

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA UN PROCESO DE
TRITURADO DE HECES DE GALLINA**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Electromecánico

AUTORES:

DARWIN XAVIER COLIMBA TAMBA

LUIS HENRY SEVILLA COCHA

TUTOR:

Ing.M.sc Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera

LATACUNGA – ECUADOR

2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Colimba Tamba Darwin Xavier y Sevilla Cocha Luis Henry declaramos que el presente trabajo de propuesta tecnológica: **“DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA UN PROCESO DE TRITURADO DE HECES DE GALLINA ”**, se ha ejecutado de forma íntegra, respetando los derechos intelectuales de las personas que han extendido definiciones mediante las respectivas citas en las cuales indican la autoría, siendo el Ing. M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA tutor del presente proyecto y excluimos relevantemente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos legales.

En capacidad de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, alcance y legitimidad del presente trabajo de titulación.

Latacunga, marzo 2021

Darwin Xavier Colimba Tamba

C.I. 172467381-7

Luis Henry Sevilla Cocha

C.I. 050377073-7

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA UN PROCESO DE TRITURADO DE HECES DE GALLINA” de los ponentes : Colimba Tamba Darwin Xavier, Sevilla Cocha Luis Henry, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y apuntes científicos-técnicos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo 2021

Ing. M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA

C.C:0502150899

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicada; por cuanto, el o los postulantes: **Darwin Xavier Colimba Tamba** y **Luis Henry Sevilla Cocha** con el título de Proyecto de titulación: **“DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA UN PROCESO DE TRITURADO DE HECES DE GALLINA”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo 2021

Para constancia firman:

Lector 1 (presidente)

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso; Dr.
C. Ms. C.

CC: 175836725-2

Lector 2

Ing. Segundo Ángel Cevallos Betún; Ms. C.

CC: 050178243-7

Lector 3

Ing. Luis Miguel Navarrete López; Ms. C.

CC: 180374728-4



AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por darme la fuerza y perseverancia para cumplir mis objetivos y sueños trazados, a mi familia que estuvo siempre apoyándome en todo momento, al Ingeniero M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA por ayudarme y guiarme en este proceso muy importante mediante su conocimiento y experiencia, a mis amigos que con sus palabras de aliento siempre impulsaron a que este objetivo se cumpla de la mejor manera, a mi querida Universidad Técnica de Cotopaxi que permitió formarme académicamente y a la vez culminar con mis estudios superiores, pero sobre todo la adquisición de valores a través de cada ciclo para convertirme en una mejor persona.

Darwin Colimba



Agradezco a Dios infinitamente por haberme dado sabiduría, fortaleza y perseverancia a lo largo de mi vida estudiantil, por darme la oportunidad de alcanzar mis metas y objetivos propuestos, a mis padres por todo el apoyo incondicional, por confiar en mí y brindarme sus sabios consejos en cada momento de mi vida, a mi pareja por alentarme día a día ser mejor persona, al Ing. M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA, por orientarme y apoyarme moralmente con sus conocimientos y experiencias en el desarrollo de nuestro proyecto, a la Universidad Técnica De Cotopaxi por consentirme en mi formación académica y darme la oportunidad de finalizar mis estudios superiores y formarme como un profesional y un mejor ser humano, a mis familiares y amigos quienes me han aconsejado y me han motivado con sus palabras de aliento para cumplir cada objetivo trazado en mi vida universitaria.

Luis Sevilla



DEDICATORIA

El trabajo de titulación lo dedico a Dios, por otorgarme fuerza y constancia para cumplir mi sueño y no desistir.

A mis padres Valerio y María por brindarme durante todos estos años el apoyo incondicional para poder estudiar y conseguir con esfuerzo cada uno de los objetivos, a mi hermana Roció y mi sobrina que siempre me brindaron su confianza para culminar exitosamente este proceso y por último a mis abuelitos por sus consejos y buenos deseos.

Darwin Colimba



El presente proyecto de titulación lo dedico a Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y ha permitido llegar a cumplir mis metas y objetivos.

A mis padres Ramiro y Laura por brindarme su apoyo incondicional, esfuerzo y oportunidad de estudiar para formarme como un profesional con sus enseñanzas a nunca vencerme, perdurar y ser arriesgado en cada una de mis objetivos que me planteo, a mis hermanos Edison, David y Mauricio por sus palabras de aliento a ser mejor persona y a mi familia por todos sus sabios consejos para nunca decaer y seguir adelante.

Luis Sevilla

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	I
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	II
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	VI
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN	XIV
1. INFORMACIÓN BÁSICA	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	3
2.1. Título de la propuesta tecnológica	3
2.2. Tipo de alcance	3
2.3. Área del conocimiento	3
2.4. Sinopsis de la propuesta	3
2.5. Objeto de estudio y campo de acción	3
2.5.1. Objeto de estudio	3
2.5.2. Campo de acción	3
2.6. Situación problemática y problema	3
2.6.1. Situación problemática	3
2.6.2. Problema	4
2.7. Formulación de pregunta científica	4
2.8. Objetivos	4
2.8.1. Objetivo general	4
2.8.2. Objetivos específicos	4
2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos	5
3. MARCO TEÓRICO	7
3.1. Introducción	7
3.2. Abonos de origen orgánico	7
3.3. Abonos tipo estiércol	9
3.4. Definición de la gallinaza	9
3.4.1. Contenido de macro y micro nutrientes de la gallinaza	10
3.5. Procesos de la producción de gallinaza	11
3.5.1. Proceso de la gallinaza	11
3.6. Procesos de trituración	14
3.6.1. Máquinas de Trituración	15
3.6.2. Máquinas trituradoras de rodillo	16

3.7.	Diseño de elementos de máquinas	19
3.7.1.	Consideraciones de diseño.....	19
3.7.2.	Diseño de Árboles	21
3.7.3.	Sistemas de transmisión de potencia	28
3.7.4.	Estructura.....	30
3.7.5.	Sistema eléctrico.....	31
3.8.	Herramientas computacionales	34
3.8.1.	Herramientas CAD-CAE.....	34
4.	METODOLOGÍA	36
4.1.	Introducción	36
4.2.	Metodología cualitativa y cuantitativa.....	36
4.2.1.	Metodología Cualitativa	37
4.2.2.	Metodología Cuantitativa	37
4.3.	Parámetros de alcance.....	37
4.3.1.	Definición de requisitos (alcance)	37
4.3.2.	Capacidad de la producción.....	38
4.3.3.	Tamaño granulométrico del proceso de trituración manual	38
4.4.	Diseño conceptual.....	39
4.4.1.	Estructura funcional de la trituradora de heces de gallina.....	39
4.5.	Diseño dimensional.....	41
4.5.1.	Sistema de carga	42
4.5.2.	Capacidad de trituración.....	42
4.5.3.	Diseño de la tolva	43
4.5.4.	Sistema de trituración	45
4.5.5.	Dimensionamiento de las cuchillas	46
4.5.6.	Análisis Ángulos de la cuchilla	48
4.5.7.	Diseño de Árbol Motriz.....	49
4.5.8.	Potencia requerida en el sistema de triturado	49
4.5.9.	Diseño del árbol.....	51
4.5.10.	Sistema de transmisión de potencia.....	53
4.5.11.	Metodología para la selección de motorreductor	55
4.5.12.	Acoplamiento mecánico	56
4.5.13.	Rodamientos	56
4.5.14.	Estructura.....	58
4.5.15.	Sistema de descarga.....	58
4.5.16.	Sistema eléctrico.....	58
4.6.	Diseño detallado	59
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	60
5.1.	Introducción	60
5.2.	Capacidad de producción.....	60
5.2.1.	Capacidad de producción diaria	61

5.3.	Selección de alternativa para trituración de las heces de gallina (gallinaza).....	61
5.4.	Cálculo de la tolva	62
5.5.	Fuerza sometida a la gallinaza	62
5.6.	Área de Trituración	62
5.7.	Torque máximo y velocidades (lineal y angular del sistema).....	63
5.8.	Diseño del árbol	63
5.8.1.	Diámetro mínimo del árbol	64
5.9.	Sistema de transmisión de potencia	65
5.9.1.	Selección de Engranés	65
5.9.2.	Cálculo de engranes	65
5.10.	Selección moto reductor	66
5.11.	Selección de acoplamiento mecánico	66
5.12.	Rodamientos	67
5.13.	Sistema Eléctrico	68
5.13.2.	Potencia requerida	68
5.13.3.	Selección de elementos de control	68
5.14.	Simulaciones de elementos mecánicos (Elementos Finitos)	69
5.14.2.	Análisis de la cuchilla.....	70
5.14.3.	Análisis engranes	72
5.14.4.	Análisis del árbol motriz	74
5.14.5.	Análisis de la estructura.....	76
5.15.	Diagrama de control del sistema eléctrico	78
6.	PRESUPUESTO Y ANALISIS DE IMPACTO.....	79
6.9.	Materiales empleados en el sistema de trituración de heces de gallina	79
6.10.	Costos de ingeniería.....	81
6.11.	Análisis de producción.....	81
6.12.	Análisis de Impacto.	83
6.12.2.	Impacto Tecnológico	83
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1.	Composición de estiércoles frescos	9
Tabla 3.2.	Recolección de la gallinaza en función del tiempo	11
Tabla 3.3.	Dimensiones de la malla de alambre según la norma NTE INEN 154	14
Tabla 4.1.	Variables de entrada y salida de proceso de trituración	37
Tabla 5.1.	Capacidad Producción mensual.....	61
Tabla 5.2.	Capacidad Producción diaria.....	61
Tabla 5.3.	Cálculo volumen de la tolva.....	62
Tabla 5.4.	Fuerza sometida a la gallinaza.....	62
Tabla 5.5.	Área de triturado.....	63
Tabla 5.6.	Cálculo torque y velocidades.....	63
Tabla 5.7.	Modelo del árbol.....	64
Tabla 5.8.	Momentos y fuerzas en el árbol.....	64
Tabla 5.9.	Parámetros del árbol.....	65
Tabla 5.10.	Características de los engranes.....	65
Tabla 5.11.	Dimensiones de los engranes.....	66
Tabla 5.12.	Selección moto reductor.....	66
Tabla 5.13.	Parámetros Acoplamiento mecánico.....	67
Tabla 5.14.	Parámetros rodamientos.....	67
Tabla 5.15.	Comportamiento de un rodamiento.....	68
Tabla 5.16.	Cálculo de la potencia requerida del motor.....	68
Tabla 5.17.	Descripción de los elementos de control.....	69
Tabla 5.18.	Análisis de elementos finitos de cuchilla.....	70
Tabla 5.19.	Análisis de elementos de engranes.....	72
Tabla 5.20.	Análisis del árbol motriz.....	74
Tabla 5.21.	Análisis de elementos finitos de la estructura.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1.	Clasificación de abonos	8
Figura 3.2.	Procesos que cumple la gallinaza	11
Figura 3.3.	Medición Granulometría.....	13
Figura 3.4.	Procesos de Triturado	15
Figura 3.5.	Clasificación sistema de triturado.....	16
Figura 3.6.	Trituradora de rodillos	17
Figura 3.7.	Trituradora de cilindros dentados	18
Figura 3.8.	Partes del triturador	18
Figura 3.9.	Consideraciones de diseño.....	20
Figura 3.10.	Tipos de árboles - movimiento	21
Figura 3.11.	Rodillos de trituración	22
Figura 3.12.	Tipos de cuchillas de corte	23
Figura 3.13.	Ángulo de incidencia	24
Figura 3.14.	Ángulo de ataque	24
Figura 3.15.	Ángulo de desprendimiento.....	25
Figura 3.16.	Clasificación de las uniones	25
Figura 3.17.	Clasificación tipos de chaveta	26
Figura 3.18.	Clasificación rodamientos	27
Figura 3.19.	Tipos de transmisión de potencia	28
Figura 3.20.	Engranés	29
Figura 3.21.	Estructura metálica	30
Figura 3.22.	Diagrama eléctrico.....	31
Figura 3.23.	Clasificación de los motores.....	32
Figura 3.24.	Tipos de conductores eléctricos.....	33
Figura 3.25.	Interruptor (ON/OFF).....	34
Figura 3.26.	Procedimiento sistema CAE.....	35
Figura 4.1.	Metodología cualitativa y cuantitativa	36
Figura 4.2.	Sistemas de la trituradora de heces de gallina	39

