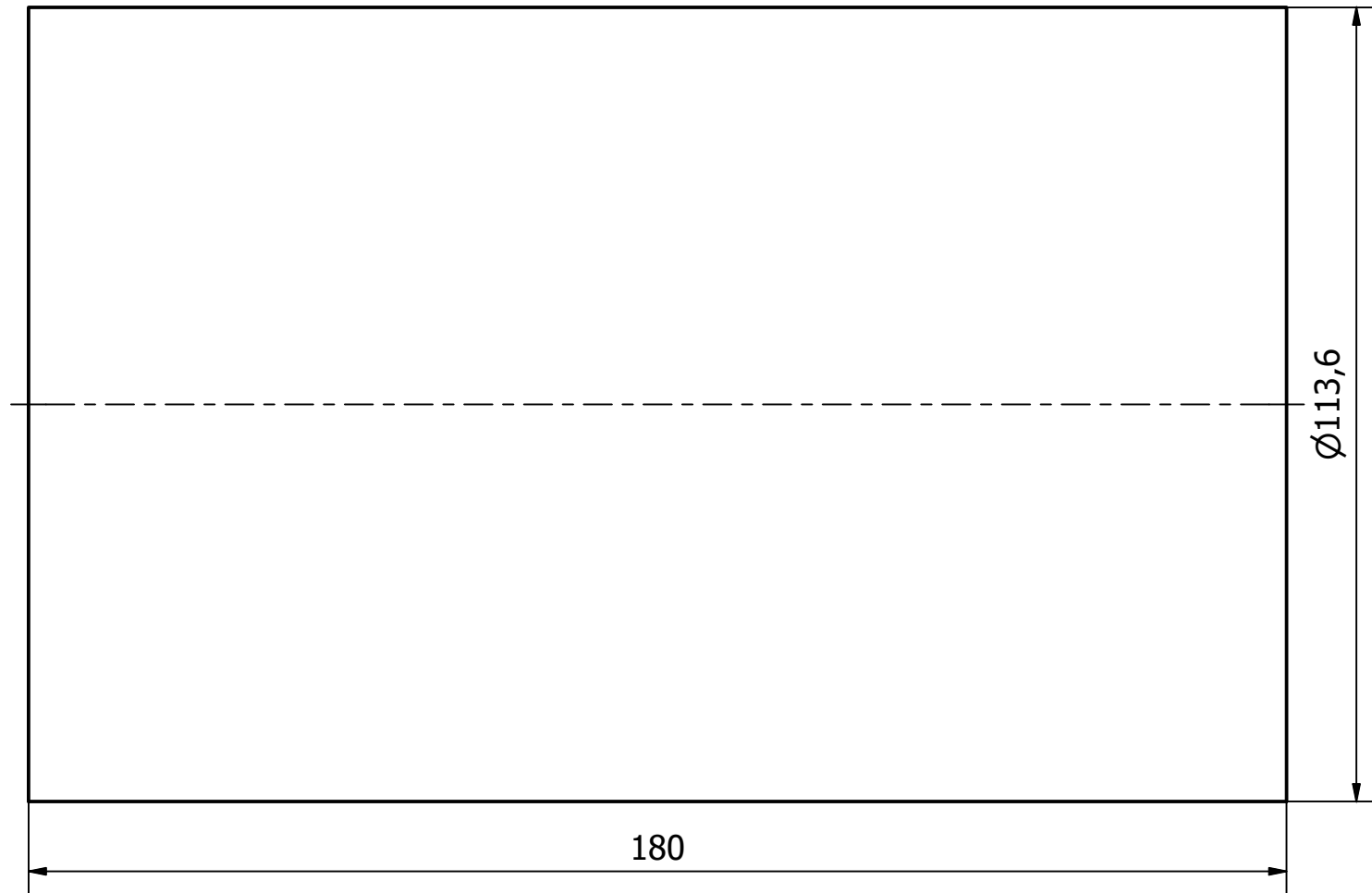



N8: Acabado Generico -
Proveniente de fábrica

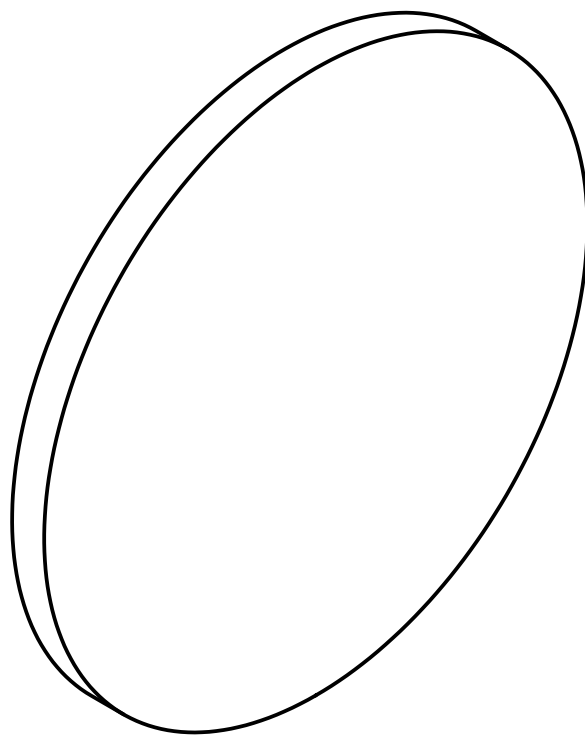
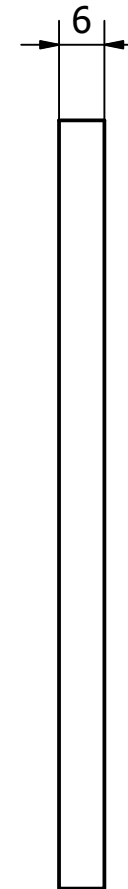
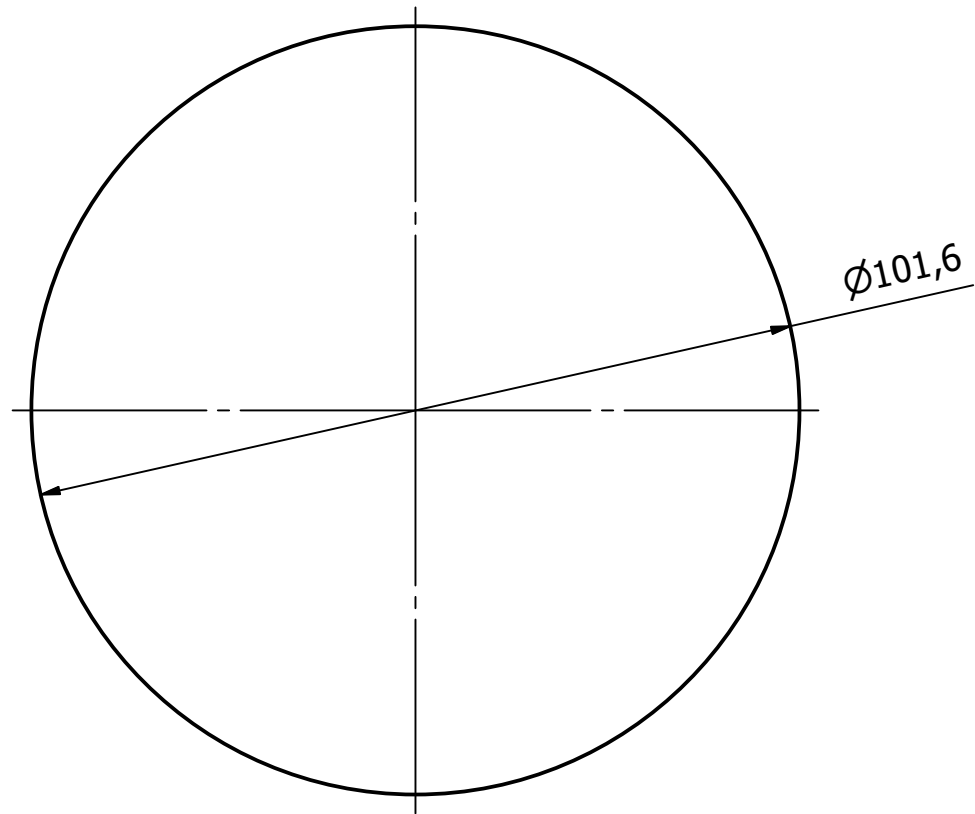
----	1	Soporte del Soplador	Acero inoxidable AISI 304	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	30/6/2024	J. Andrade, P. Romero			
Comprobado		Ing. E. Cardenas			
Laboratorio de Máquinas Herramientas					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
1 : 2	ISO 2768-m	Máquina Descascaradora de cacao			
Lámina:	15				



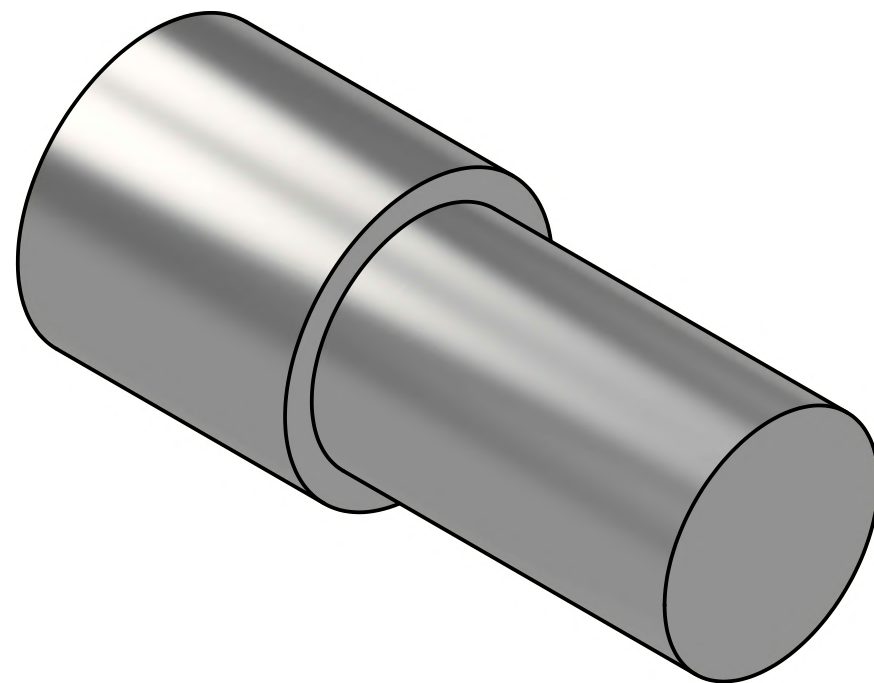
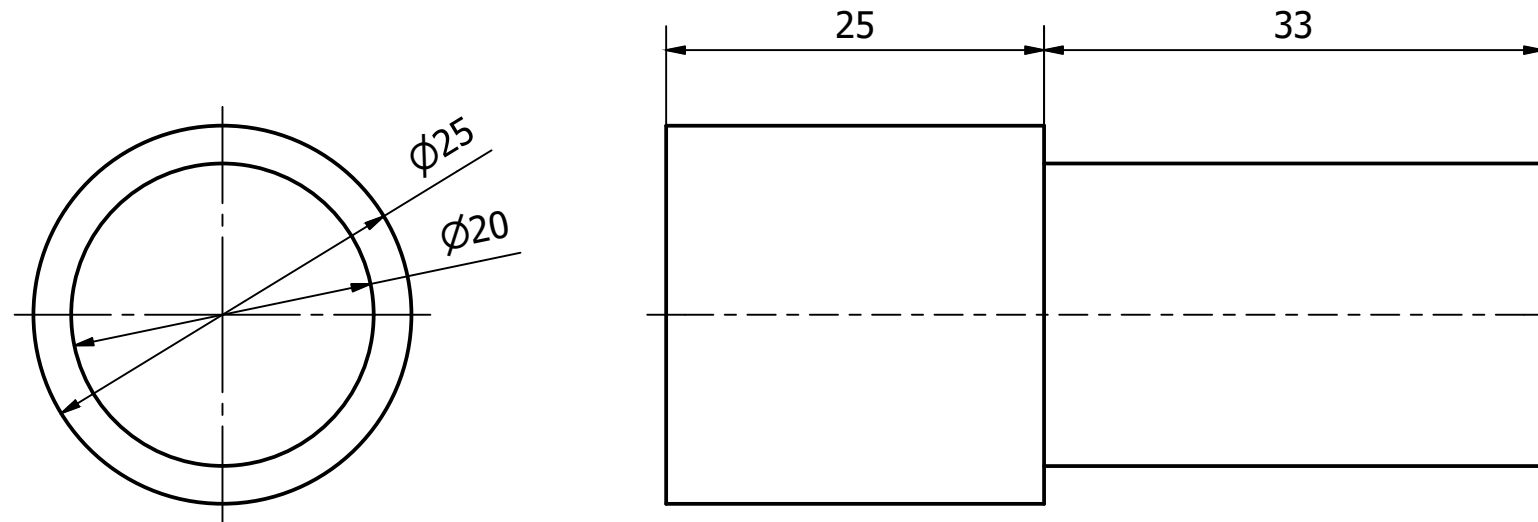
----	2	Rodillos trituradores	Varios materiales	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala: 1:2	Tol. gen.: ISO 2768-m	Conjunto:			
Lámina: CAV 03	Maquina trituradora de cacao				



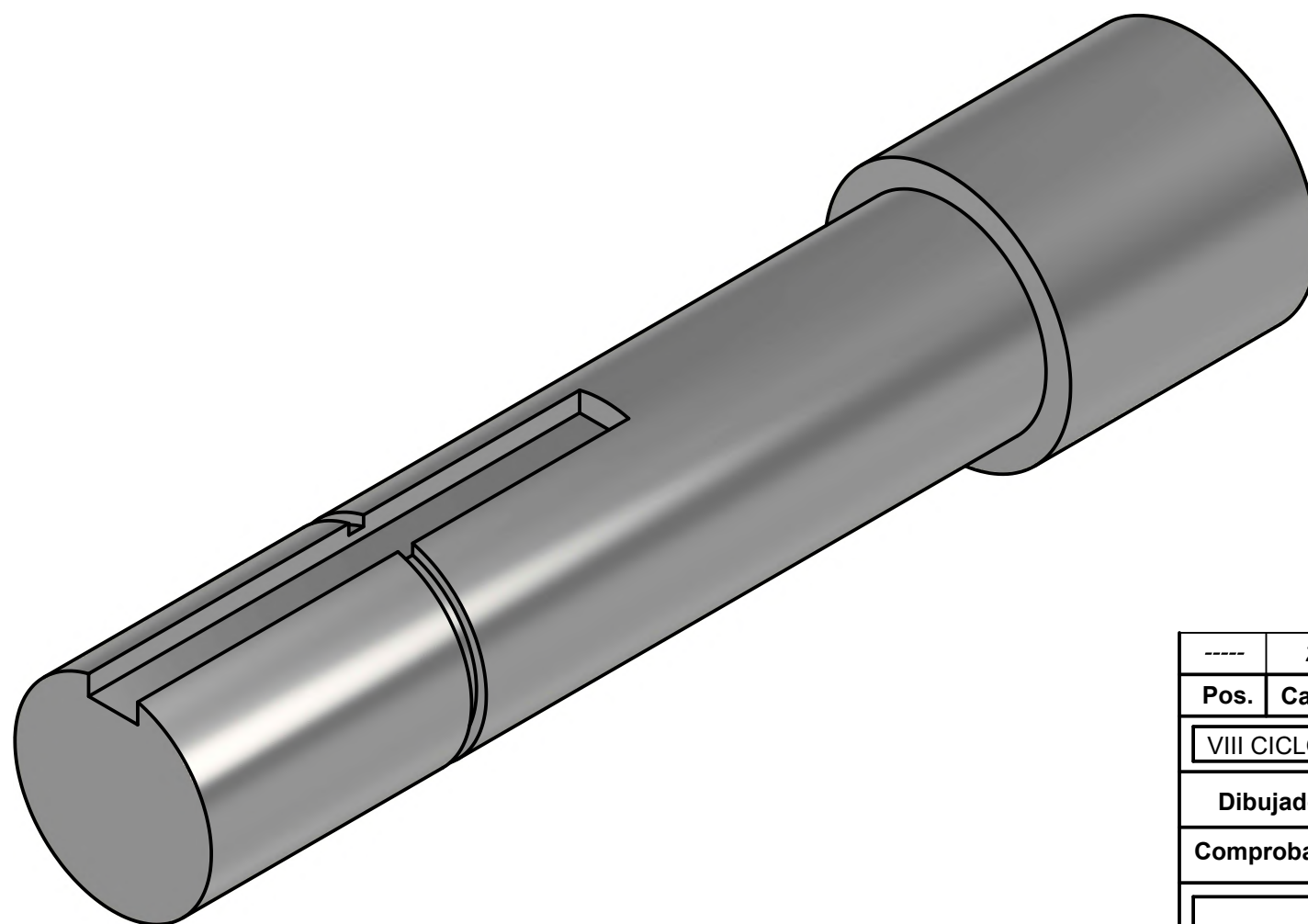
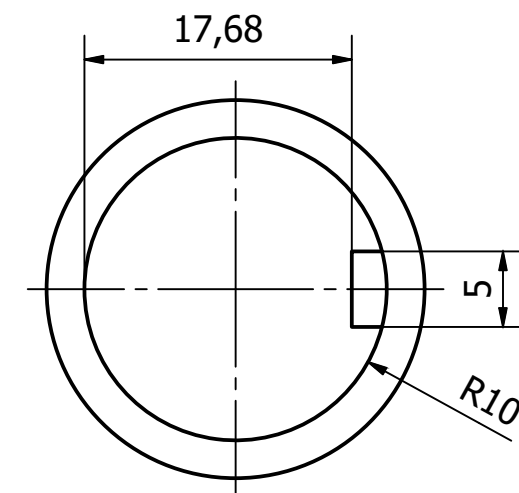
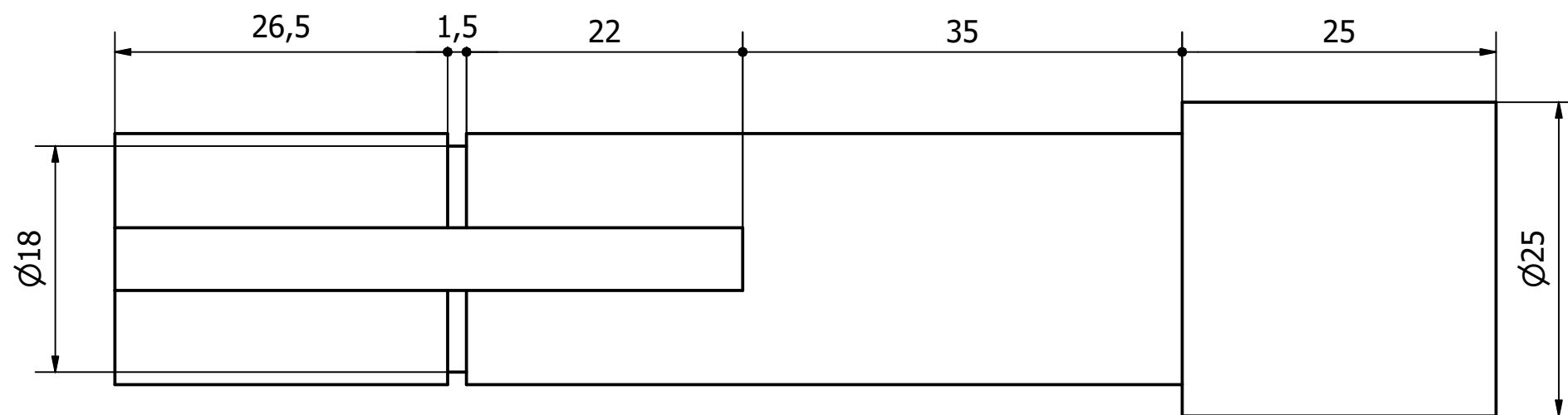
----	2	Tubo triturador		Acero Inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre			UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui				
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas				
Integración Curricular				INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Escala: 1:10	Tol. gen.: ISO 2768-m	Suconjunto:				
Lámina: CAV 04		Rodillos trituradores				