Figura 4.3.	(1) tolva de alimentación, (2) Árbol motriz, (3) Árbol conducido, (4) Cuchilla, (5) Contra cuchilla (A) Alimentación (B) Trituración, (C) Estructura, (D) Descarga.	41
Figura 4.4.	Dimensionamiento de la tolva	44
Figura 4.5.	Área de triturado, cuchillas.....	47
Figura 4.6.	Árbol motriz con cuchillas	51
Figura 4.7.	Rodamientos y cajas en el diseño.....	57
Figura 4.8.	Máquina trituradora de abono.....	58
Figura 5.1.	Gallinaza recolectada.....	60
Figura 5.2.	Árbol diseñado.....	64
Figura 5.3.	Engrane Recto.....	65
Figura 5.4.	Motor trifásico	66
Figura 5.5.	Acoplamiento mecánico	67
Figura 5.6.	Rodamiento rígido de bolas.....	67
Figura 5.7.	Diagrama eléctrico.....	78

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA UN PROCESO DE TRITURADO DE HECES DE GALLINA”

Autores:

Colimba Tamba Darwin Xavier

Sevilla Cocha Luis Henry

RESUMEN

El presente proyecto de titulación tuvo como objetivo el diseño de una máquina para el triturado de heces de gallina para lograr un producto más homogéneo y que se mejore su uso como fertilizante en la Finca “La Rosa”. Como punto de partida para el diseño del equipo se consideró la capacidad de producción que tiene la finca de este producto mensualmente que es 2700 kg (54 qq por mes). La alternativa de trituradora que mejores prestaciones presenta para este proyecto es una trituradora de tipo de rodillos dentados, la misma que está compuesta de un rodillo motriz y otro conducido, los cuales constan de 15 cuchillas y 15 contracuchillas de 6 filos cada uno, ubicados en el área de trituración con una capacidad de operación de 1.57 metros cúbicos. Adicionalmente, en la transmisión de potencia fue indispensable ensamblar un acoplamiento mecánico flexible (matrimonio), el que otorga un mayor grado de excentricidad evitando fenómenos mecánicos como desbalanceos, descalibración o colisión. Para validar esta propuesta se utilizó una herramienta computacional CAD que permitió diseñar cada uno de los elementos mecánicos de la máquina y una CAE para el análisis de elementos finitos, donde se demostró el comportamiento de cada uno de los elementos mecánicos diseñados que fueron: árbol motriz-conducido, cuchillas, engranes y estructura. Por último, se realizó la selección del motor y la parte de control para el encendido y apagado del equipo.

Palabras clave: máquina, gallinaza, proceso, trituración, elementos mecánicos.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**TITLE: "DESIGN OF A MACHINE FOR A PROCESS OF CRUSHING HEN
FAECES"**

Authors:

Colimba Tamba Darwin Xavier

Sevilla Cocha Luis Henry

ABSTRACT

The objective of this titling project was to design a machine for grinding chicken feces to achieve a more homogeneous product and to improve its use as fertilizer at the "La Rosa" Farm. As a starting point for the design of the equipment, the production capacity of the farm for this product was considered on a monthly basis, which is 2700 kg (54 qq per month). The best performance crusher alternative for this project is a toothed roller type crusher, which is composed of a driving roller and a driven roller, which consist of 15 knives and 15 counter blades of 6 edges each, located in the crushing area with an operating capacity of 1.57 cubic meters. Additionally, in the power transmission it was essential to assemble a flexible mechanical coupling (double), which provides a greater degree of eccentricity, avoiding mechanical phenomena such as unbalance, decalibration or collision. To validate this proposal, a CAD computational tool was used that allowed the design of each of the mechanical elements of the machine and a CAE for the analysis of finite elements, where the behavior of each of the designed mechanical elements was demonstrated, which were: motor tree -driven, blades, gears and structure. Finally, the selection of the motor and the control part for turning the equipment on and off was made.

Keywords: machine, chicken manure, process, crushing, mechanical elements.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción de la propuesta tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de **ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, **COLIMBA TAMBA DARWIN XAVIER** y **SEVILLA COCHA LUIS HENRY**, cuyo título versa **"DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA UN PROCESO DE TRITURADO DE HECES DE GALLINA"**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, MARZO del 2021

Atentamente,

LIC. MARÍA FERNANDA AGUAIZA IZA
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
050345849-9

180302793 Firmado digitalmente por
5 VICTOR HUGO ROMERO GARCIA
1803027935
VICENTINO ROMERO GARCIA
CENTRO DE IDIOMAS
Fecha: 2021.03.01 14:55:23 -05'00'

1. INFORMACIÓN BÁSICA

Propuesto por:

Darwin Xavier Colimba Tamba

Luis Henry Sevilla Cocha

Tema Aprobado:

Diseño de una máquina para un proceso de triturado de heces de gallina

Carrera: Ingeniería Electromecánica

Director del proyecto de titulación:

Ing.M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA

Equipo de trabajo:

Tutor

Nombres: Héctor Raúl

Apellidos: Reinoso Peñaherrera

Cédula de identidad: 0502150899

Correo electrónico: hector.reinoso@utc.edu.ec

Ponente 1:

Nombres: Darwin Xavier

Apellidos: Colimba Tamba

Cédula de identidad: 1724673817

Correo electrónico: darwin.colimba3817@utc.edu.ec

Ponente 2:

Nombres: Luis Henry

Apellidos: Sevilla Cocha

Cédula de identidad: 0503770737

Correo electrónico: luis.sevilla0737@utc.edu.ec

Lugar de ejecución:

Finca “La Rosa” ubicada en Provincia de Pichincha, Cantón Cayambe, Parroquia Olmedo.

Tiempo de duración del proyecto:

Por definirse.

Fecha de entrega:

Por definirse.

Línea(s) y sublíneas de investigación a las que se asocia la propuesta tecnológica:

Línea de investigación: Procesos industriales.

Sub líneas de investigación de la carrera:

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

Tipo de propuesta tecnológica:

Diseño de una máquina para un proceso de triturado de heces de gallina.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. Título de la propuesta tecnológica

Diseño de una máquina para un proceso de triturado de heces de gallina.

2.2. Tipo de alcance

Análisis computarizado CAD/CAE.

2.3. Área del conocimiento

Ingeniería, industria y construcción 52 Ingeniería y profesiones afines Dibujo técnico, mecánica, metalistería, electricidad, electrónica, telecomunicaciones, ingeniería energética y química, mantenimiento de vehículos, topografía.

2.4. Sinopsis de la propuesta

Una máquina trituradora de doble rodillo con capacidad de producción de 175 kg/h, con 15 cuchillas y separadores en cada rodillo, con un sistema de reducción de velocidad y transmisión de potencia por engranajes, acceso de la materia prima por gravedad a través de una tolva de forma de tronco piramidal para la trituración de la gallinaza en tamaño de 1 a 4 mm (granulado de acuerdo a la norma INEN 2022:2013).

2.5. Objeto de estudio y campo de acción

2.5.1. Objeto de estudio

Máquina para el triturado de la gallinaza.

2.5.2. Campo de acción

Diseño de elementos de máquinas, Resistencia de materiales, Sistema de transmisión de potencia y análisis de Elementos Finitos (MEF).

2.6. Situación problemática y problema

2.6.1. Situación problemática

El estiércol de la gallina (denominado gallinaza) es un fertilizante natural que ha sido utilizado desde la antigüedad, este aporta nutrientes al suelo como: nitrógeno, fósforo y potasio. La velocidad de transferencia de nutrientes al suelo depende de su capacidad de disolución que debe ser lo más pronto posible; por lo que el proceso de triturado de la gallinaza se convierte en una operación importante al momento de elaborar fertilizantes agrícolas con características orgánicas.

Actualmente, la finca "La Rosa" dispone de aproximadamente de 2000 aves de engorde distribuidas en cuatro galpones las cuales producen mensualmente un aproximado de 2700 kg de estiércol de gallina que se procesa manualmente (secado al sol y triturado a pala) para obtener la gallinaza como abono fertilizante, el cual es utilizado en la misma propiedad.

El producto que se obtiene con este proceso es de características irregulares por lo que es necesario un mayor tiempo para su disolución en el suelo. Es por este motivo que se elaboró la propuesta de diseño de una máquina trituradora de gallinaza.

2.6.2. Problema

La granulometría de la gallinaza en su etapa de secado es de gran tamaño y peso, por ende, no existe una pronta desintegración del material en la tierra para la absorción de los nutrientes en dicho suelo a fertilizar.

2.7. Formulación de pregunta científica

¿Cómo afecta la humedad en las máquinas de trituración?

¿Cuáles son los procesos que logran transformar mecánicamente la gallinaza en un material triturado?

2.8. Objetivos

2.8.1. Objetivo general

Diseñar una máquina para el proceso de triturado de la gallinaza en la Finca La Rosa ubicado en el cantón Cayambe, Olmedo.

2.8.2. Objetivos específicos

-Identificar las variables que intervienen en el proceso de trituración para la elaboración de gallinaza.