----	4	Tapa de rodillos	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala: 1:1	Tol. gen.: ISO 2768-m	Subconjunto:			
Lámina: CAV 05	Rodillos trituradores				



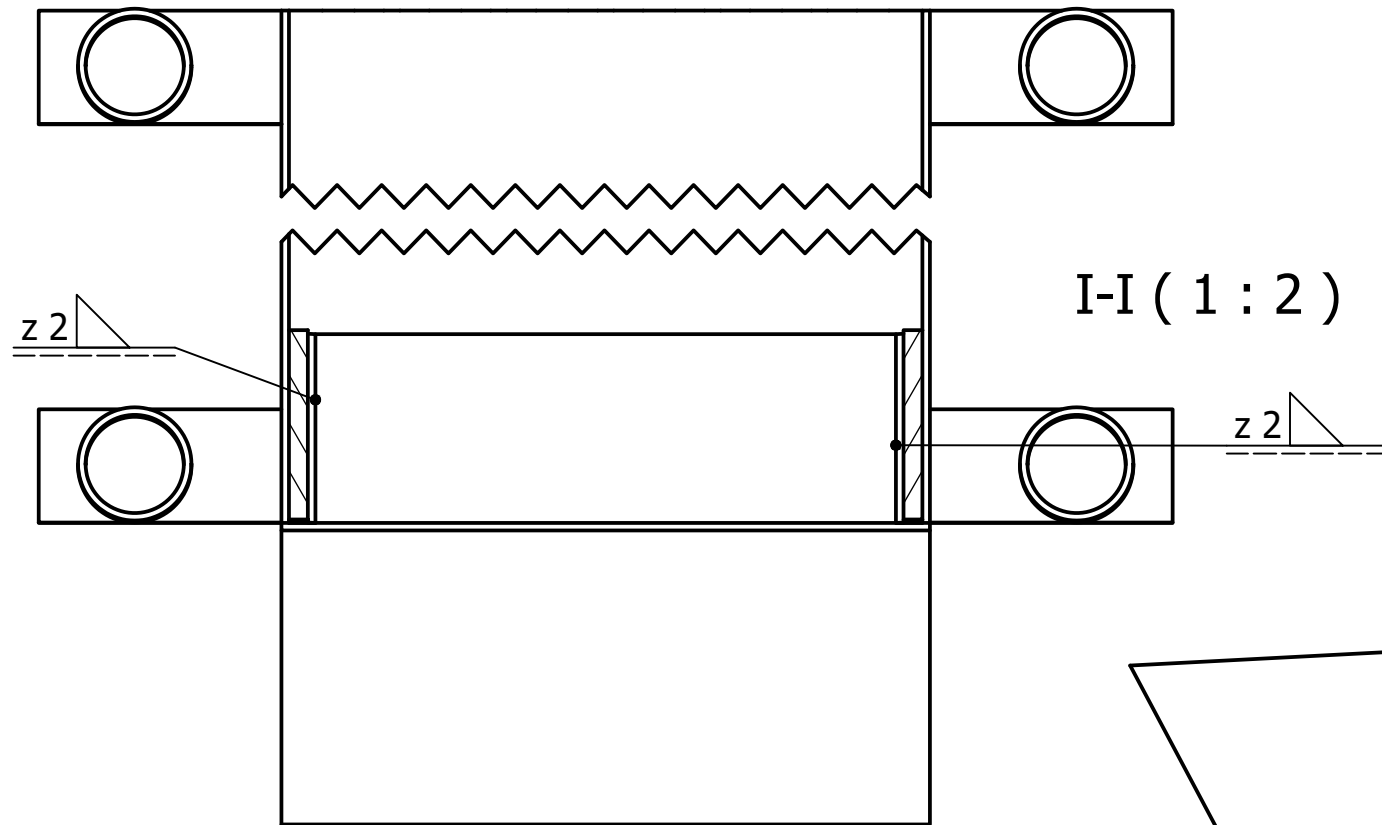
----	2	Vastago pequeño	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
2:1	ISO 2768-m	Rodillos trituradores			
Lámina:	CAV 06				



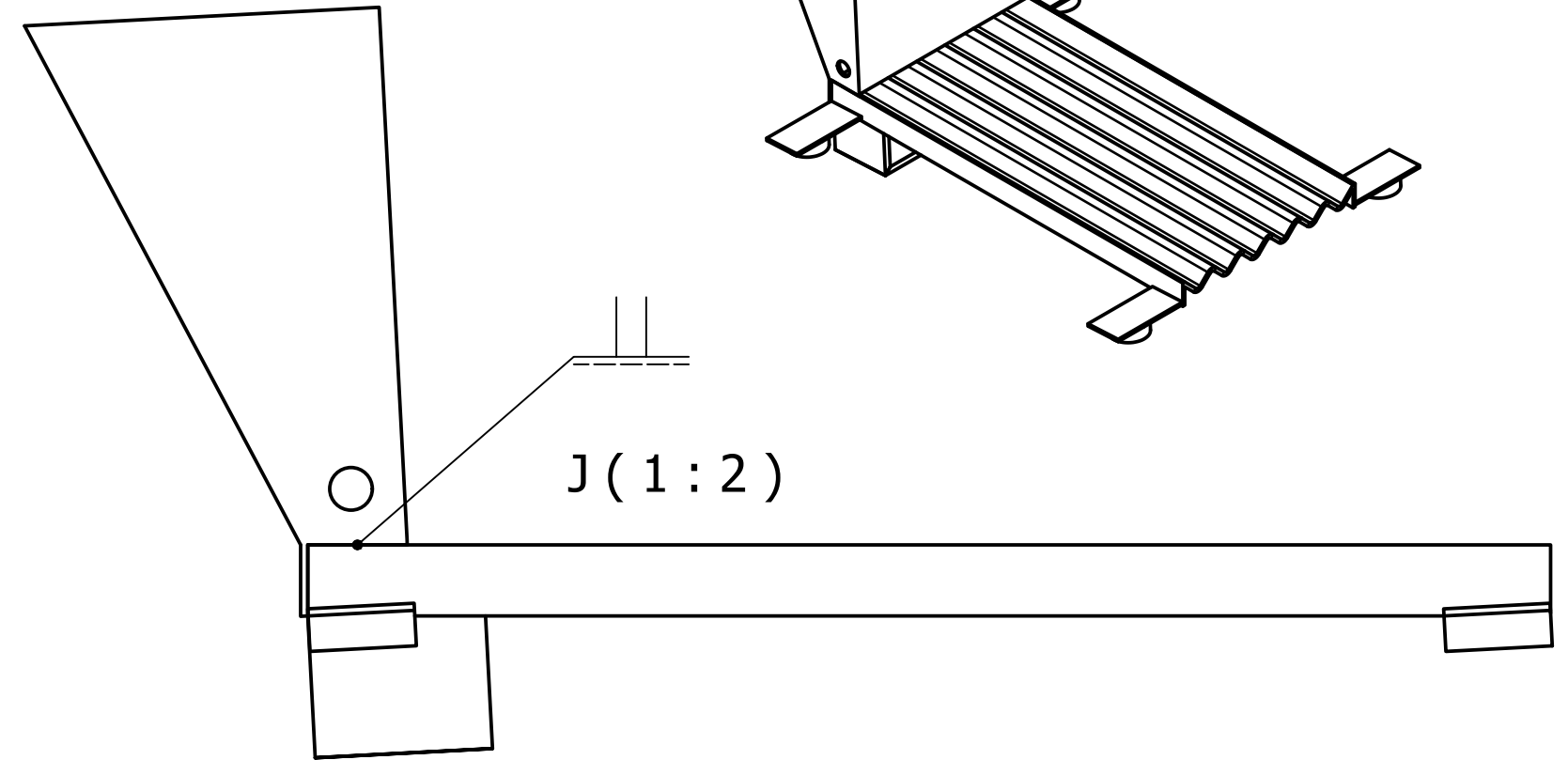
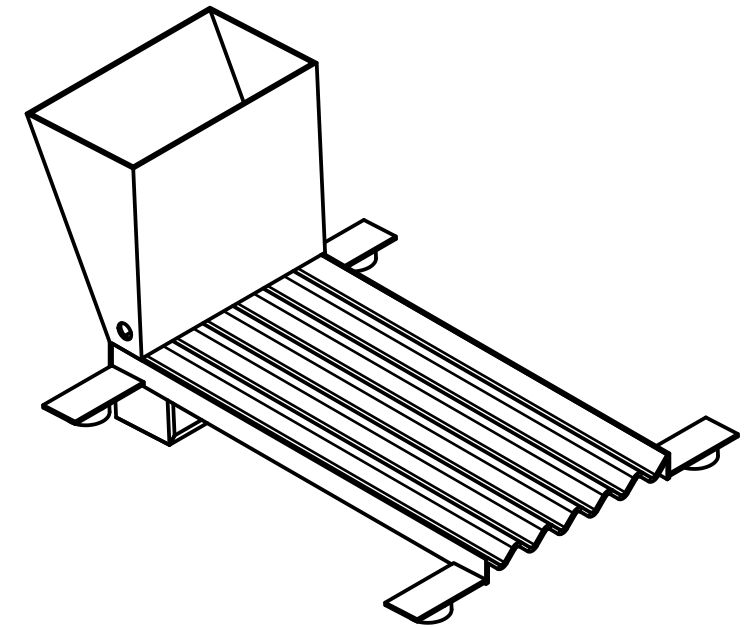
----	2	Vastago largo	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
2:1	ISO 2768-m	Rodillos trituradores			
Lámina:	CAV 07				

Lista de piezas

Parte	Cantidad	Nombre de pieza
1	1	Zaranda
2	1	Tolva superior
3	1	Sostiene motor

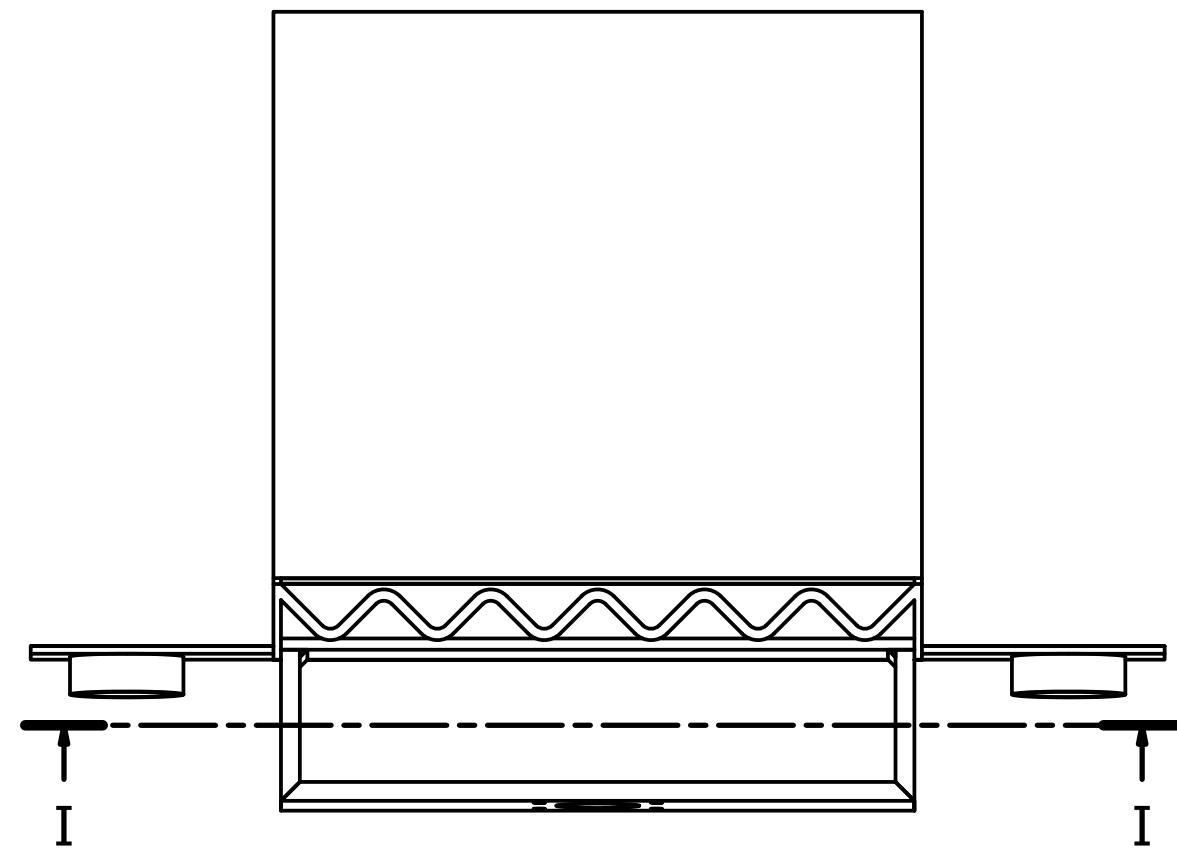


I-I (1 : 2)



J (1 : 2)

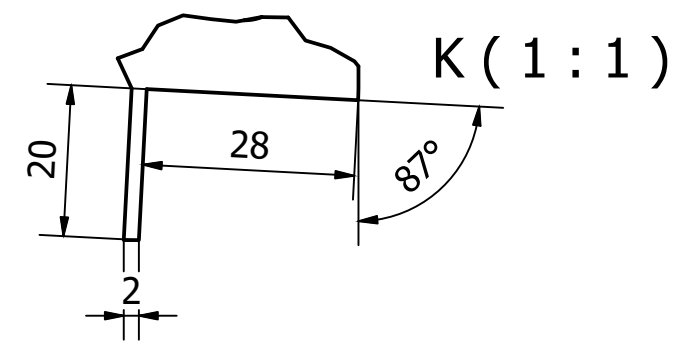
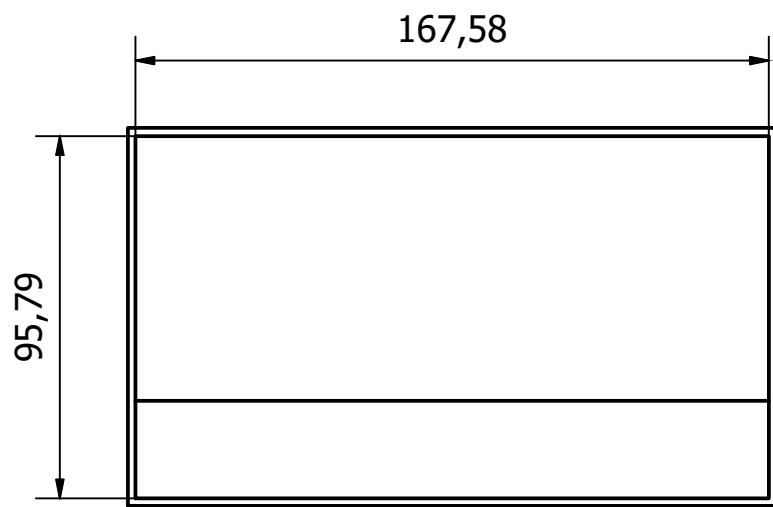
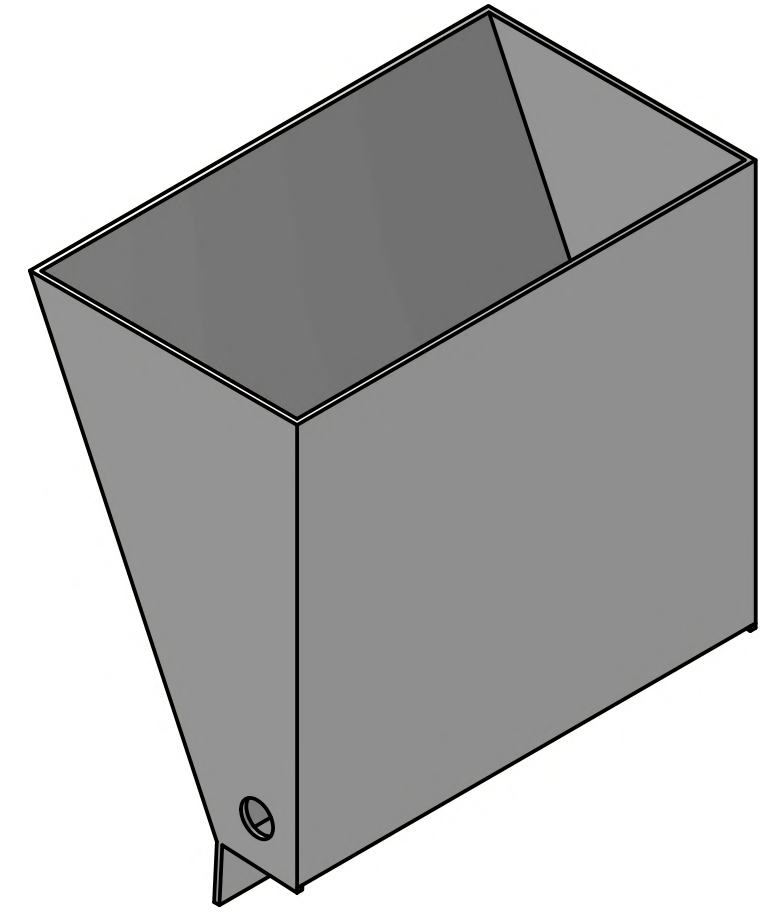
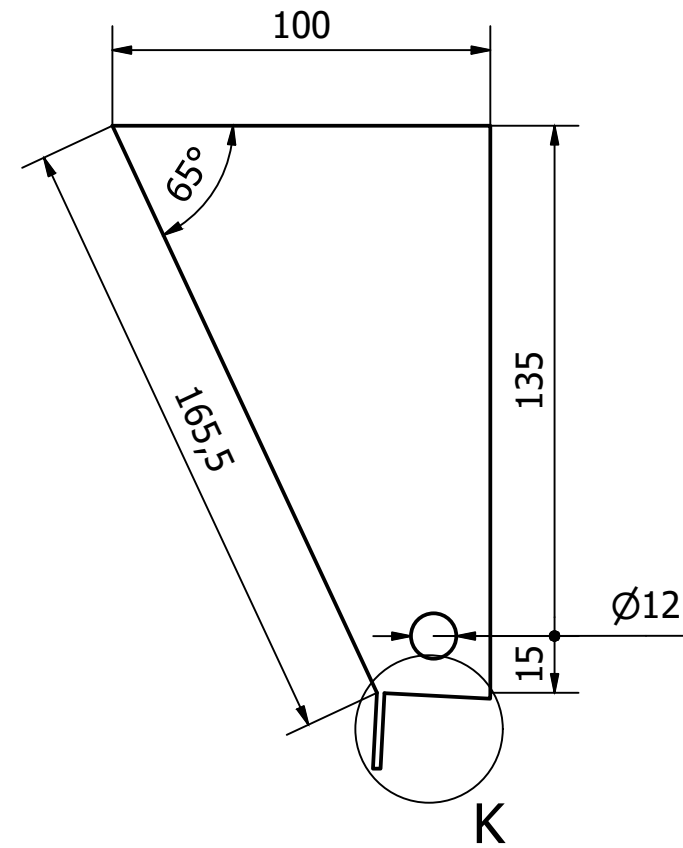
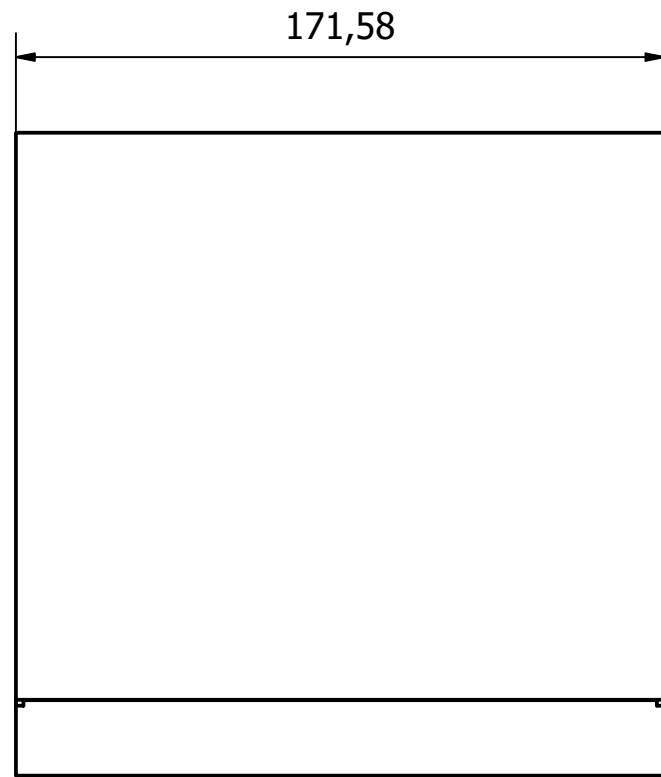
J




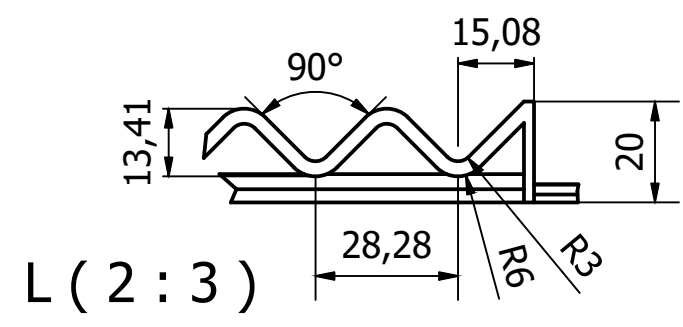
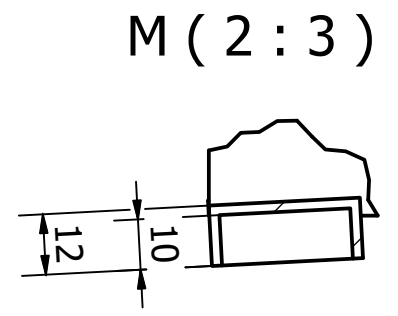
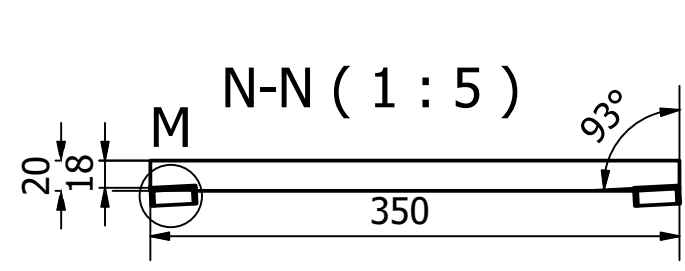
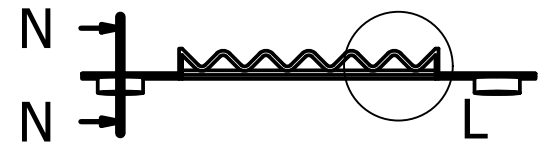
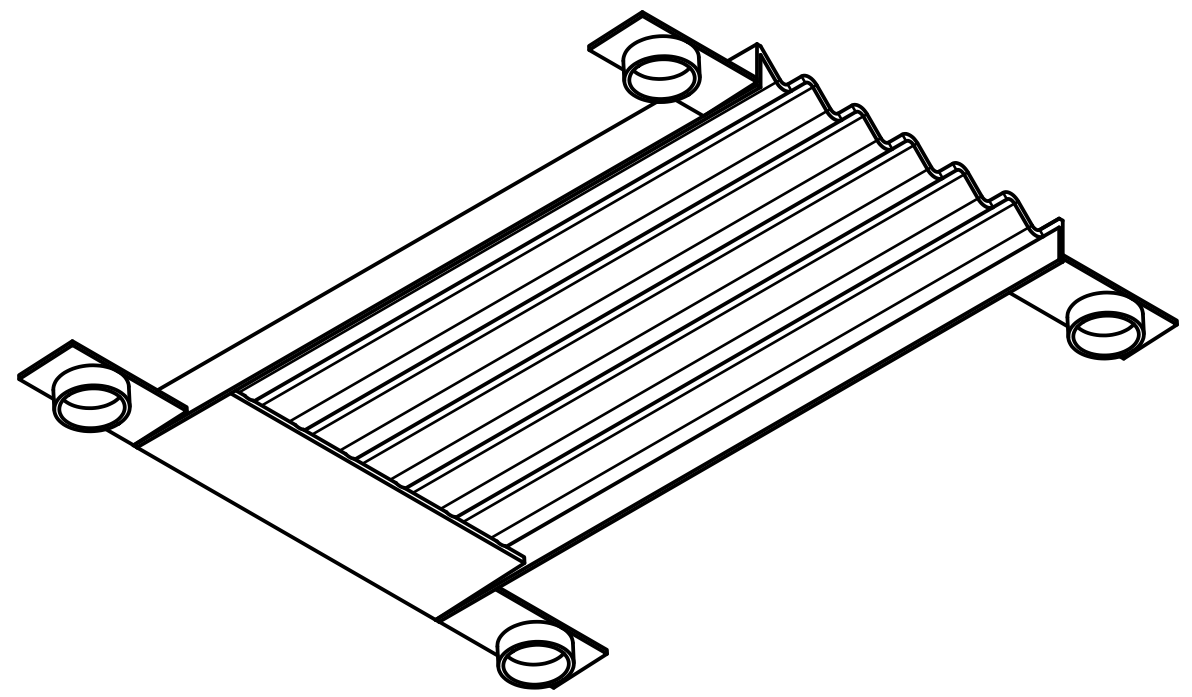
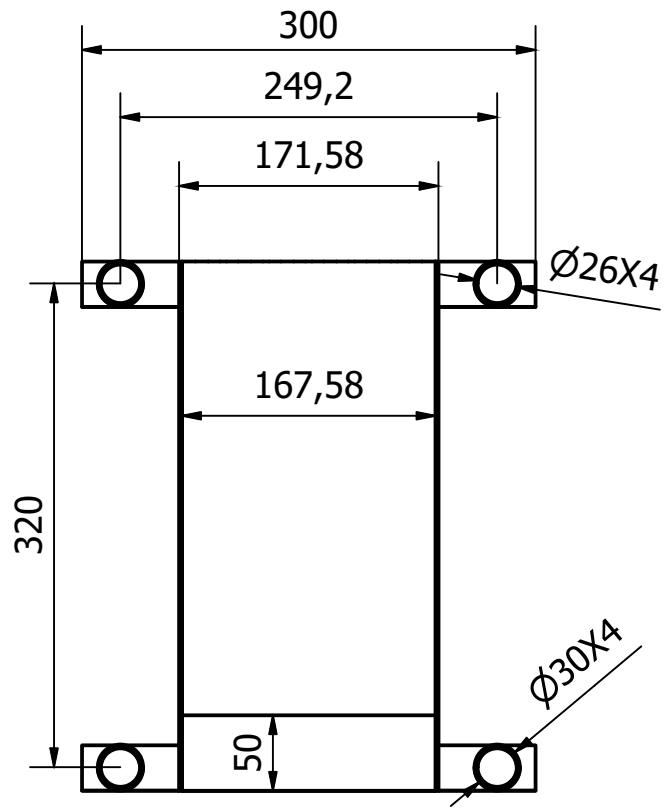
I

I

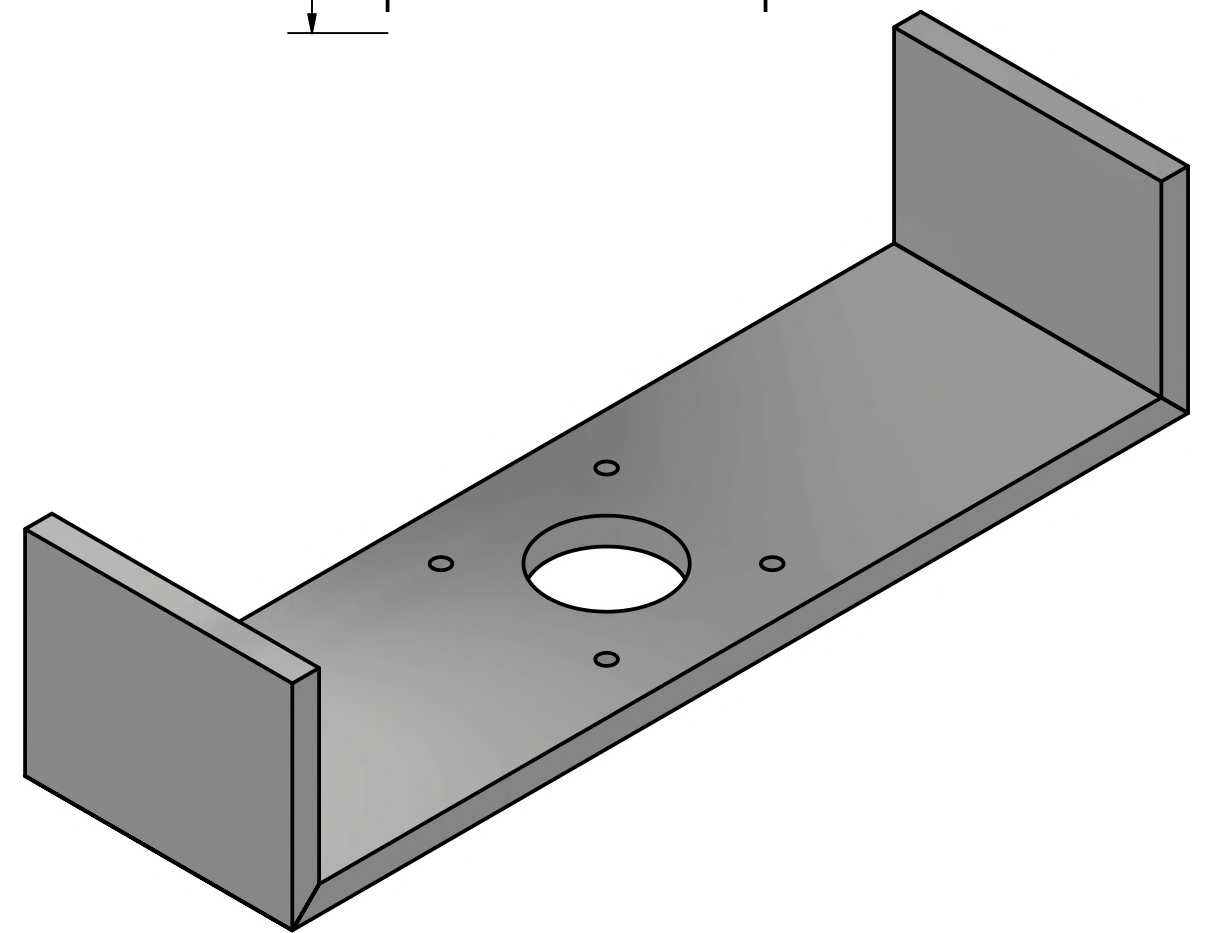
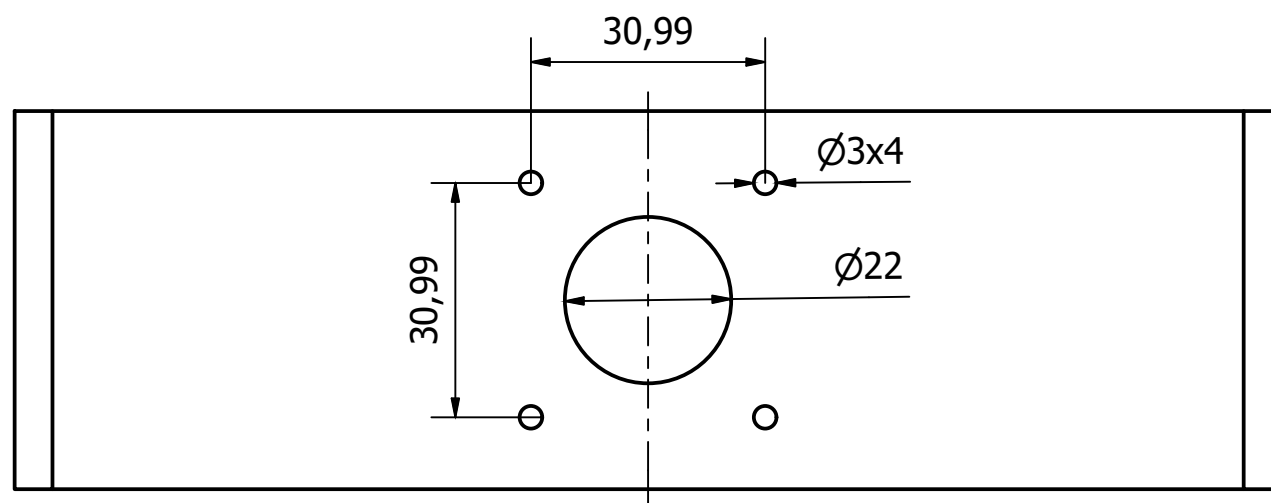
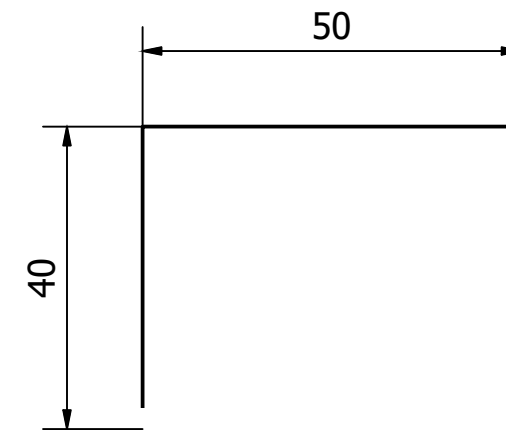
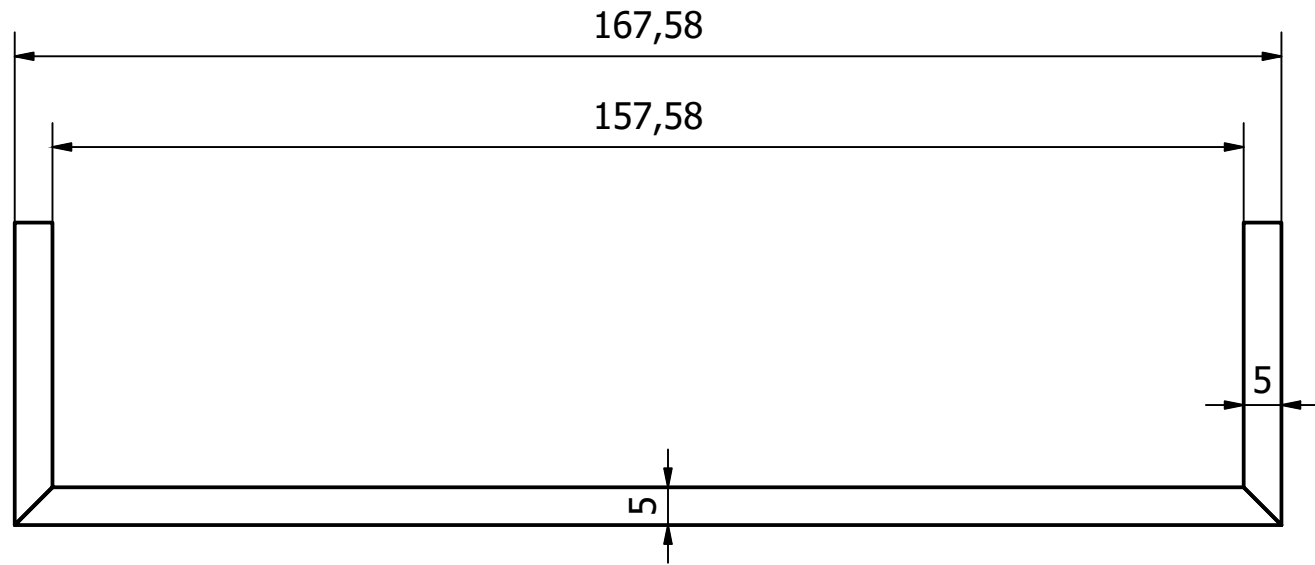
-----	1	Alimentador	Acero inoxidable	SAE 1018	-----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:5	ISO 2768-m				
Lámina:	CAV 08	Maquina trituradora de cacao			