-Diseñar una máquina que permita el triturado de la materia orgánica proveniente de las heces de la gallina.

-Verificar el diseño de los elementos críticos del equipo a través del análisis de elementos finitos.

2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.

Es útil realizar la descripción del desarrollo de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos para orientar el proceso de cumplimiento del proyecto, cada actividad a realizar cumple un papel crucial en la consecución de la propuesta tecnológica.

En la tabla muestra el sistema de actividades por objetivos.

Objetivo	Tareas por objetivo	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad
<p>Identificar las variables que intervienen en el proceso de trituración para la elaboración o fabricación de gallinaza.</p>	<p>-Identificación y análisis bibliográfico para el reconocimiento de las características de las heces de los animales como uso de abono y los diferentes procesos de manufactura para su procesamiento.</p> <p>-Visita insitu a galpones de aves de corral.</p> <p>-Análisis de variables ambientales con respecto al grado de humedad del abono</p>	<p>-Tipos de abonos orgánicos</p> <p>-Seleccionamiento de las heces de gallina</p> <p>-Toma de temperatura de las heces de gallina</p>	<p>- Investigación Bibliográfica</p> <p>-Muestras de heces</p> <p>-Termómetro infrarrojo</p>
<p>Diseñar una máquina que permita el triturado de la materia orgánica</p>	<p>-Determinación del alcance de triturado para la máquina</p> <p>-Diseño conceptual de una máquina para un proceso de triturado de heces de gallina</p>	<p>-Dimensionamiento del mecanismo para cierta cantidad de heces de gallina.</p>	<p>- Investigación bibliográfica</p> <p>-Tipo de material</p>

<p>proveniente de las heces de la gallina.</p>	<p>-Dimensionamiento e ingeniería en detalle del sistema de triturado</p>	<p>-Selección de elementos para el sistema de trituración</p> <p>-Parámetros mecánicos que intervienen en el proceso de triturado</p>	<p>-Gráficas y cálculos.</p>
<p>Verificar el diseño de los elementos críticos del equipo a través del análisis de los elementos finitos.</p>	<p>-Análisis térmico del sistema de triturado con elementos finitos.</p> <p>-Análisis de flujo de material particulado en el sistema de trituración con elementos finitos</p> <p>-Análisis de esfuerzos del sistema de trituración con elementos finitos.</p>	<p>-Predicción de problemas potenciales.</p> <p>-Modelo matemático para simular un proceso real.</p> <p>-Simulación en ingeniería CAE</p>	<p>-Curva de probabilidad</p> <p>-Resultados analíticos</p> <p>-Resultados analíticos</p>

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Introducción

En este capítulo se conocerá términos específicos relacionados con la parte investigativa del diseño de la trituradora de heces de gallina tales como mecanismos, tipos de trituradora, material granulométrico, etc. A la par, se detalla conceptos esenciales sobre la gallinaza dando relieve a la investigación con el aporte bibliográfico en la misma. La selección de los elementos mecánicos en el ámbito de diseño es esencial, ya que con los mismos se determinará la calidad de trituración. Por ello, se detalla conceptos breves sobre lo interviniente en la propuesta tecnológica como es el material granulométrico, el cual se basa en las partículas que se dan después del triturado, a la vez se detalla los diferentes tipos de máquinas de trituración en donde se dictamina sus partes esenciales, su sistema de transmisión de potencia, engranajes, etc.

También, se especifica los sistemas computacionales como son los sistemas CAD-CAE mediante el análisis de elementos finitos que dará a conocer una breve realidad sobre el tema a tratar.

3.2. Abonos de origen orgánico

Según la normativa NTE INEN 209 define a los abonos orgánicos como el producto resultante de la descomposición de materia orgánica de manera natural ayudando al suelo a mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo cual se refleja en la capacidad de producción del suelo. [1] Es decir, los abonos orgánicos no solo aumentan las condiciones nutritivas de la tierra, sino que mejoran su condición física (estructura), incrementan la absorción del agua y mantienen la humedad del suelo. Su acción es prolongada, duradera y pueden ser utilizados con frecuencia sin dejar secuelas en el suelo y con un gran ahorro económico. En consecuencia, los abonos orgánicos conforman un factor determinante para la regulación de varios procesos involucrados con la productividad agrícola, son bien conocidas sus funcionalidades, como sustrato o medio de cultivo, cobertura, mantenimiento de los niveles originales de materia orgánica del suelo y reemplazo de los fertilizantes de síntesis; este último aspecto reviste enorme trascendencia, debido al auge de su utilización en los sistemas de producción limpia y ecológica.

En la figura 3.1 se dará una breve explicación acerca de los abonos, a su vez se detallará explícitamente sobre la clasificación de los abonos orgánicos según su tipo.

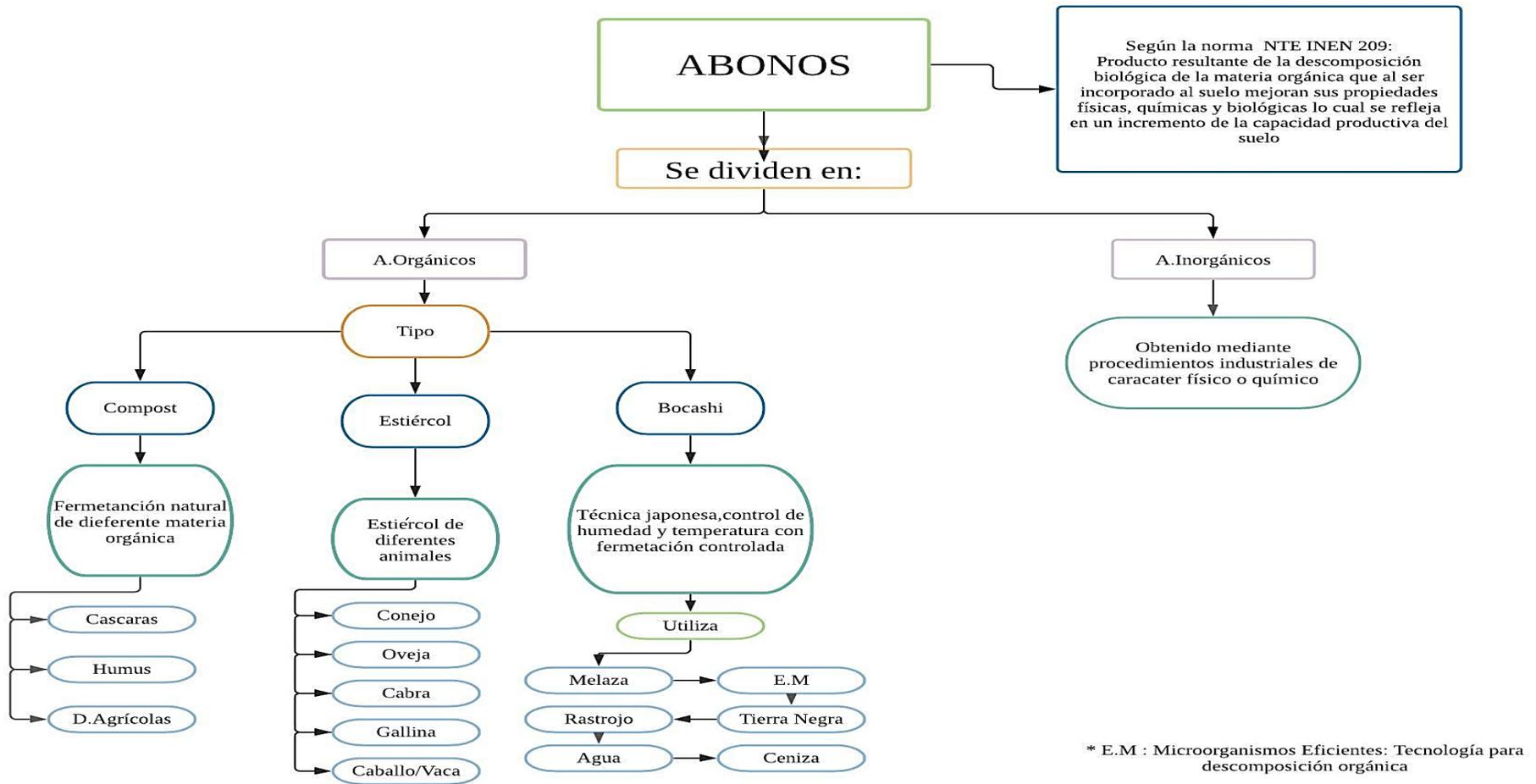


Figura 3.1. Clasificación de abonos

Fuente [Autor]

3.3. Abonos tipo estiércol

Los abonos tipo estiércol son todos aquellos que provienen de las heces de los diferentes animales de granja como de conejo, oveja, cabras, gallinas, caballos o vacas, dependiendo de sus componentes nutricionales. Procedente a esto se realiza un previo proceso de fermentación (secado) para realizar un abono de buenas características. [2]

En la tabla 3.1 se describe la composición de estiércoles frescos de diferentes animales domésticos dando a conocer la cantidad de porcentaje como es nitrógeno y fósforo incluyente en los diferentes tipos de heces.

Tabla 3.1. Composición de estiércoles frescos

Fuente: [2]

Nutrientes	Vacuno	Porcino	Caprino	Conejo	Gallina
Materia orgánica (%)	48,9	45,3	52,8	63,9	54,1
Nitrógeno Total (%)	1,27	1,36	1,55	1,94	2,38
Fósforo asimilable (%)	0,81	1,98	2,92	1,82	3,86

3.4. Definición de la gallinaza

Según la norma NTE INEN 209. 2.106 define a la gallinaza como: “Materia orgánica formada por las deyecciones de las aves corral de postura que haya pasado por un proceso de descomposición.”.[1] También, la gallinaza debe cumplir un cierto proceso para su descomposición y previa utilización.

La gallinaza es un excelente abono si se utiliza de manera correcta, es un material con buen aporte de nitrógeno, además de fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y algunos micronutrientes. Su aplicación al suelo también aumenta la materia orgánica, fertilidad y calidad del suelo.

No obstante, para su buen aprovechamiento, primero se debe hacer un buen curado. Donde, se utiliza las mejores heces de gallina para proceder a crear la gallinaza.

Cabe destacar que la gallinaza es también uno de los abonos orgánicos con mayor tasa de mineralización. Esto la hace una excelente fuente para el aporte de nitrógeno a los cultivos, pues tan solo en tres semanas el nitrógeno orgánico de la gallinaza se mineraliza en un 75 % aproximadamente, por ello en el (ANEXO I Tabla 1) se especifica las propiedades de la gallinaza.