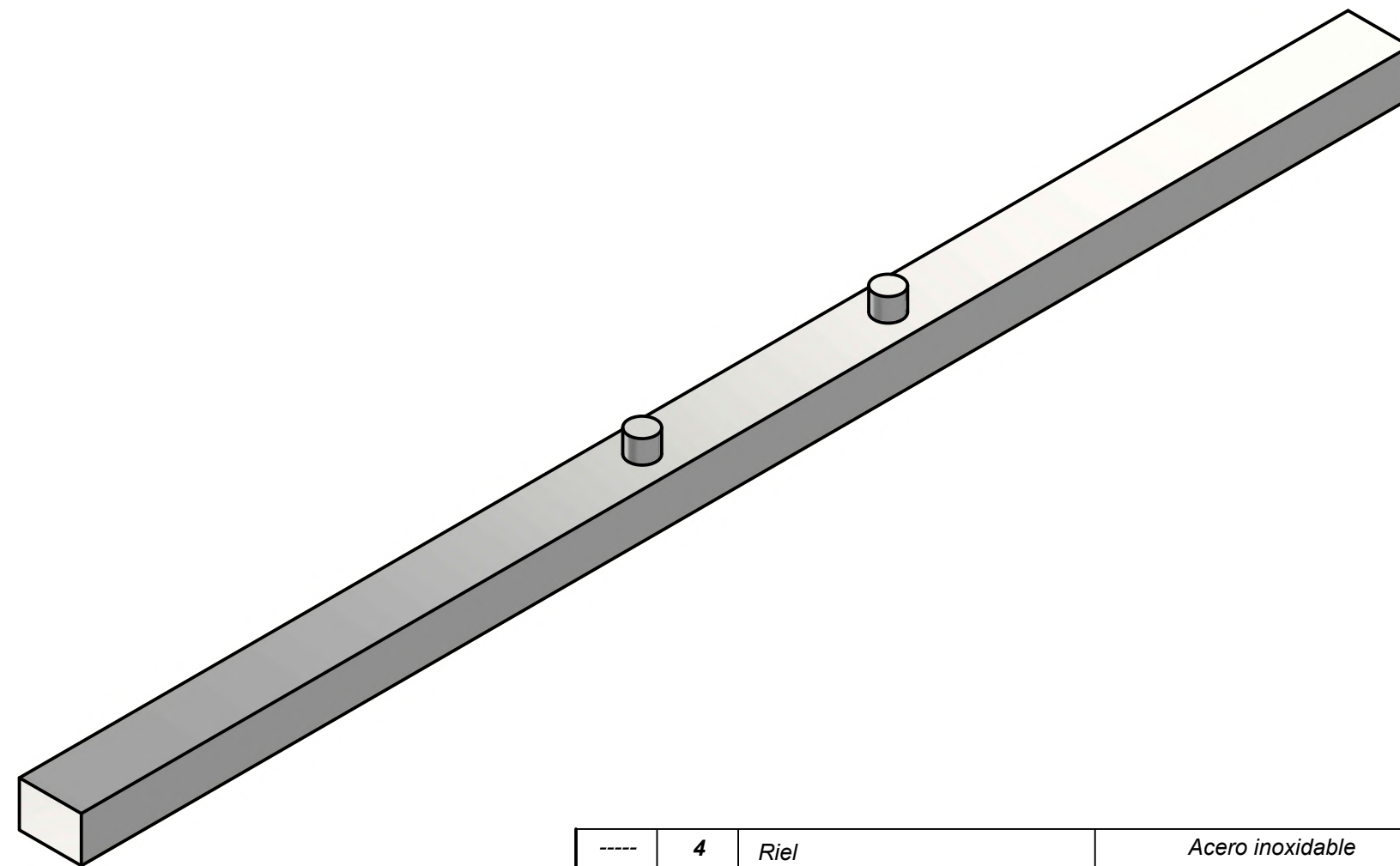
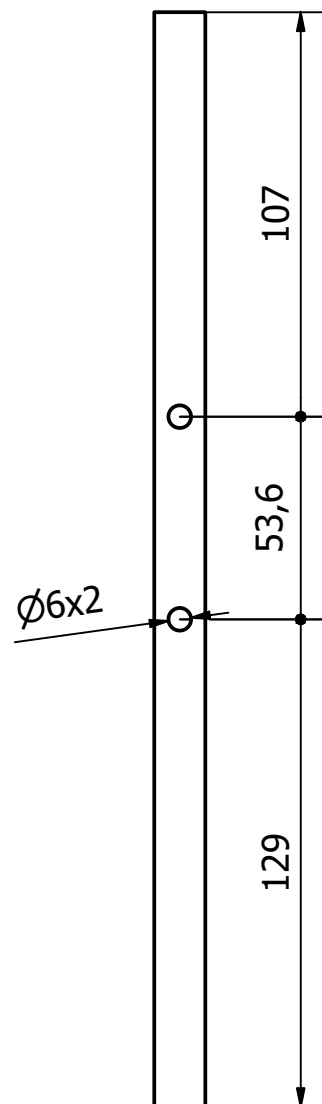
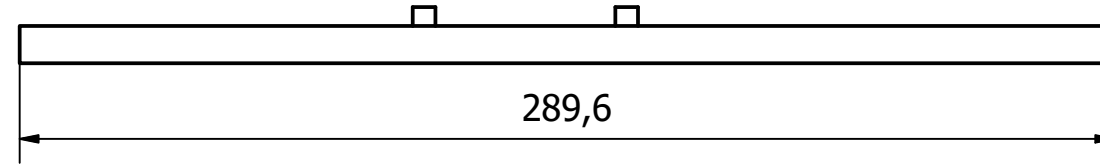
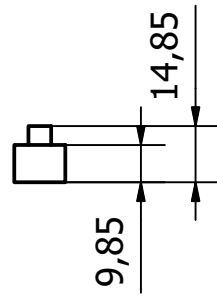
----	1	Tolva de entrada		Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO		Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui				
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas				
Integración Curricular				INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Escala: 1:2	Tol. gen.: ISO 2768-m	Subconjunto:				
Lámina: CAV 09	Alimentador					




----	1	Zaranda	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
1:5	ISO 2768-m	Alimentador			
Lámina:	CAV 10				



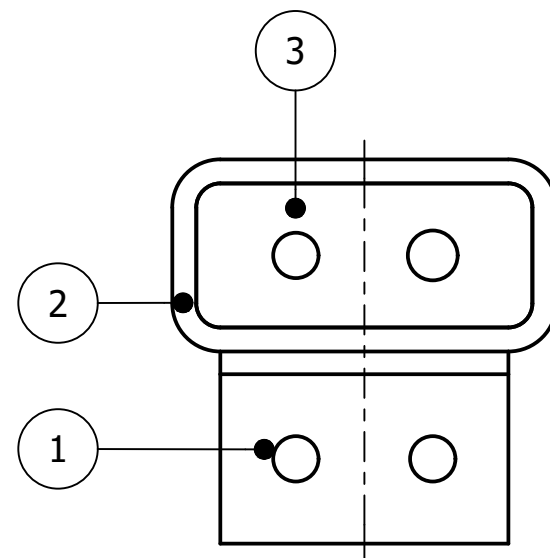
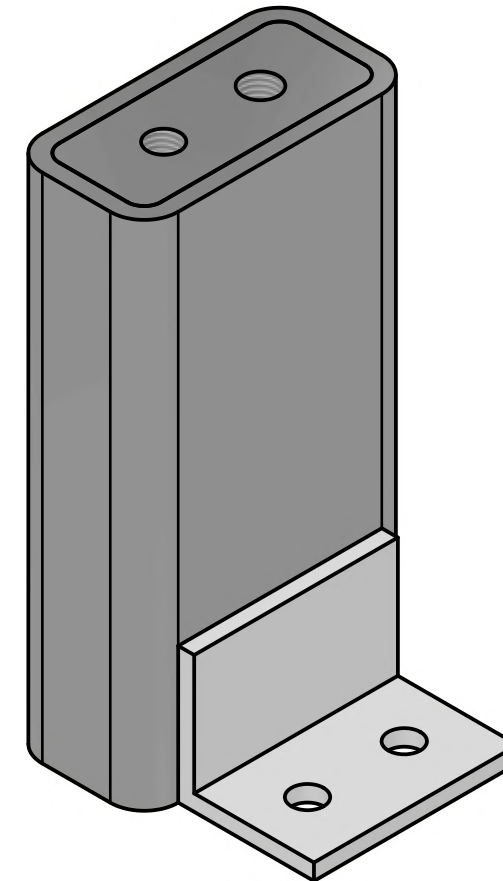
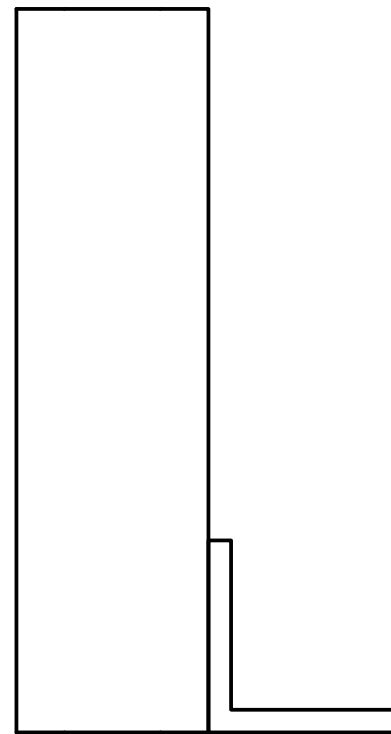
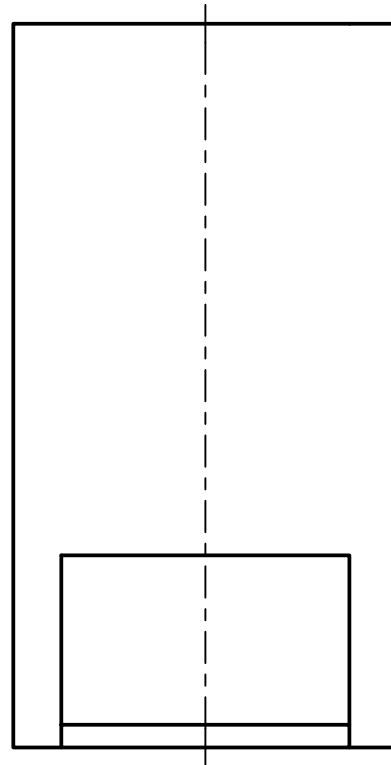
----	1	Sostiene motor	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
1:1	ISO 2768-m	Alimentador			
Lámina:	CAV 11				




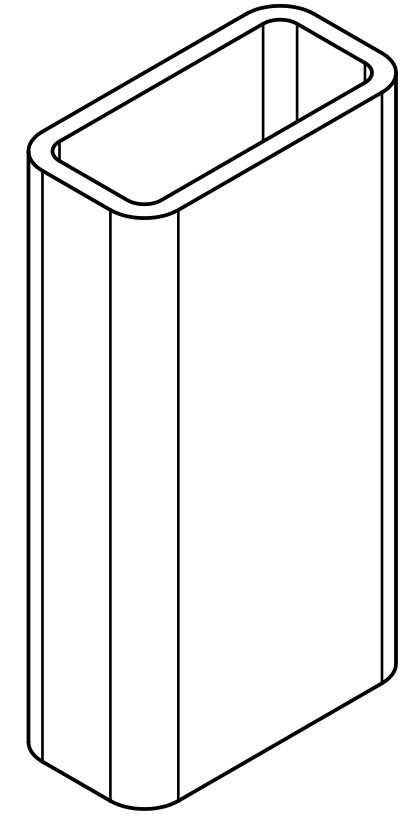
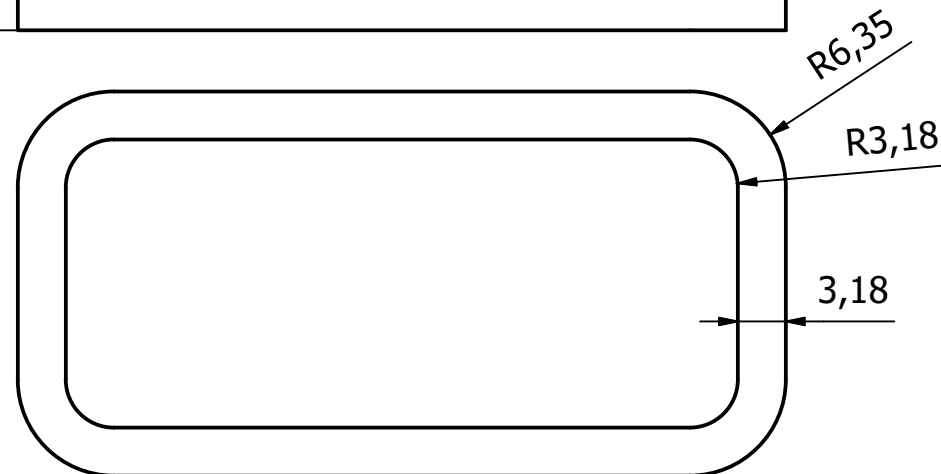
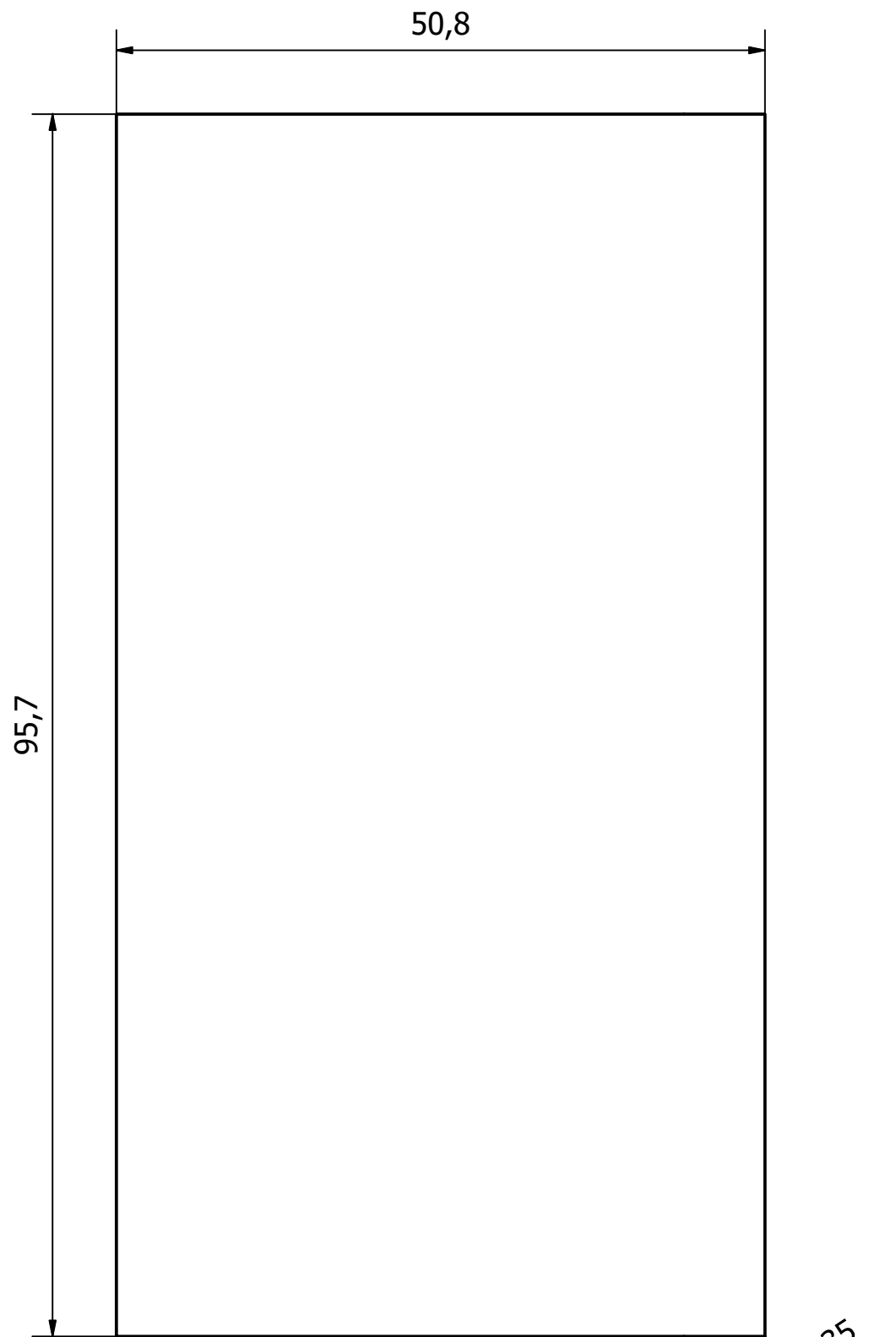
----	4	Riel	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:2	ISO 2768-m	Trituradora de cacao			
Lámina:	CAV 12				