3.4.1. Contenido de macro y micro nutrientes de la gallinaza

La gallinaza es un fertilizante orgánico que posee macro y micro nutrientes, adicionalmente un alto contenido de materia orgánica. Esto provoca efectos positivos en el suelo mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas, aumentando el rendimiento de los cultivos, por ende, la gallinaza o estiércol de gallina es considerado como uno de los fertilizantes más completos y con mejores nutrientes para el suelo debido a su importante contenido de nitrógeno, fósforo y potasio. [3]

La gallinaza además contiene cantidades de sodio (Na), sulfuros, sulfatos, cloruros y pequeñas cantidades de oligoelementos (boro B, manganeso Mn, cobalto Co, cobre Cu, zinc Zn, molibdeno Mo, hierro Fe). Es fuente de materia orgánica (M.O.) y de macro y micro nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas.

Este tipo de fertilizante aporta nutrientes que contribuyen a la fertilidad del suelo, dependiendo de su origen, puede aportar materiales orgánicos en mayor o menor cantidad, los cuales mejoran las condiciones físicas del suelo.

Si se va a utilizar la gallinaza como fertilizante(abono) se debe tener muy presente que la composición de la misma cambia de acuerdo al momento de recolección y al tipo de almacenamiento, Por tal razón, en la tabla 3.2 detalla la recolección de la gallinaza en función del tiempo, en sí, la gallinaza seca tiene mayor concentración de nutrientes donde este valor depende del tiempo y rapidez del secado, tanto que esta práctica hay que hacerla bajo sombra y no al sol al descubierto por ello en el (ANEXO I Tabla 2) se determina el análisis de la gallinaza para visualizar parámetros de la misma.

Tabla 3.2. Recolección de la gallinaza en función del tiempo

Fuente: [3]

Tipo	Humedad %	Nitrógeno%	Ácido fosfórico%	Potasio %
Fresca	70-80	1.1.-1.6	0.-1.4	0.4-0.6
Acumulada unos meses	50-60	1.4-2.1	1.1-1.7	0.7-1
Almacenada en foso profundo	12-25	2.5-3.5	2-3	1.4-2
Desecada industrialmente	7-15	3.6-5.5	3.1-4.5	1.5-2.4

3.5. Procesos de la producción de gallinaza

Los procedimientos que intervienen en la obtención de la gallinaza se basan en la recolección de la materia prima para ser procesada ya sea manual o mecánicamente, con el fin de obtener un material triturado que sea de óptimas condiciones para la pronta absorción del material, por parte del suelo a fertilizar.

3.5.1. Proceso de la gallinaza

La gallinaza es sometida a procesos en las cuales dependen mucho de un producto final, en este caso un fertilizante para los cultivos, por esta razón en la figura 3.2 especifica los procesos por el que cruza la gallinaza desde la recolección hasta el envasado siendo este último, el estado óptimo para la fertilización.



Figura 3.2. Procesos que cumple la gallinaza

Fuente [Autor]

3.5.1.1. Recolección

La recolección de la gallinaza se lo realiza de manera manual con una pala, una vez que el galpón de los pollos haya cumplido su ciclo de vida después del sacrificio. Al momento de la recolección se procede a distribuir agua sobre la materia para evitar proliferación de polvillo de las heces de gallina, las cuales son dañinas a la salud.

3.5.1.2. Secado

En este punto la gallinaza ingresa con un alto grado de humedad a un cuarto de secado, el cual es bajo sombra para que pueda secarse a temperatura ambiente, evitando gases emitidos por la gallinaza al momento de contactar directamente con la luz solar.

3.5.1.3. Triturado

El proceso de triturado busca homogeneizar la masa sólida de estiércol de gallina (bajo ciertas condiciones de humedad y dureza). la función principal del triturado es obtener una mezcla cuyas características del material machacado, sean las óptimas (tamaño del grano) para que la misma pueda ser absorbida de mejor manera y en el menor tiempo posible en el suelo a abonar.

Luego, es necesario conocer el tamaño del grano, es decir, hablar de la granulometría de la mezcla, que es aquella distribución del tamaño de las partículas de un cierto material o agregado, según la normativa NTE INEN 2022:2013, se define a la granulometría como una referencia al peso de la muestra que a su vez pasa por un tamiz o serie de tamices establecidos, para pesar las porciones que se queden en el primer tamiz y aquella que pasa por el último. Es decir, es la medición de los granos que se formaron sedimentaria mente y a su vez el cálculo de abundancia a cada tamaño correspondiente previsto en una escala granulométrica.

A través, del triturado se puede obtener partículas de tamaño determinado, basándose con el requerimiento específico del material orgánico, con la utilización de las diferentes máquinas y procedimientos. En otras palabras, un proceso de molienda, la cual hace referencia a que solo aplica transformación física de la materia sin alterar su naturaleza.



Figura 3.3. Medición Granulometría

Fuente: [4]

Según la normativa NTE INEN 2022:2013, es aplicable a fertilizantes sólidos con diámetro mínimo de partículas superior a $250\ \mu$. Por lo cual, se determina una serie de consideraciones en base al tamaño granulométrico [5], con las siguientes especificaciones:

Gránulo. - Partícula cuya forma puede ser esférica o poliédrica (1 a 4 mm).

Fertilizante en polvo. - Partícula cuya forma puede ser esférica o poliédrica (menor a 1 mm).

Súper gránulo. - Partícula cuya forma puede ser esférica o poliédrica (mayor a 4 mm).

Donde, la normativa NTE INEN 154 en el apartado Y.1, detalla las equivalencias aceptadas en los tamaños nominales de las aberturas para las mallas de alambre.

En la tabla 3.3 se describe el dimensionamiento de las mallas alambradas, dada la normativa anteriormente mencionada.

Tabla 3.3. Dimensiones de la malla de alambre según la norma NTE INEN 154

Fuente [6]

INEN	ASTM
Abertura indicada	Designación
125 mm	5 pulg
106 mm	4,24 pulg
90 mm	3 ½ pulg
75 mm	3 pulg
63 mm	2 ½ pulg
53 mm	2,12 pulg
45 mm	1 ¾ pulg
37,5 mm	
31,5 mm	1 ¼ pulg
26,5 mm	1,06 pulg
22,4 mm	7/8 pulg
19,0 mm	¾ pulg
16,0 mm	5/8 pulg
13,2 mm	0,53 pulg
11,2 mm	7/16 pulg
9,5 mm	3/8 pulg
8,0 mm	5/16 pulg
6,7 mm	0,265 pulg
5,6 mm	No. 3 ½
4,75 mm	No. 4
4,00 mm	No. 5
3,35 mm	No. 6
2,80 mm	No. 7
2,36 mm	No. 8
2,00 mm	No. 10
1,70 mm	No. 12
1,40 mm	No. 14
1,18 mm	No. 16
1,00 mm	No. 18
850 µm	No. 20
710 µm	No. 25
600 µm	No. 30

Dada la tabla 3.3, la cual hace referencia al tipo de mallado de alambre para los materiales de acuerdo a la normativa, se detallará en el (ANEXO I Figura 3) la totalidad de la tabla para visualizar los valores restantes que interviene en ella.

3.5.1.4. Envasado

El producto final de la gallinaza se envasa en un costal, costalillo o en alguna bolsa, todo depende de la cantidad que se quiera distribuir para la fertilización en los cultivos.

3.6. Procesos de trituración

Es la operación de disminución o reducción del tamaño de un material grande a un material pequeña de menor masa, provocando la fractura de los materiales mediante la presión ejercida en los mismos, dando como resultado partículas homogéneas. [7] Desempeñando un papel muy importante en el tratamiento y elaboración de materias primas de múltiples tipos, es decir, es el proceso fundamental a partir del cual se realizan los procesos de tratamiento.

La trituración es el resultado de incursión de presiones a un determinado material dando paso a gránulos de manera homogénea, con ello, según la normativa INEN 209-2016 hace referencia a la granulación como la técnica que utiliza procesos tales como aglomeración, agregación o compactación para modificar el tamaño de las partículas. Dichas partículas se realizan con

procesos manuales, semi manuales o automáticos, con lo cual ayuda al agricultor de manera exponencial. De esta manera, los procesos de triturado se basan en su capacidad de triturar el menor tamaño posible de partículas de un agregado sólido de grandes proporciones, por tanto, en la figura 3.4 se puntualiza la clasificación de los procesos de triturado para obtener la dimensión del material.

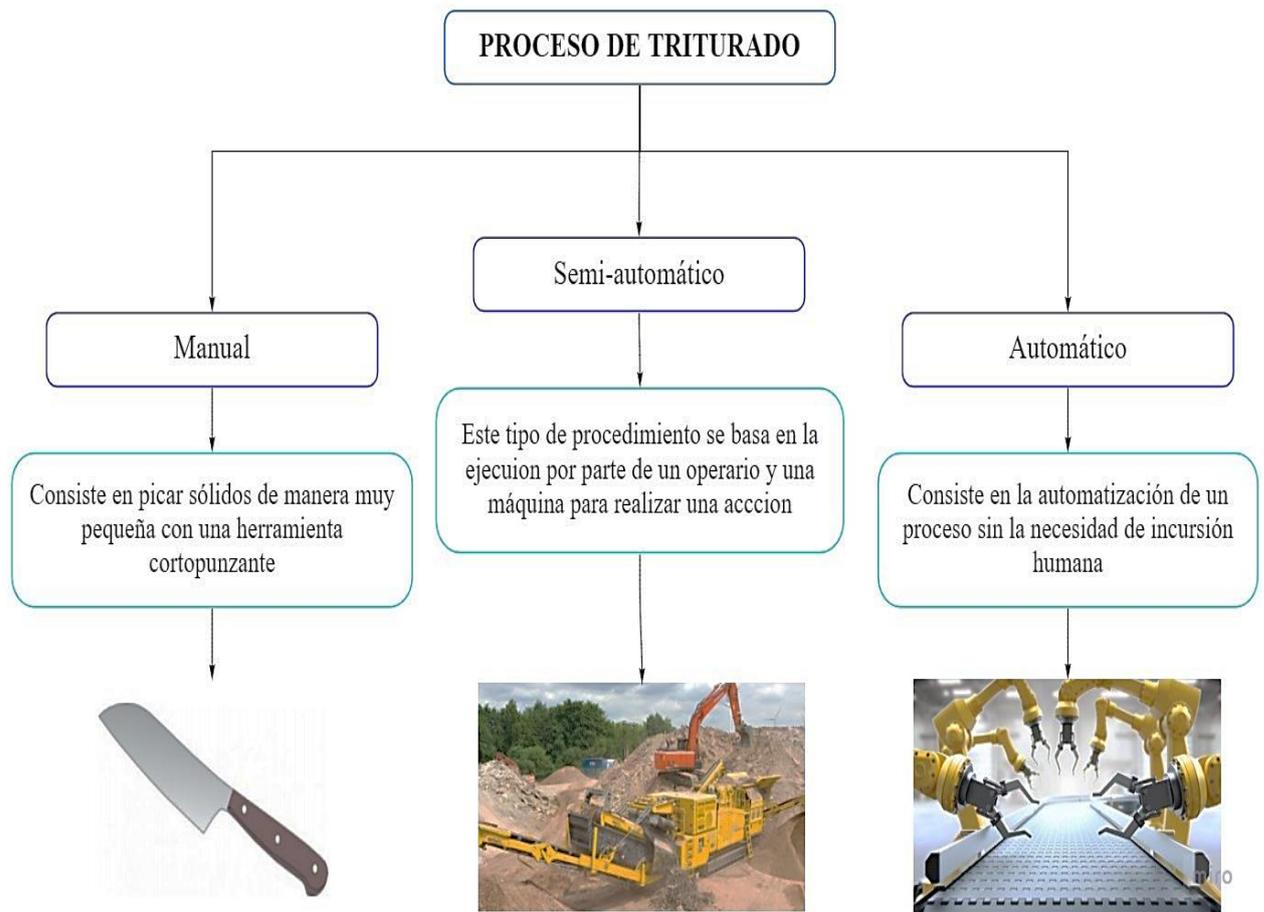


Figura 3.4. Procesos de Triturado

Fuente: [8]