Lista de piezas

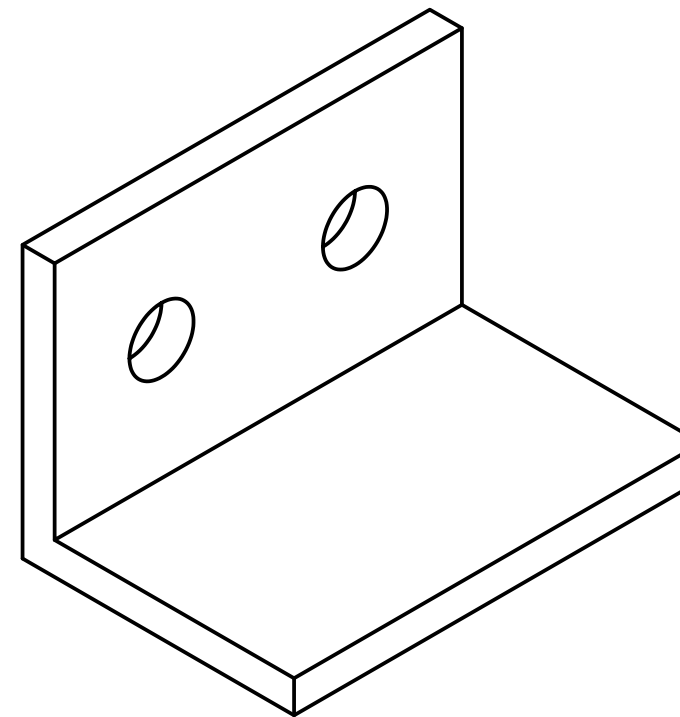
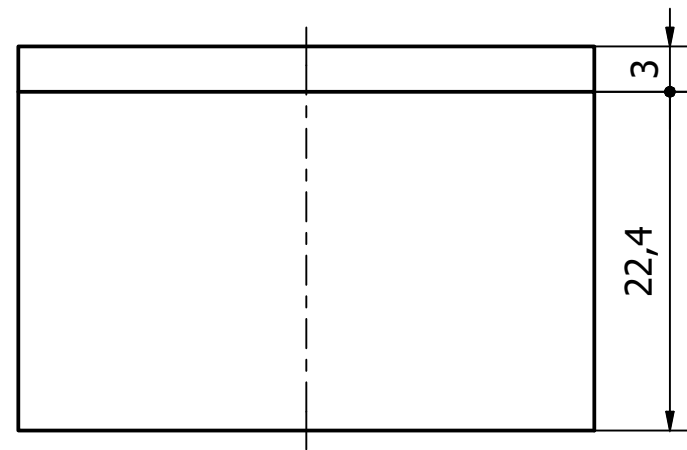
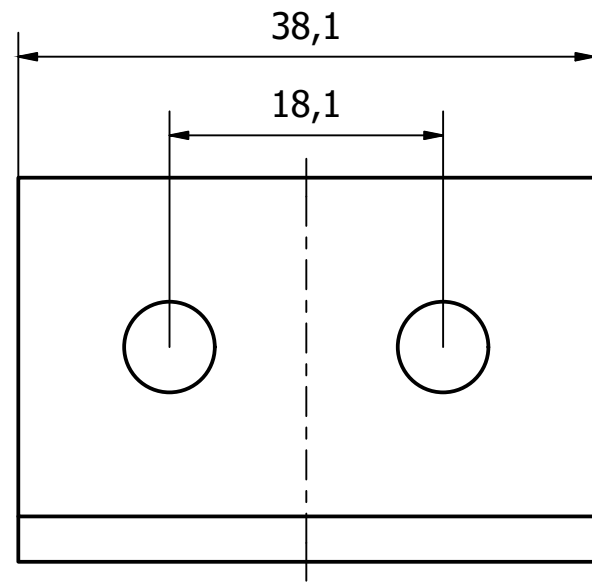
Pieza	Cantidad	Numero de pieza
1	1	Angulo
2	1	Brazo movil
3	1	Tapa




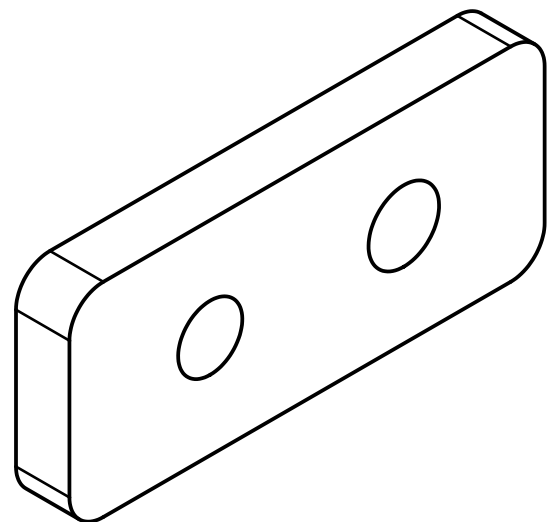
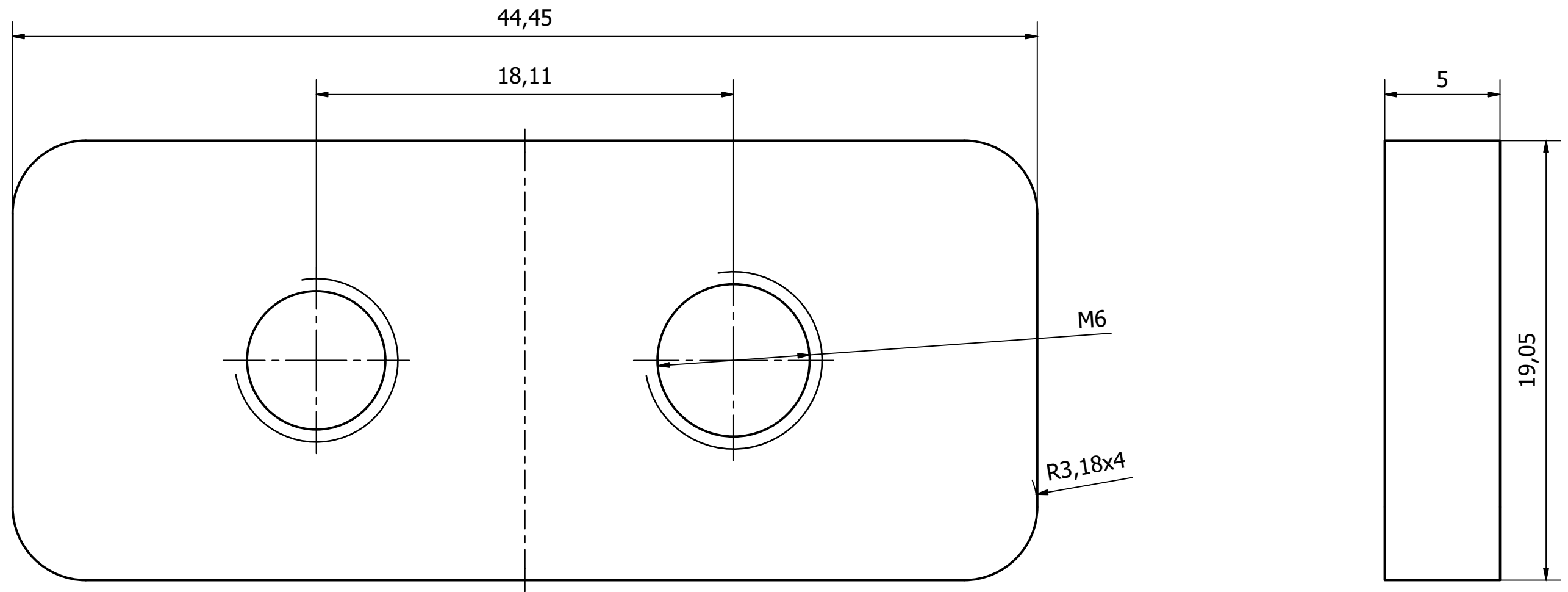
----	2	Brazo movil	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala: 1:1	Tol. gen.: ISO 2768-m	Conjunto:			
Lámina: CAV 13	Triturador de cacao				



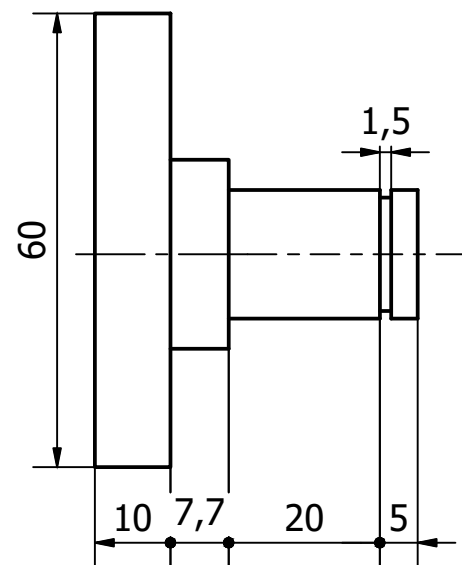
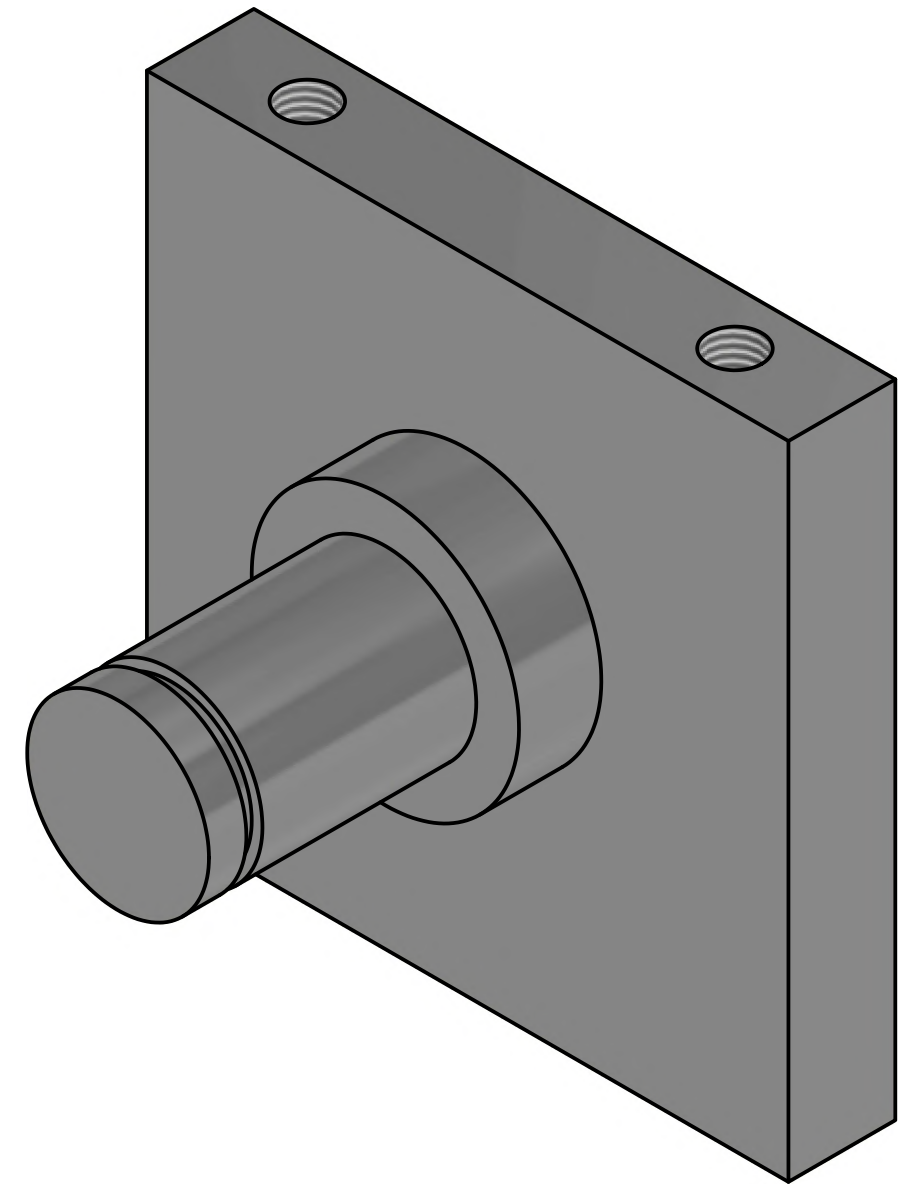
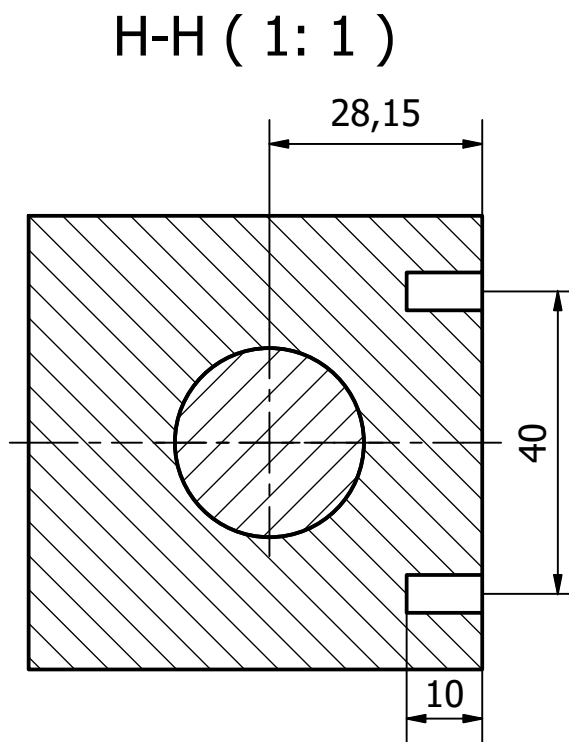
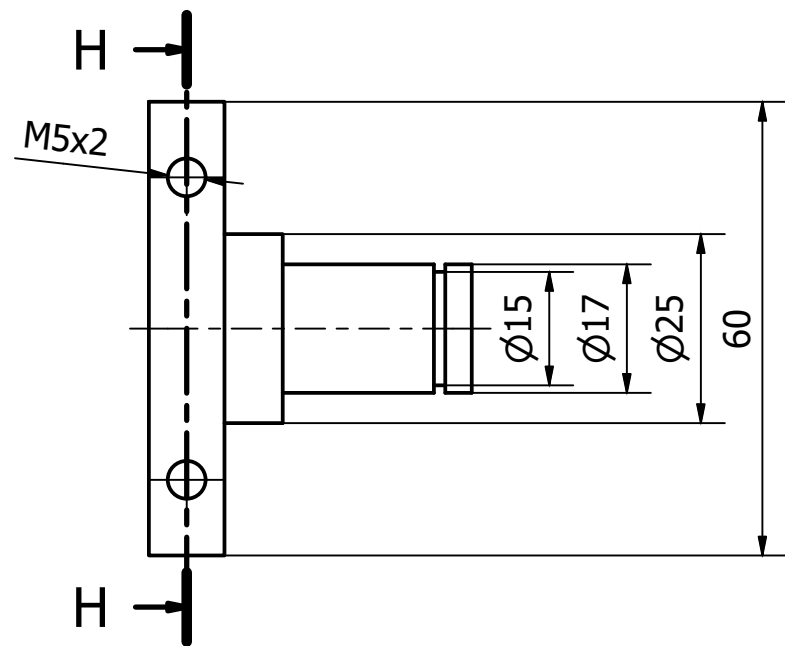
----	2	Brazo	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
2:1	ISO 2768-m	Brazo movil			
Lámina:	CAV 14				



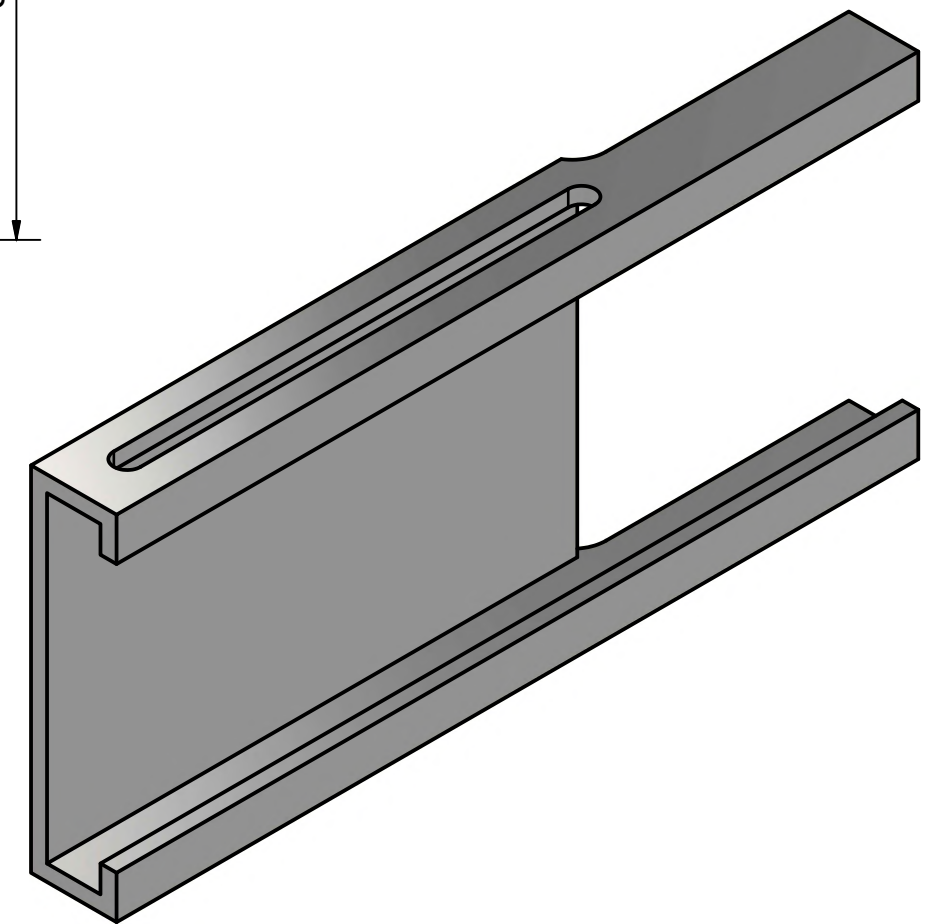
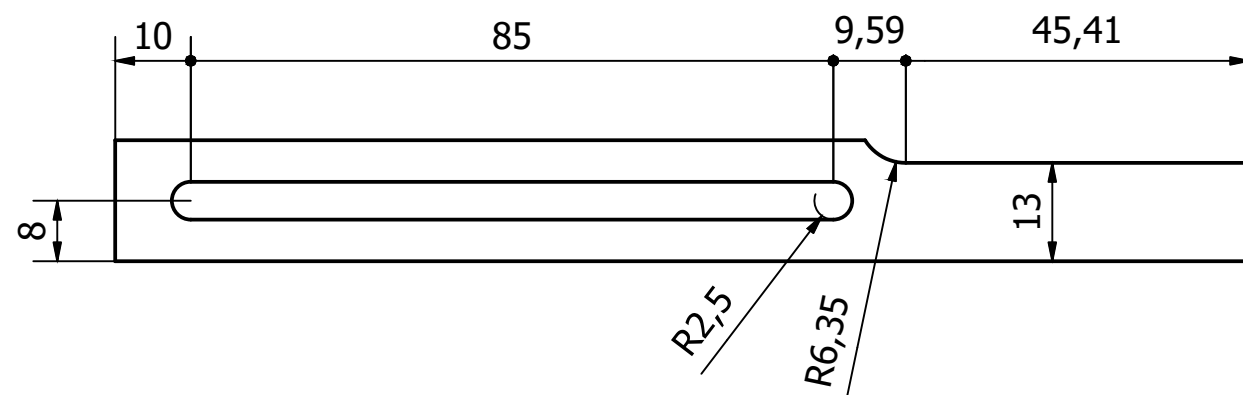
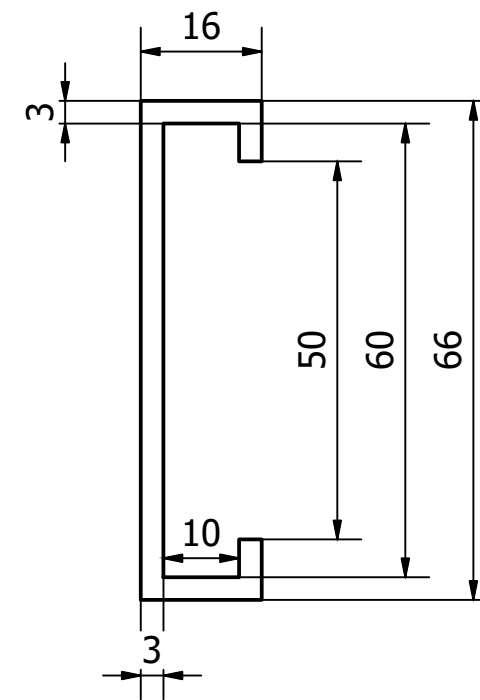
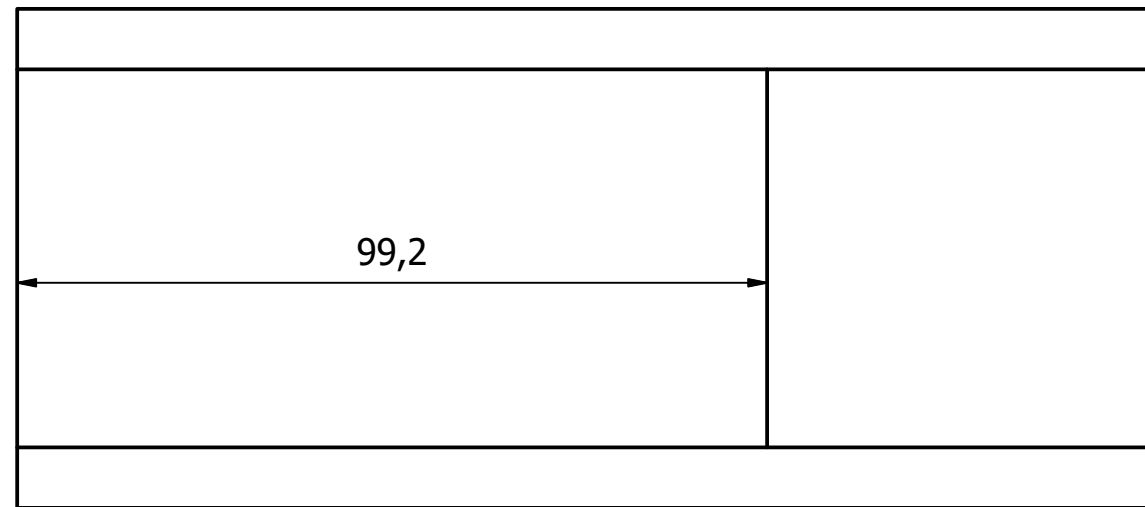
----	2	Angulo	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
2:1	ISO 2768-m	Brazo movil			
Lámina:	CAV 15				



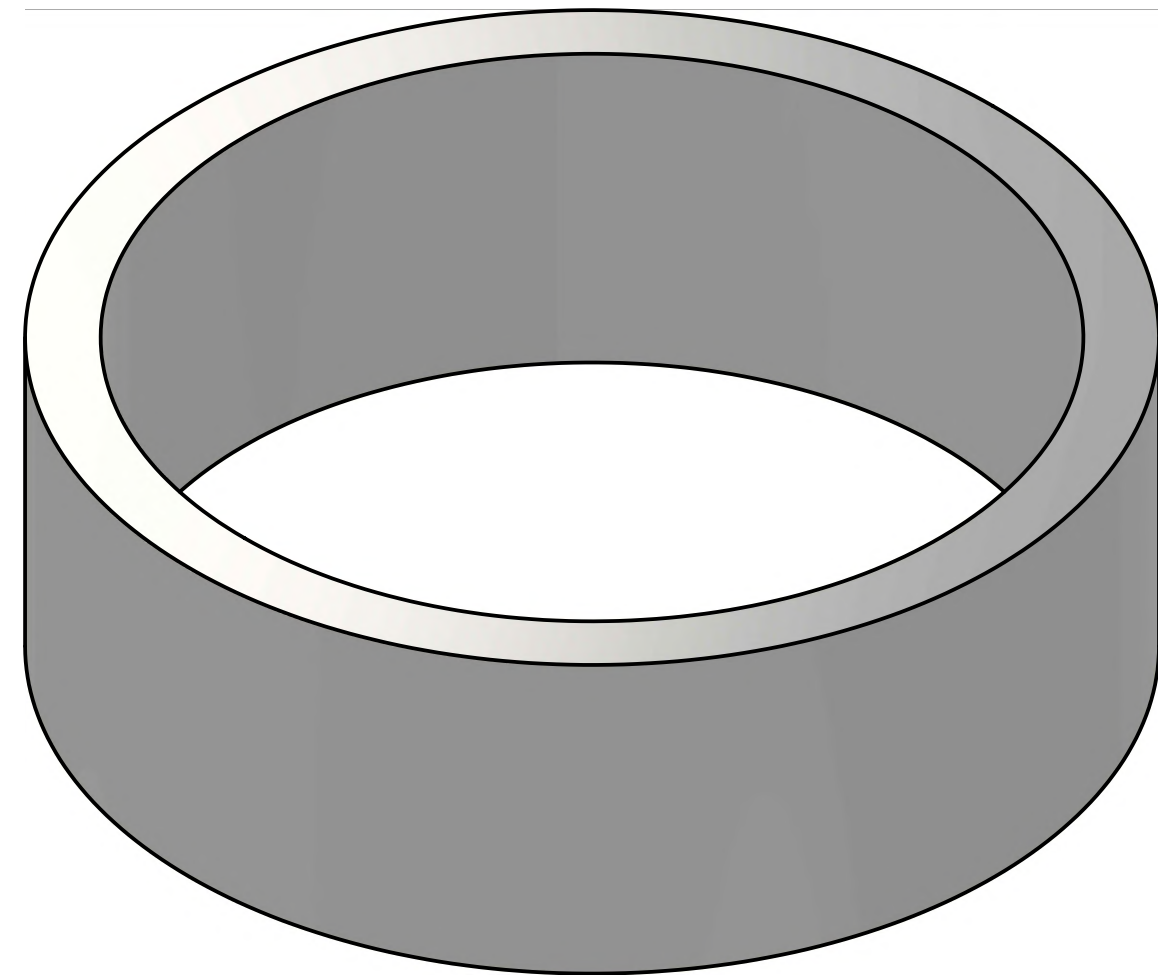
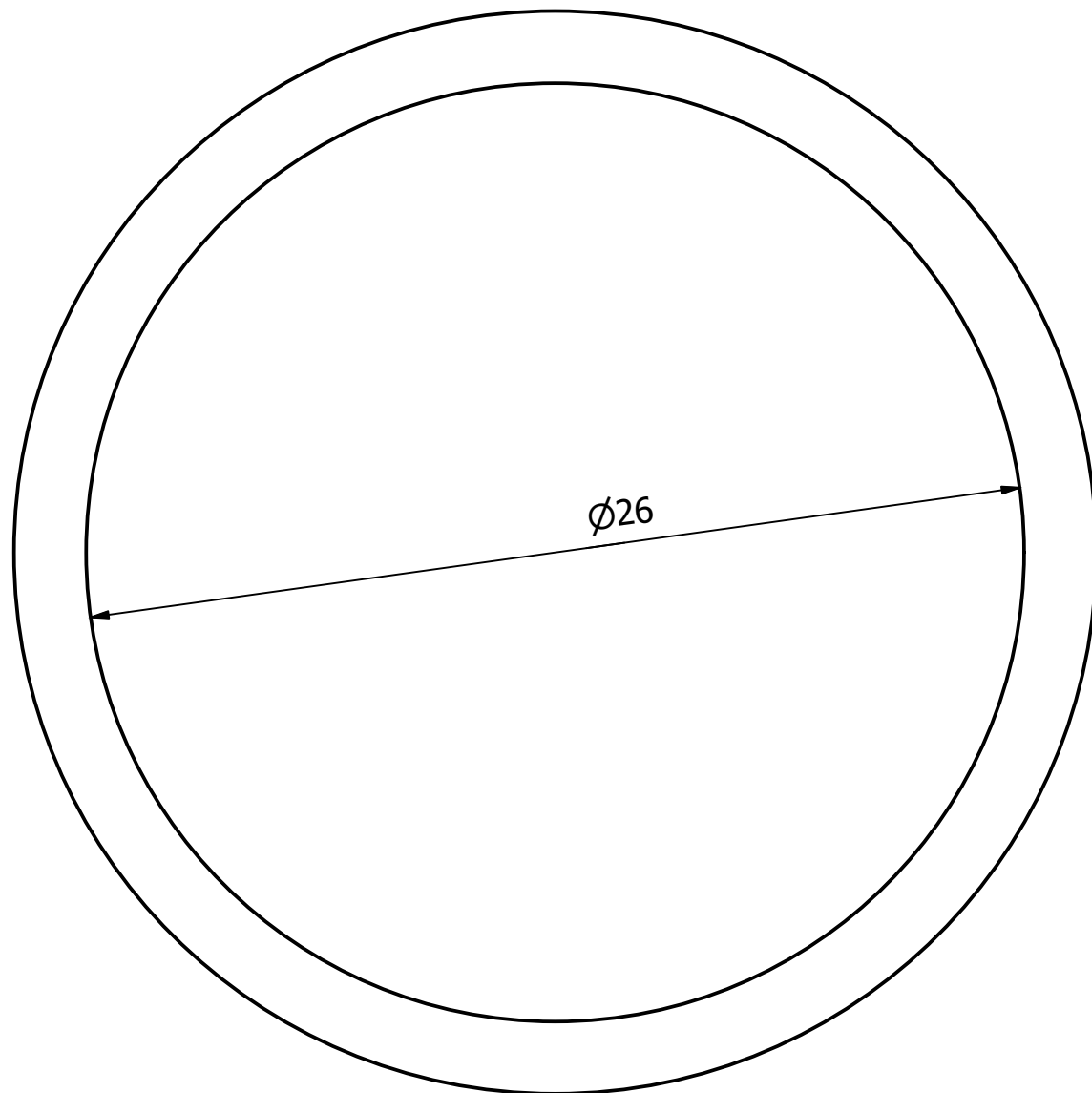
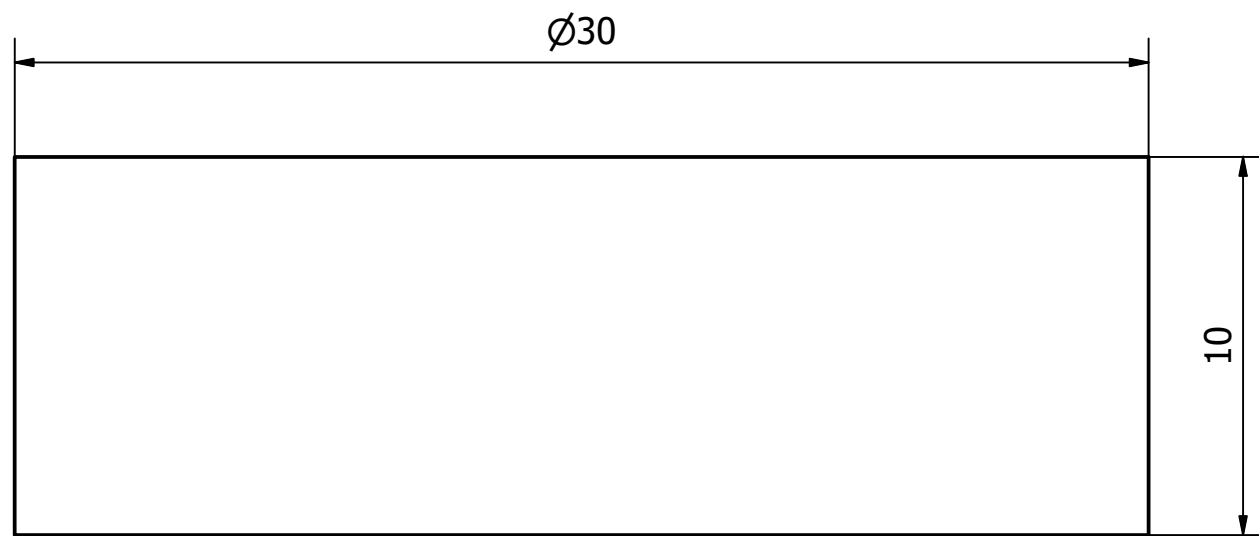
----	2	Tapa del brazo		Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre			UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui				
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas				
Integración Curricular						
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:				
5:1	ISO 2768-m	Brazo movil				
Lámina:	CAV 16					