3.6.1. Máquinas de Trituración

Se conoce que existe un sin número de equipos diferentes para el proceso de triturado y mecanismos que lo comprende, esto gracias a que cada máquina busca un diferente resultado basado en las características finales del material granulométrico. Posteriormente, en la figura 3.5 se especifica la clasificación de las trituradoras más referentes en el mercado.

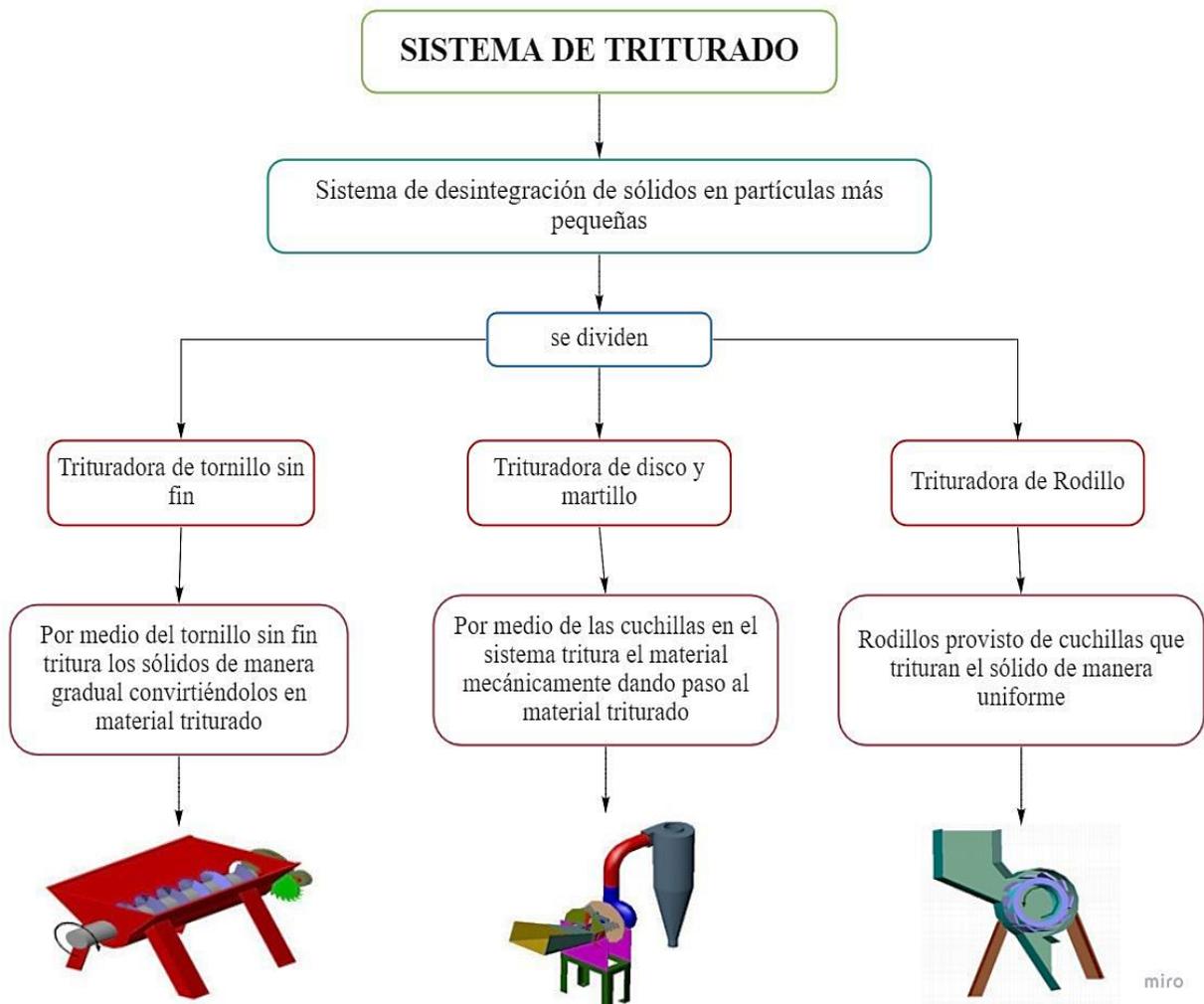


Figura 3.5. Clasificación sistema de triturado

Fuente: [9]

3.6.2. Máquinas trituradoras de rodillo

Las trituradoras de rodillo son máquinas especialmente equipadas de dientes y ruedas que trituran el material hasta llegar al punto requerido del material granulado, en sí la funcionalidad de las trituradoras de rodillo depende mucho del material a triturar, he aquí el dimensionamiento de rodillos, el número de ruedas, los ajustes de la trituradora, en si las especificaciones técnicas para un producto triturado final. Cabe destacar que varias industrias utilizan este tipo de trituradoras en la minería y recuperación de minerales siendo las más resaltantes.

A este tipo de máquinas también se le puede considerar como una máquina intermedia que dicta entre la trituración primaria y la molienda. [7]

Estas trituradoras tratan de reducir el tamaño de la partícula, a través del paso del material entre dos rodillos giratorios, los cuales trituran por compresión, dependiendo de las distancias entre los centros de los rodillos. Por lo tanto, la superficie de los rodillos puede ser de cilindro liso, dentado y único.

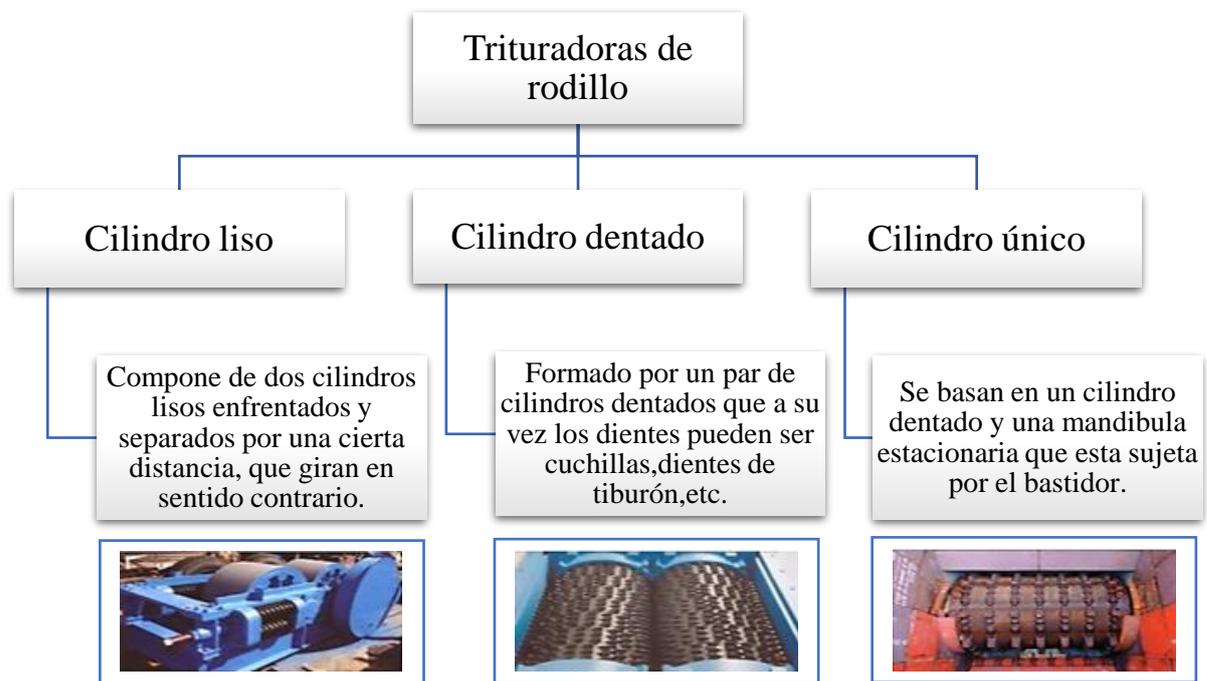


Figura 3.6. Trituradoras de rodillos

Fuente: [10]

3.6.2.1. Trituradoras de cilindros dentados

Tal como su nombre lo indica este tipo de trituradora está formada por un par de cilindros dentados, que a su vez los dientes pueden ser cuchillas, dientes de tiburón, picas, resaltes, etc. El diseño de los dientes se basa en el tipo de material a triturar, tratando de conseguir la fracturación máxima y regulando una mínima producción en fino. [10]



Figura 3.7. Trituradora de cilindros dentados

Fuente: [10]

Las trituradoras de rodillo dentado son máquinas que establecen un balance entre la molienda y la trituración primaria, este tipo de trituradoras también se pueden utilizar en materiales de dureza media. Por lo tanto, está constituido por las siguientes partes:

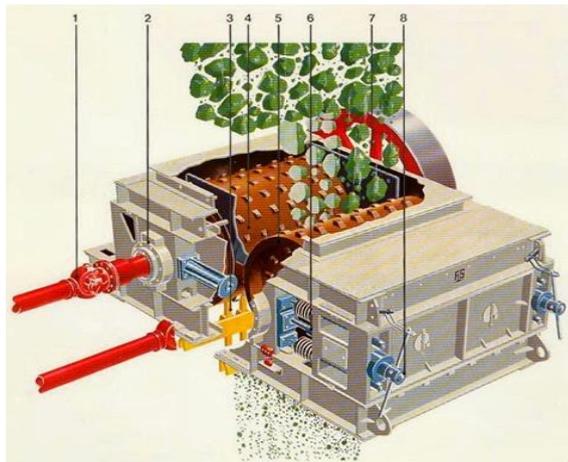


Figura 3.8. Partes del triturador

Fuente : [10]

Partes del triturador

- 1) **Árbol Cardan.** _ El árbol cardan o junta universal, es aquella que permite transmitir potencia entre ejes no coaxiales y no alineados, por ello el uso del mismo es fundamental a la hora de transmitir potencia.