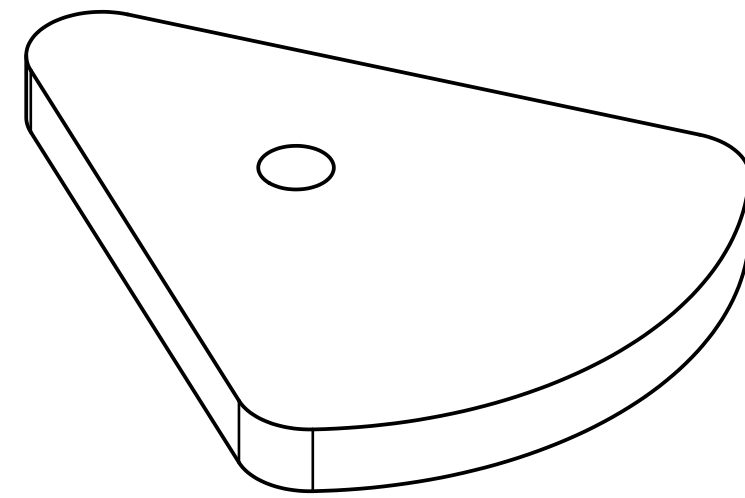
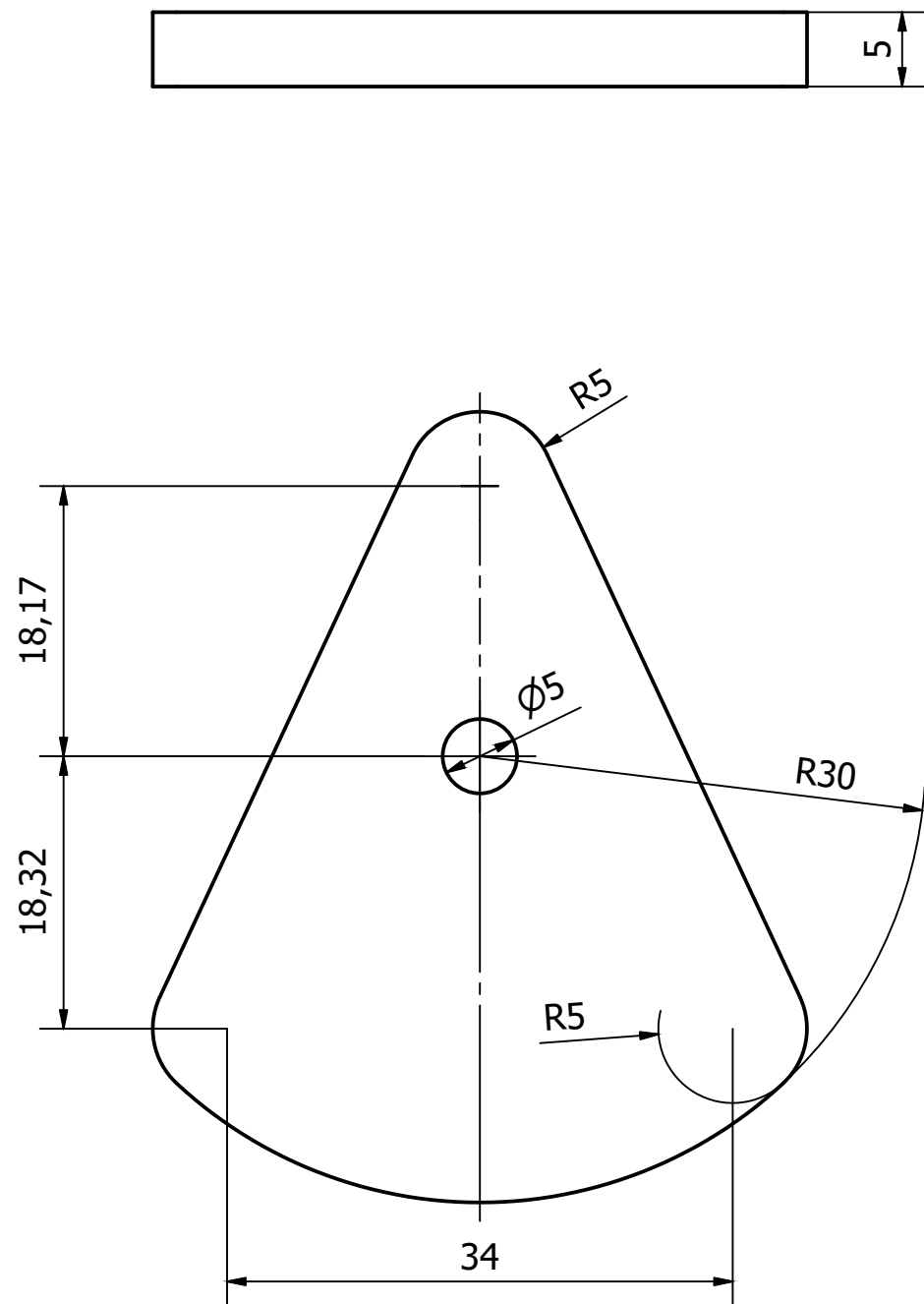
----	1	Soporte de catalina	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
2:1	ISO 2768-m	Maquina trituradora de cacao			
Lámina:	CAV 17				



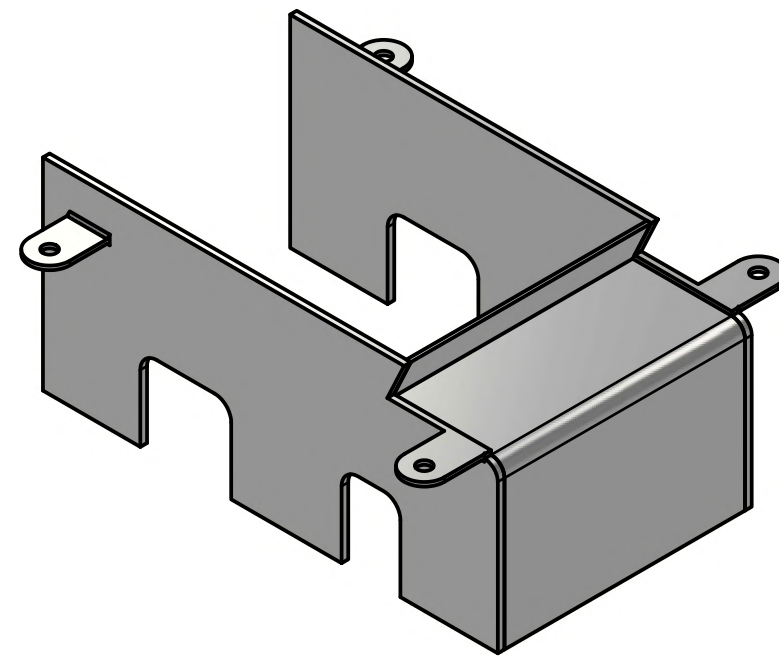
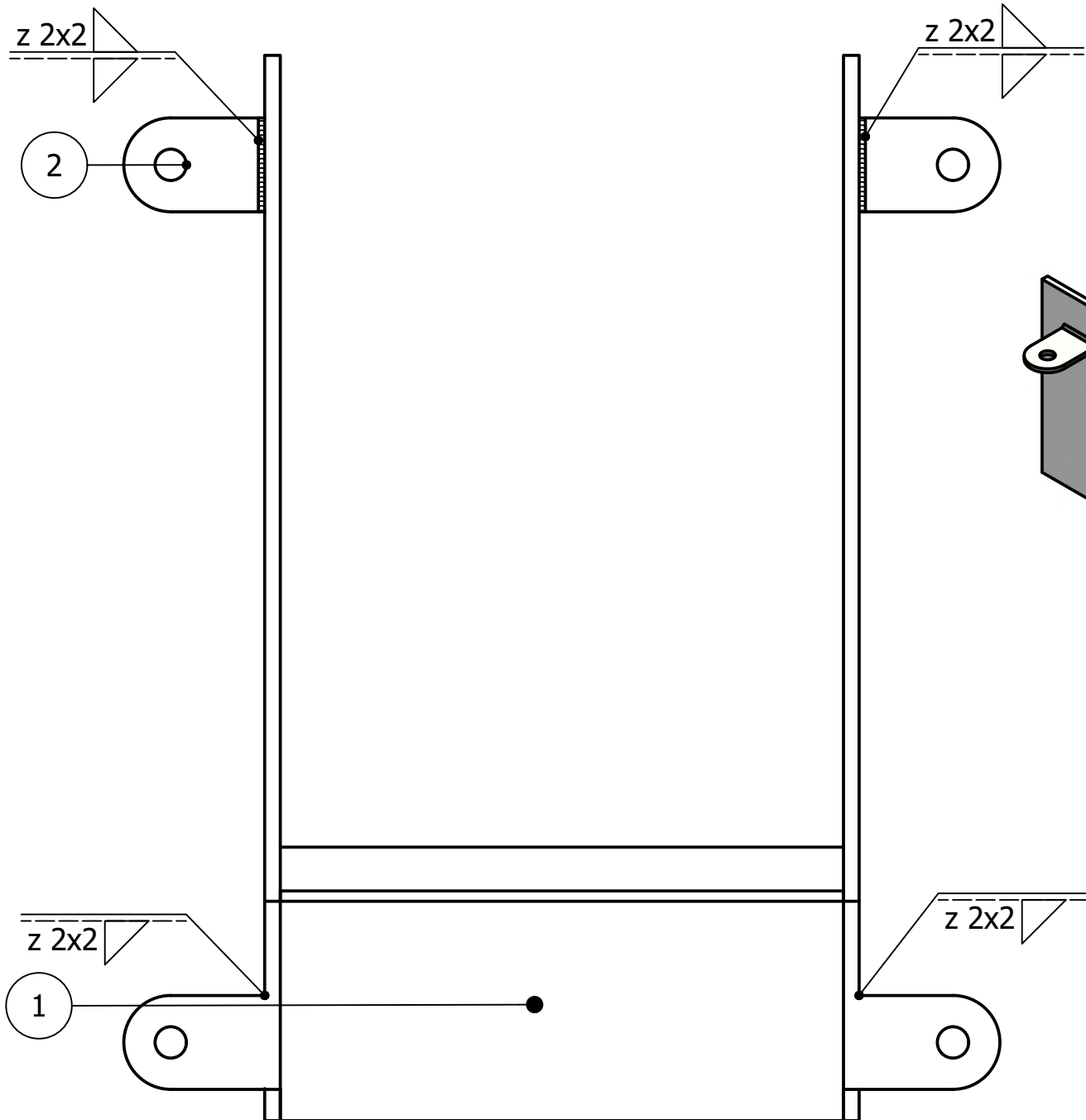
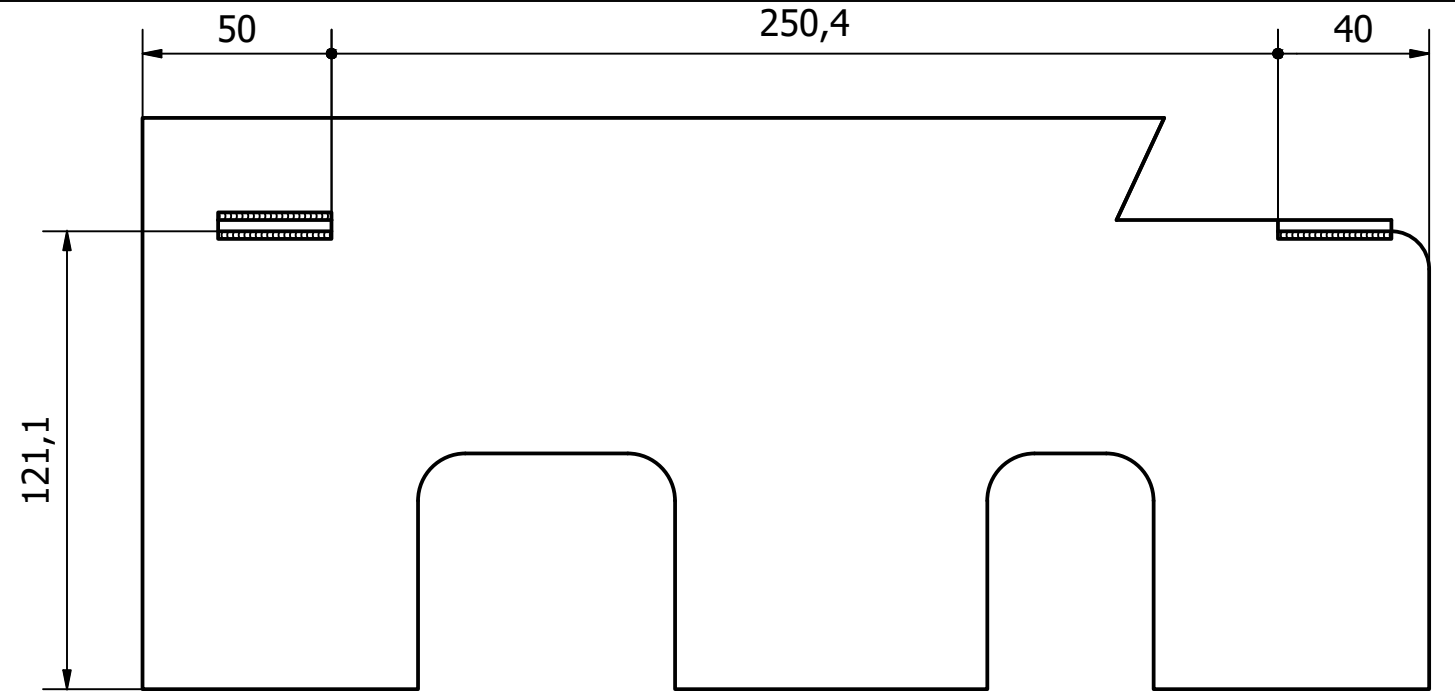
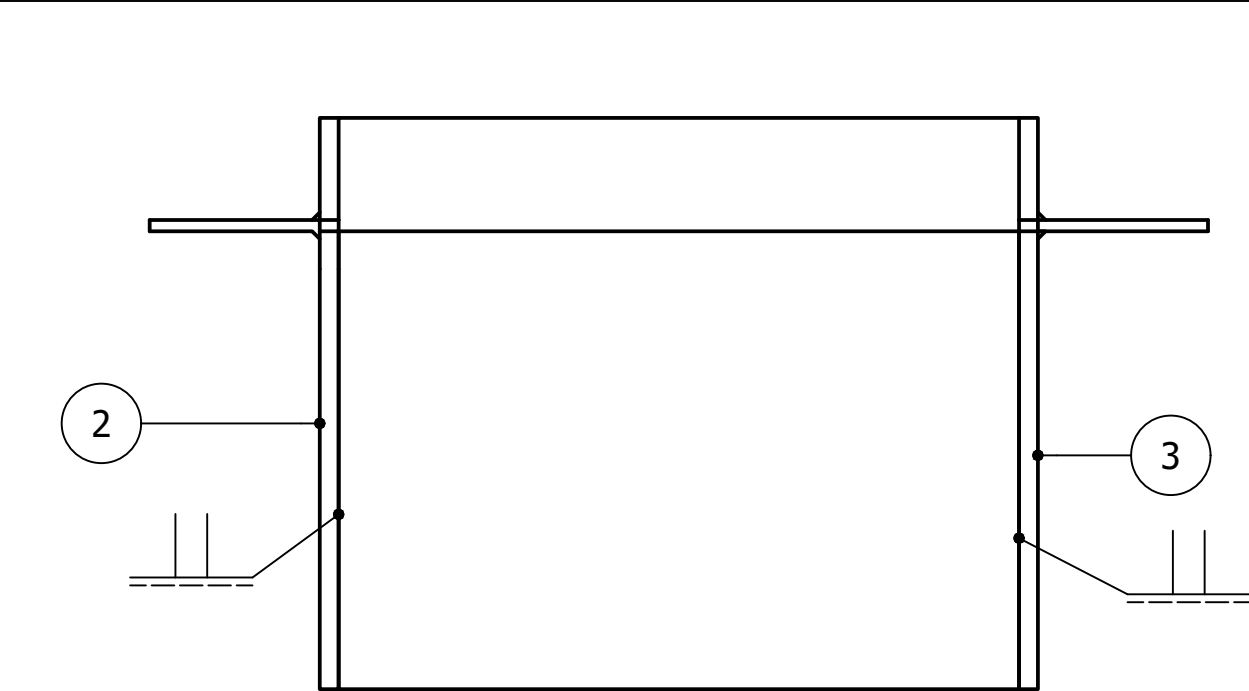
----	1	Soporte tensor	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:1	ISO 2768-m	Maquina trituradora de cacao			
Lámina:	CAV 18				



----	4	Encaje de resortes	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala: 5:1	Tol. gen.: ISO 2768-m	Conjunto:			
Lámina: CAV 19		Maquina trituradora de cacao			