- 2) **Cojinete de cilindro.** _ Los cojinetes de cilindro son los encargados de transferir las cargas de los elementos rotativos y estacionarios, donde permiten la rotación relativamente libre con un mínimo de fricción.
- 3) **Raspador.** _ Aquel elemento mecánico encargado de triturar el material de manera compacta o a su vez homogénea, con lo cual sujeta y suelta los materiales para poder triturar.
- 4) **Cilindro fijo.** _ El cilindro fijo otorga movilidad al cilindro móvil ya que el cilindro fijo está anclado al sistema de transmisión de potencia para poder triturar.
- 5) **Cilindro ajustable.** _ A diferencia del cilindro fijo, este cilindro puede regularse según lo requiera el usuario para determinar un material triturado en base a especificaciones deseadas.
- 6) **Protección contra sobrecargas.** _La protección contra sobrecargas está constituido por una placa de ajuste y resortes de presión que ayudan en la sostenibilidad de la cantidad de material que ingresa a los rodillos de trituración.
- 7) **Volante.** _ Es el encargado de trasladar a todo el sistema del cilindro fijo a una nueva posición, con lo cual se determina las dimensiones del material triturado.
- 8) **Tornillo para el reglaje de la abertura de salida.** _ Esta encargada de regular las protecciones contra sobrecarga.

3.7. Diseño de elementos de máquinas

La gran cantidad de heces de gallina(gallinaza) producida por los galpones, dan la necesidad del diseño apropiado para triturar el tipo de material, a manera que se indique un adecuado modelo granulométrico del producto final. Por consiguiente, se dará a conocer las consideraciones del diseño como de los árboles, de los rodillos dentados, sistema de transmisión de potencia, estructura, sistema de carga - descarga y el sistema eléctrico.

3.7.1. Consideraciones de diseño

Tomando en cuenta los factores importantes para el dimensionamiento de la máquina en el proceso de trituración se basa en el tamaño de la materia orgánica, es por ello pensar idealmente en un proceso de trituración de heces de gallina (gallinaza) para la optimización de tiempo al momento de la absorción de nutrientes por parte del suelo a tratar.

Una vez que se emplea la expresión importancia de diseño se implica de forma directa alguna característica que influye en el diseño del factor, o quizás a lo largo del sistema. Comúnmente se tiene que tener en cuenta muchas de aquellas propiedades en una situación de diseño dada.

A continuación, en la figura 3.9 se detalla las consideraciones de diseño que hace referencia en la máquina.

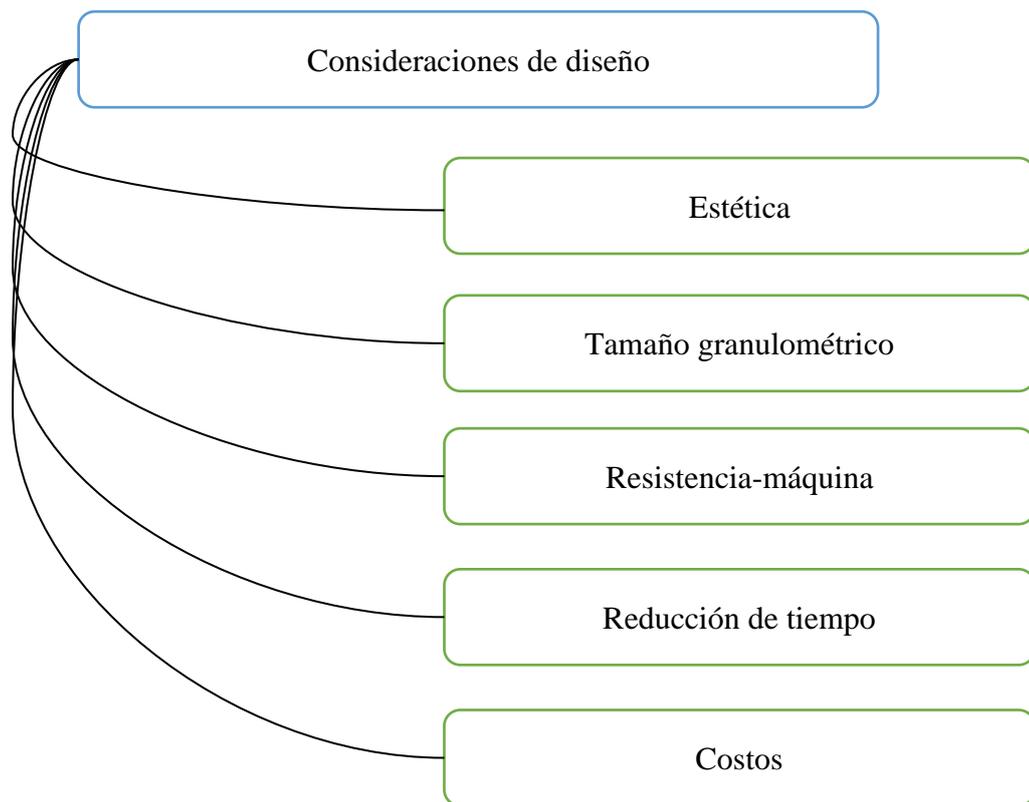


Figura 3.9. Consideraciones de diseño

Fuente [Autor]

Algunas de estas características se relacionan de forma directa con las magnitudes, el material, el procedimiento y la alianza de los recursos del sistema. Como la resistencia que necesita un elemento de un sistema da un factor de importancia para determinar su geometría y dimensiones.

3.7.2. Diseño de Árboles

3.7.2.1. Árboles

Serán los elementos giratorios con el propósito de transmitir potencia mecánica mediante su giro, en virtud de ello, se impone a esfuerzos de torsión y flexión. Siendo estos, los árboles geométricos de las partes en movimiento.

El árbol tiene la posibilidad de ser de perfil liso o estriado, dependiendo del instante de giro a transmitir. Los árboles lisos muestran principalmente diferentes diámetros durante su longitud, mientras, que cuando se necesite la trasmisión de importantes momentos y fuerzas de giro se selecciona árboles estriados.

Por ello, a continuación, se muestra los tipos de árboles:

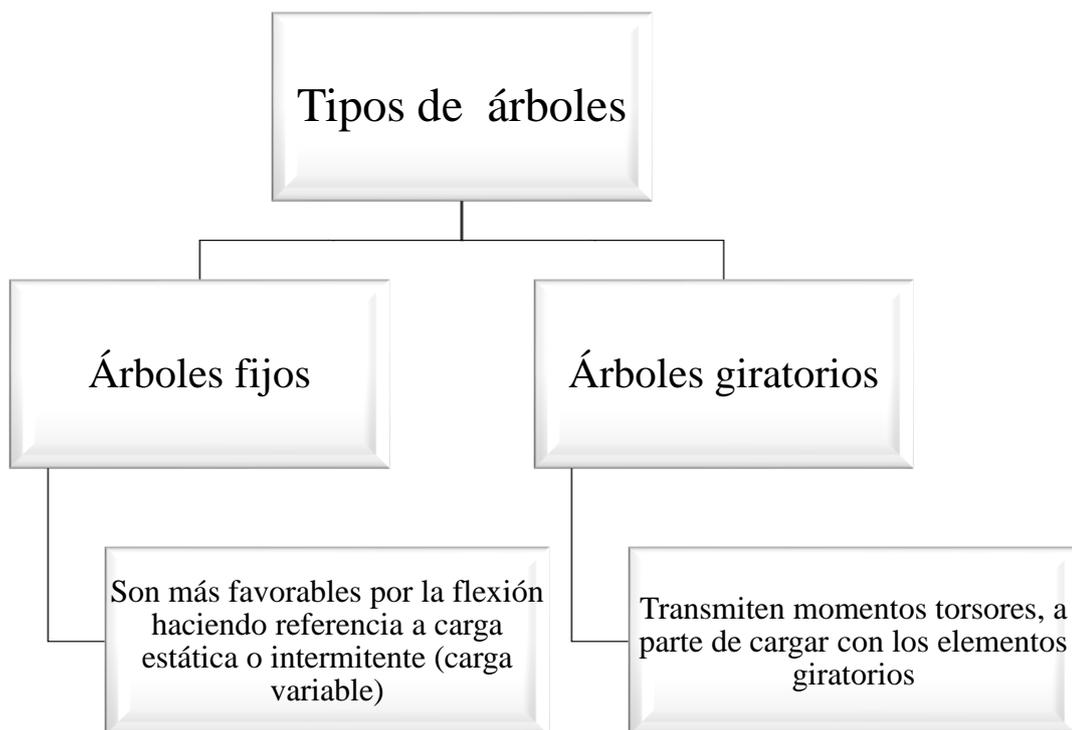


Figura 3.10. Tipos de árboles - movimiento

Fuente: [Autor]

3.7.2.2. Rodillo

Por lo tanto, dentro de este acápite se encuentra el rodillo, el cual, es un cilindro con un diámetro relativamente ancho de movimiento rotatorio, se usa habitualmente para prensar o comprimir ciertos materiales. La figura 3.11 explica la clasificación de los rodillos más habituales.