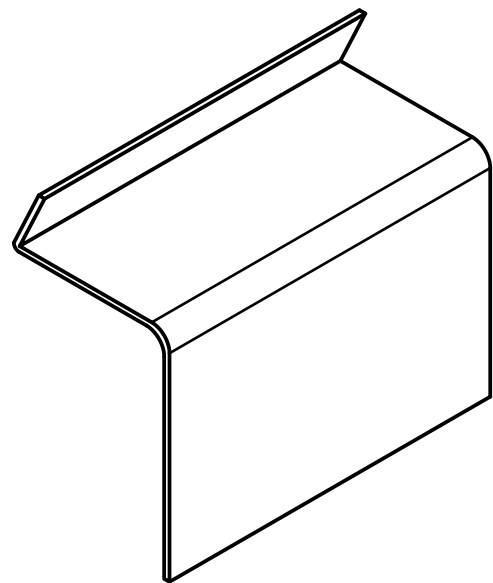
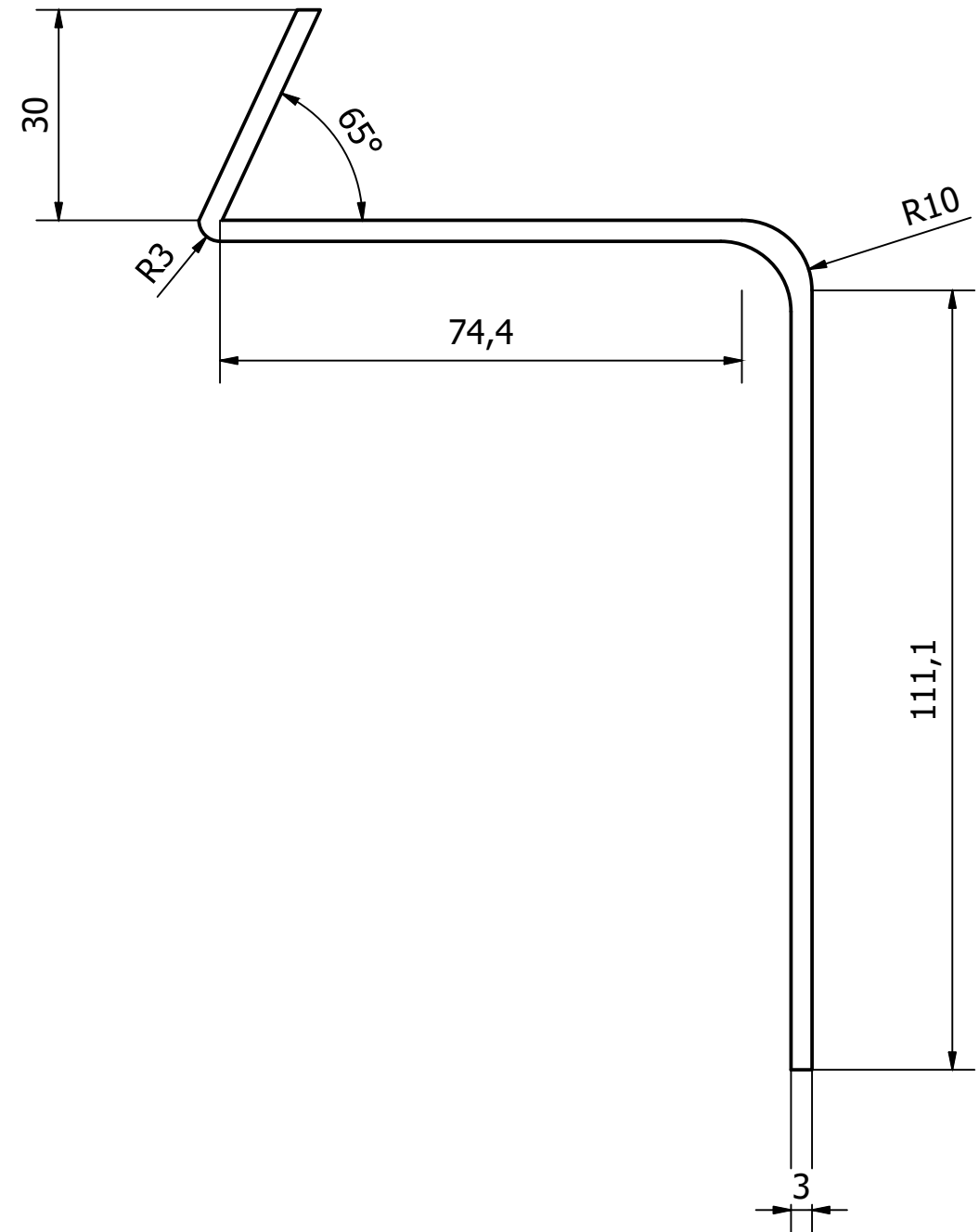
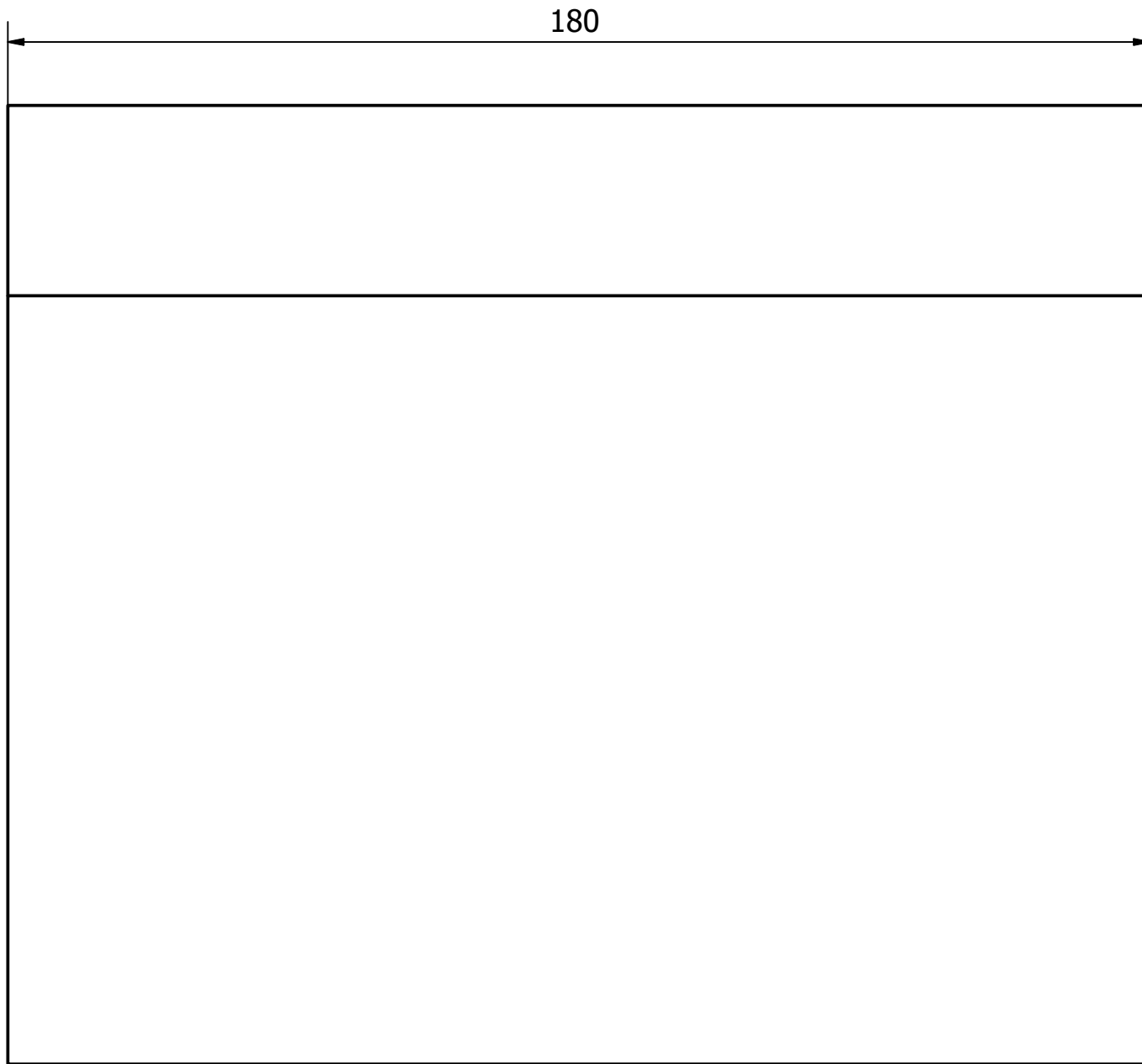
----	1	Vibrador	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
2:1	ISO 2768-m	Maquina trituradora de cacao			
Lámina:	CAV 20				




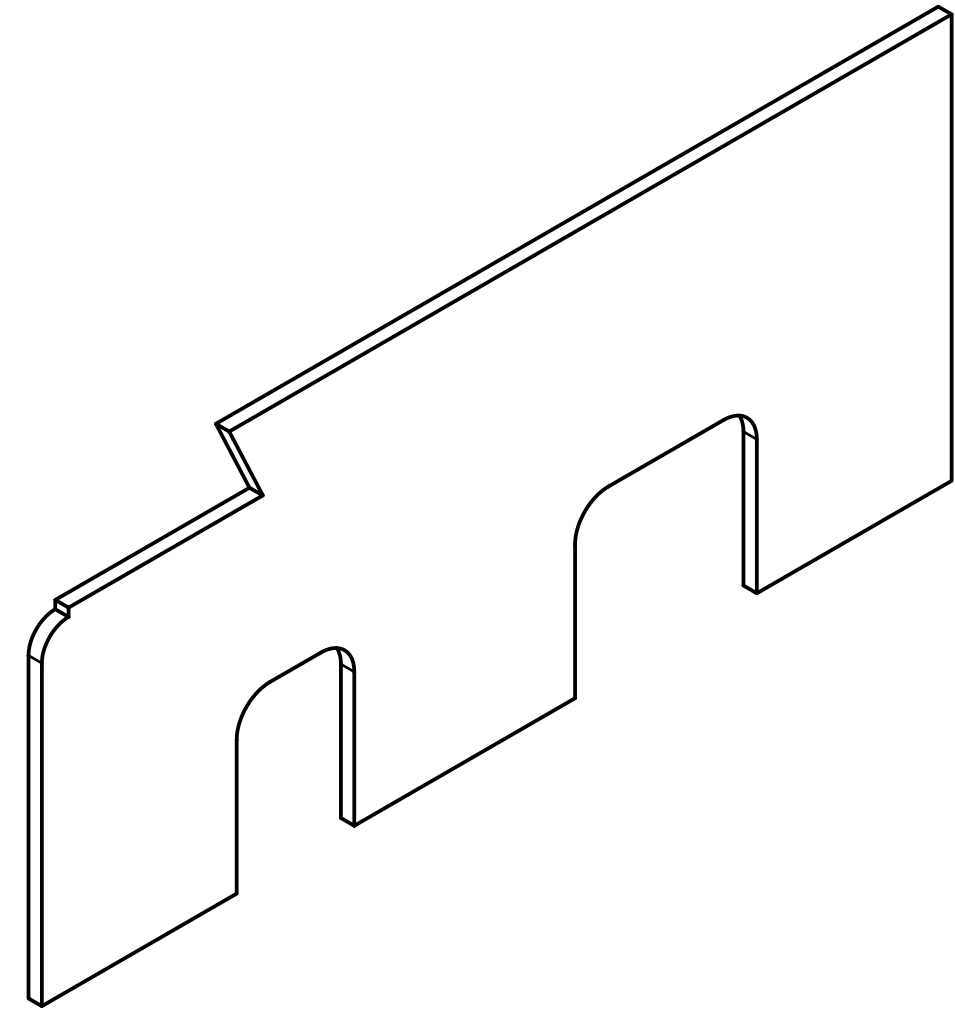
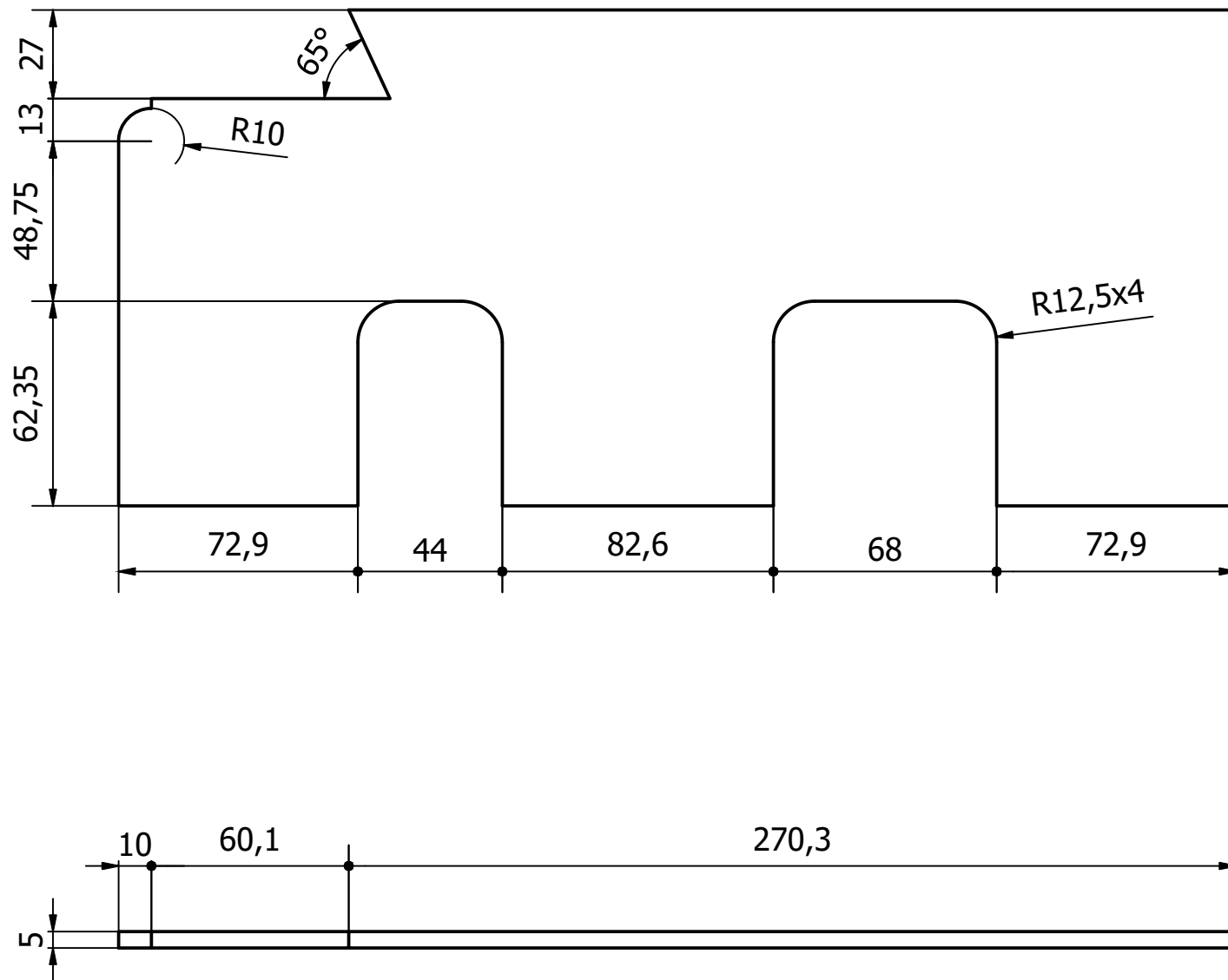
Lista de piezas		
Pieza	Cantidad	Numero de pieza
1	1	Cobertura frontal
2	1	Oreja
3	1	Cobertura lateral

Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
----	1	Coberturas rodillos	Acero inoxidable	SAE 1018	----
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:5	ISO 2768-m				
Lámina:	CAV 25				

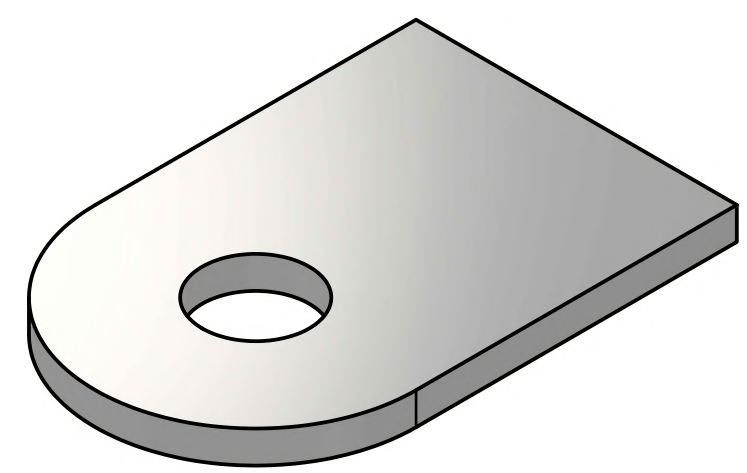
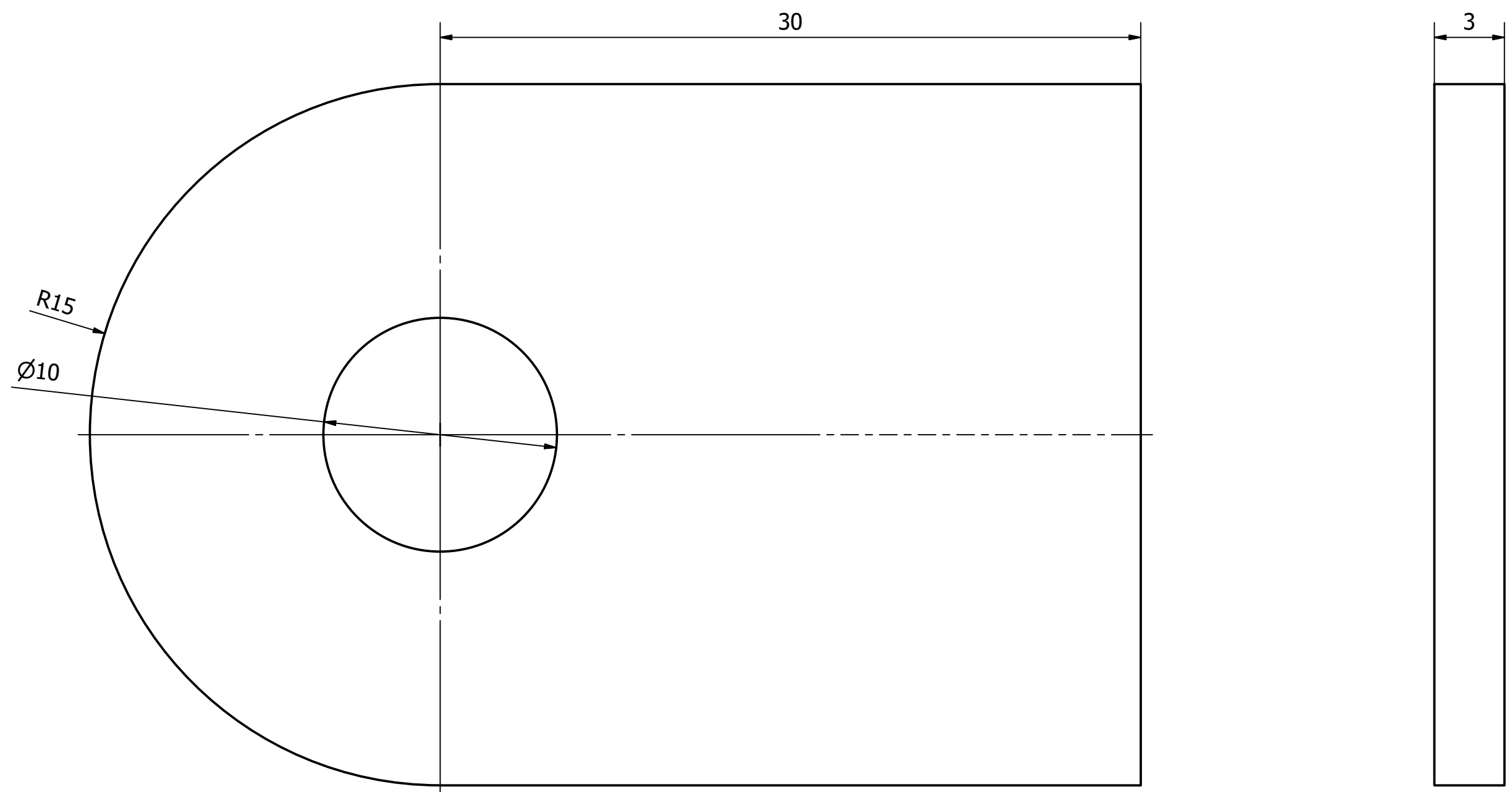
Maquina trituradora de cacao



----	1	Cobertura frontal	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Suconjunto:			
1:1	ISO 2768-m	Coberturas rodillos			
Lámina:	CAV 26				



----	2	Cover lateral	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Escala: 2:1	Tol. gen.: ISO 2768-m	Subconjunto:			
Lámina: CAV 27	Coberturas rodillos				



----	4	Oreja	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
5:1	ISO 2768-m	Rodillos trituradores			
Lámina:	CAV 28				