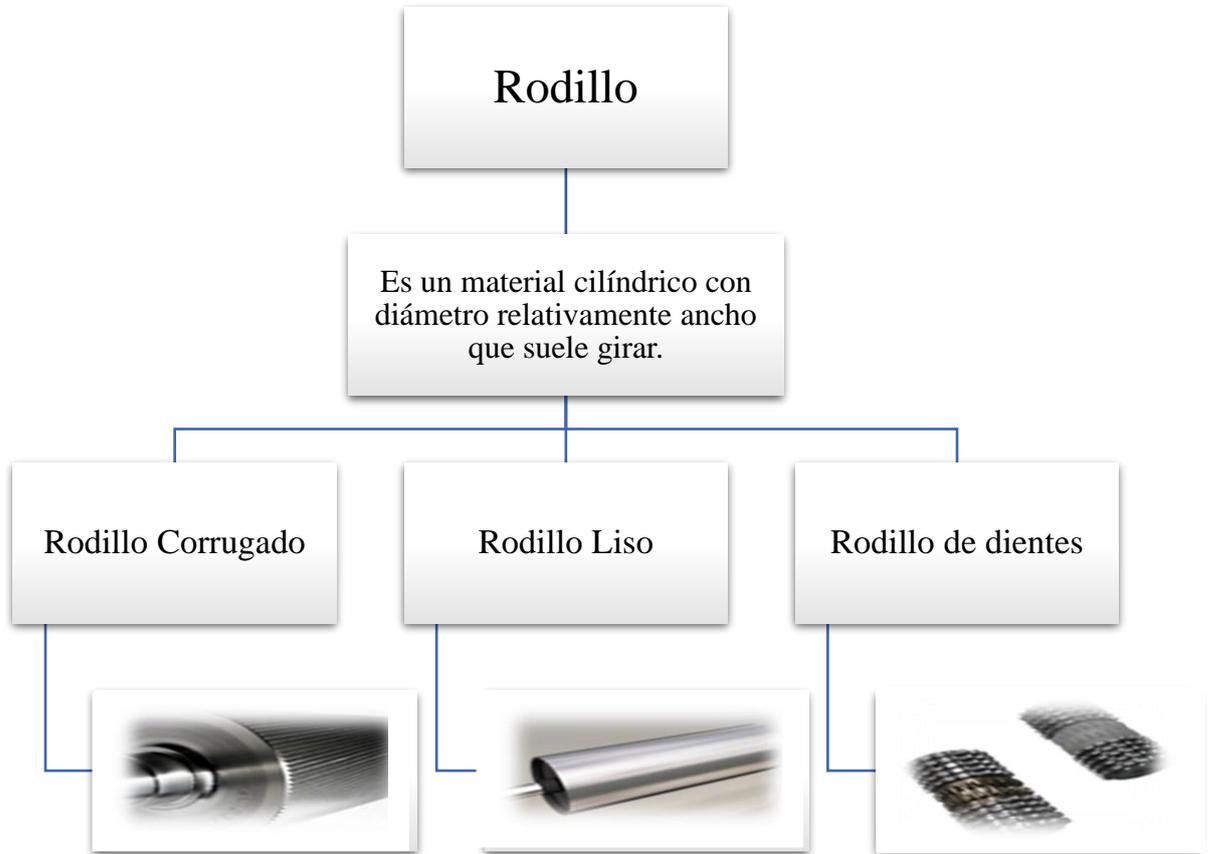


Figura 3.11. Rodillos de trituración

Fuente: [11]

3.7.2.3. Teoría de Corte

Proceso mediante el cual se estudia regularidades de los materiales ya sea por arranque de viruta o abrasión del mecanizado, su principal función es deformar mediante el corte para crear una viruta de proporciones dependientes en acción de corte. [12]

Cuchillas de corte

Es una pieza de vital importancia ya que transmite toda la presión y precisión del sistema, en consecuencia, al seleccionar una cuchilla errónea se pondrá en gran riesgo el proceso de corte.

En el mercado industrial existe una determinada gama de cuchillas, las cuales ayudan en los procesos de corte, por tal motivo, en la figura 3.12 se detalla la clasificación de los diferentes tipos de cuchilla.

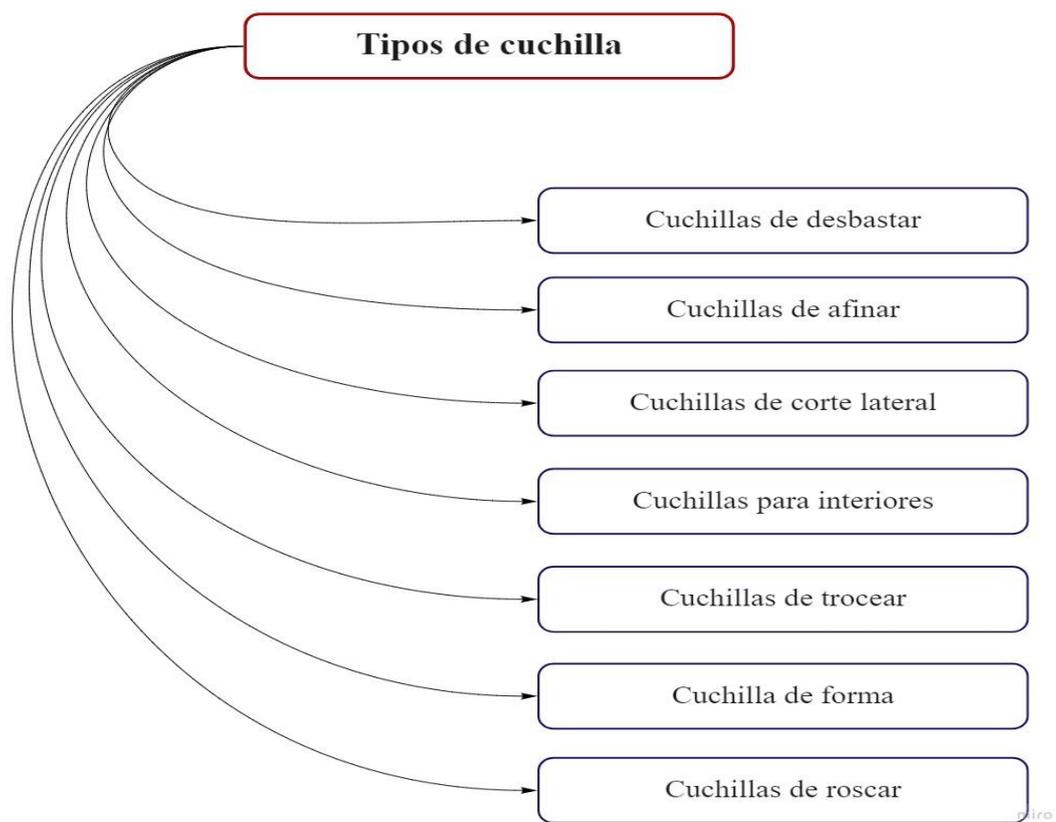


Figura 3.12. Tipos de cuchillas de corte

Fuente: [13]

Para el perfecto acabado de un material en un sistema de corte se describe determinados ángulos en la cuchilla para cumplir su cometido. A continuación, se enlista los ángulos que ayudan en el proceso de corte, siendo:

Ángulo de incidencia

Determinado por la superficie de incidencia de la herramienta de corte, a su vez la superficie de la pieza ya mecanizada, donde, el ángulo de incidencia tiende a ser pequeño al contacto entre la herramienta y la pieza, aumentando un roce excesivo, dando como consecuencia un desgaste de la cuchilla.

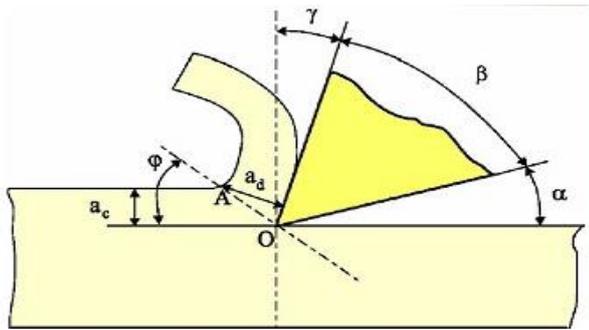


Figura 3.13. Ángulo de incidencia

Fuente: [14].

Ángulo de ataque

Este ángulo está determinado por una pendiente con respecto a la cara de ataque tomando como referencia un plano perpendicular al movimiento de corte.

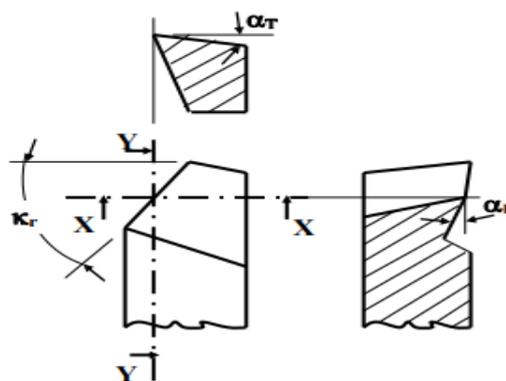


Figura 3.14. Ángulo de ataque

Fuente: [12]

Ángulo de desprendimiento

Está determinado por la dirección perpendicular a la superficie mecanizada de la pieza y por la superficie de desprendimiento de la pieza.



Figura 3.15. Ángulo de desprendimiento

Fuente: [14]

3.7.2.4. Uniones

La gran parte de los elementos, instalaciones y máquinas que conocemos están compuestas por la unión de varias piezas que forman un conjunto, por esta razón, su unión es necesaria para poder cumplir con la función de diseño. [15]

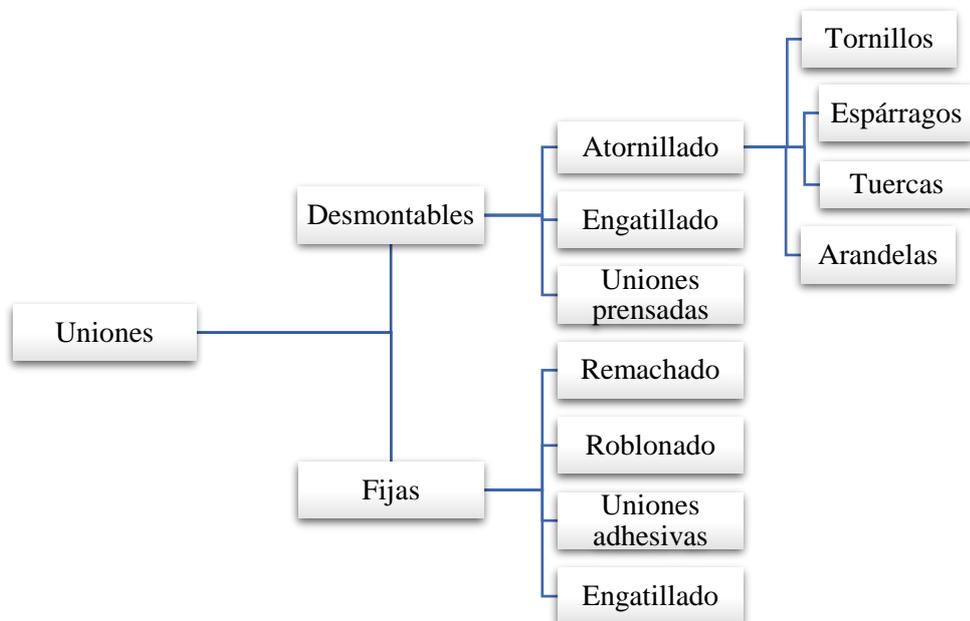


Figura 3.16. Clasificación de las uniones

Fuente: [15]

Tuercas y arandelas

Tanto las tuercas como arandelas son elementos mecánicos rígidos encargados de la sujeción de las piezas posteriores, su finalidad es apretar de manera uniforme todo un mecanismo para que exista el balance evitando posibles fenómenos mecánicos. [15]

3.7.2.5. Chavetas

Elemento de una máquina, el cual se introduce entre dos piezas para fijarlas y permitir el arrastre de una de ellas por la otra.

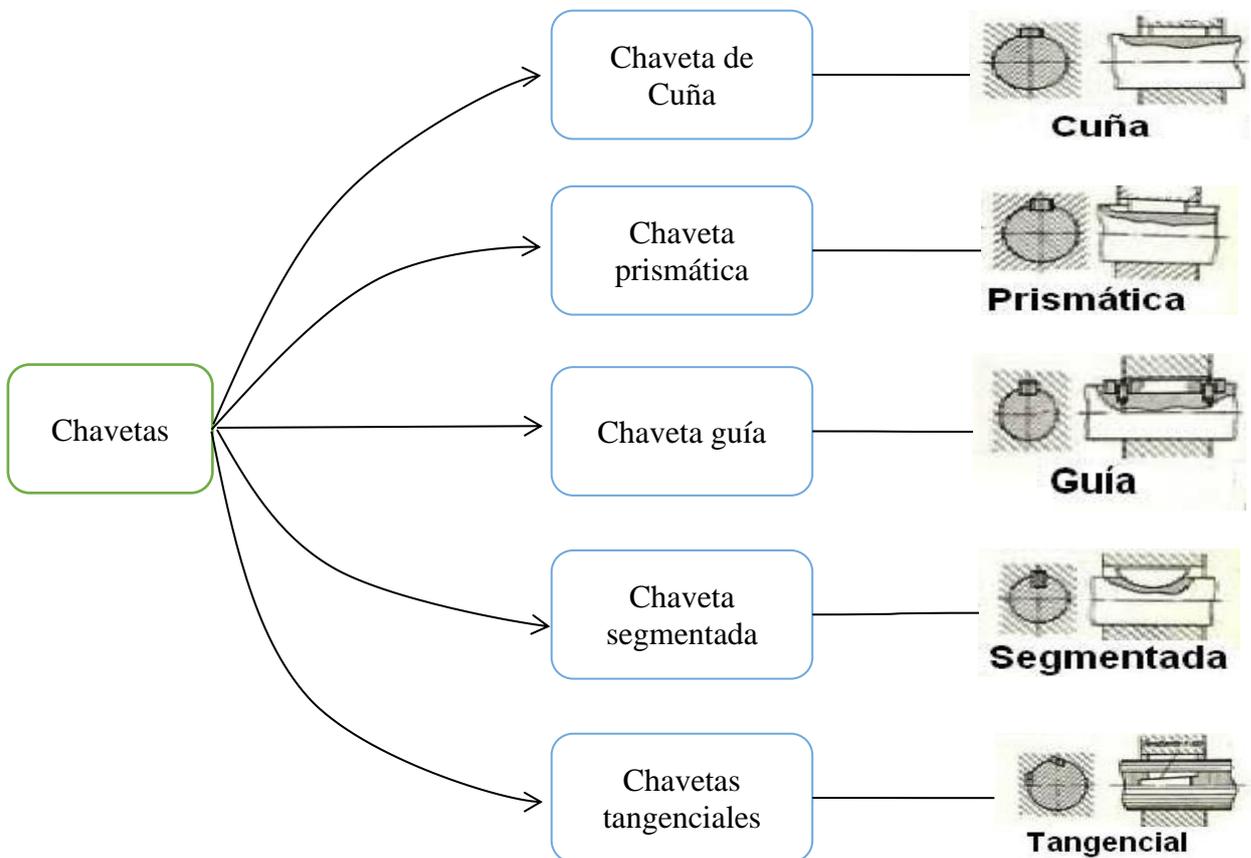


Figura 3.17. Clasificación tipos de chaveta

Fuente: [16]

3.7.2.6. Rodamientos

Elemento mecánico que asegura un enlace móvil entre dos elementos de un mecanismo, donde se encuentra en rotación con respecto al otro. En la figura 3.18, se explica la clasificación de los rodamientos mecánicos.



Figura 3.18. Clasificación rodamientos

Fuente: [17]

3.7.3. Sistemas de transmisión de potencia

El sistema de transmisión de potencia tiene la capacidad de conducir potencia desde una fuente a otro mecanismo ya sea incrementando, manteniendo o reduciendo la velocidad y el torque, por tal motivo, en la figura 3.19 se detalla los diferentes mecanismos de transmisión de potencia.

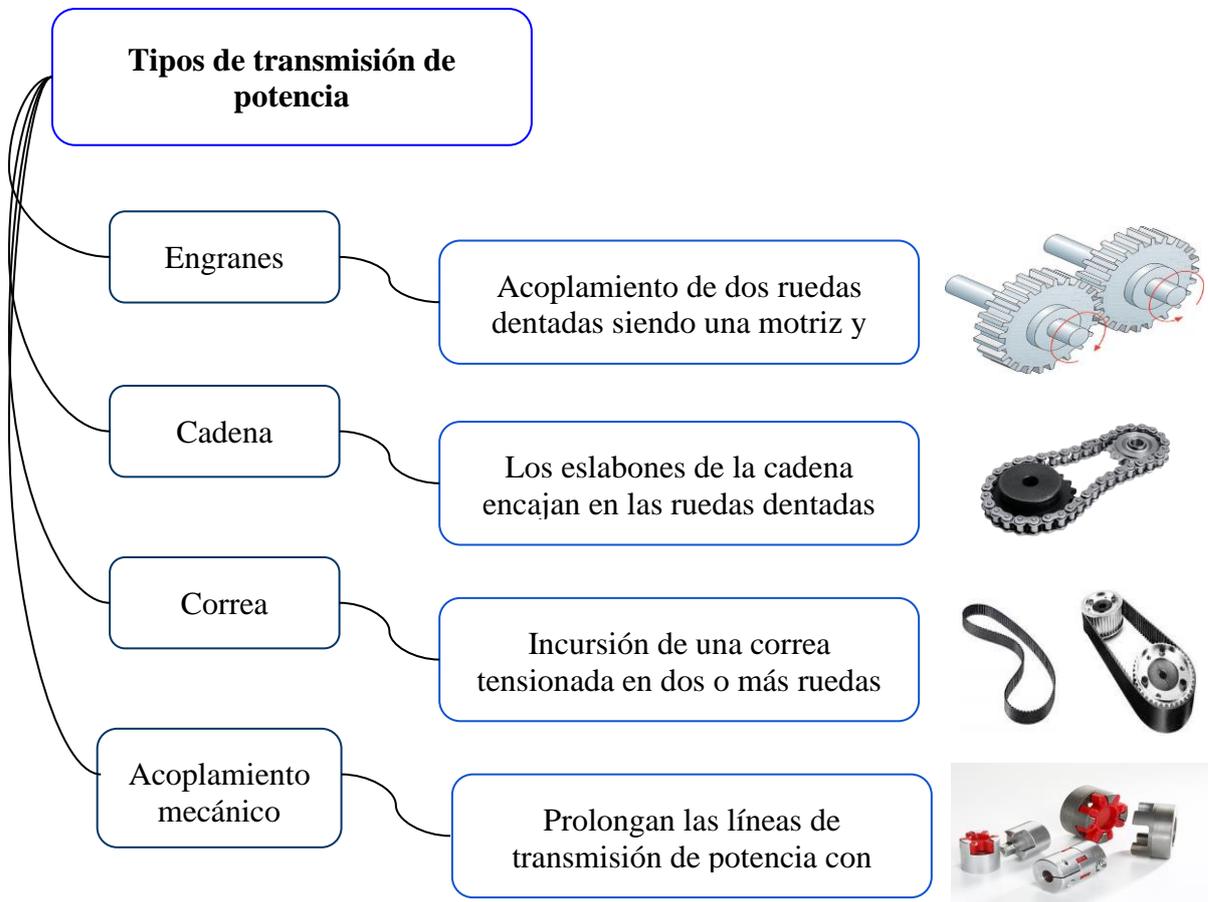


Figura 3.19. Tipos de transmisión de potencia

Fuente: [18]

3.7.3.1. Acoplamiento mecánico

Un acople mecánico o acoplamientos son aquellos elementos mecánicos que se encargan de prolongar las líneas de transmisión de potencia desde un motor a un árbol con una dirección paralela, ya que su fin es transmitir energía a una máquina de procesos.

La importancia y vitalidad del uso de un acoplamiento mecánico es reducir el choque que se transmite de un árbol a otro, adicionalmente su protección contra sobrecargas es idónea para las vibraciones que experimenta una unidad giratoria al transmitir potencia. [19]

Entre los acoplamientos más usados tenemos:

- Acoplamientos rígidos.
- Acoplamientos flexibles. (matrimonio)
- Acoplamientos especiales o articulados.

Acoplamiento Flexible

El matrimonio es un elemento mecánico de transmisión que une dos árboles con la finalidad de transmitir el par del árbol motriz al árbol conducido. [20]

3.7.3.2. Engranaje

Son sistemas conformados por dos o más ruedas dentadas que encajan entre sí. Por lo cual, se determina como sistema de transmisión circular, ya que son capaces de transmitir el movimiento circular, la potencia y la fuerza desde un motor hasta otro elemento receptor. Las ruedas dentadas de estos engranajes se encuentran unidos directamente al motor conocido como engranaje de entrada y a la rueda unida al receptor denominada también como engranaje de salida. [21]

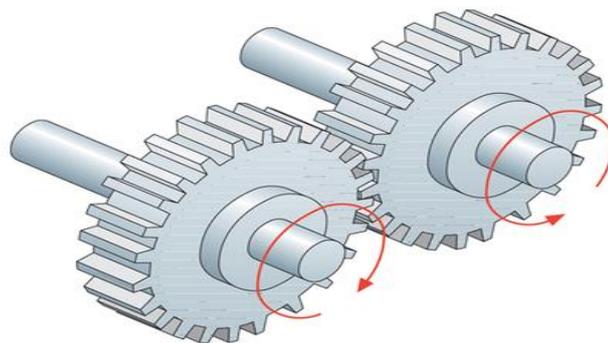


Figura 3.20. Engranajes

Fuente [22]

3.7.4. Estructura

Son aquellos elementos rígidos que permiten manejar el momento relativo de otros elementos con relación a uno fijo lo cual aporta seguridad a todos los elementos que se apoyaran en la estructura.



Figura 3.21. Estructura metálica

Fuente: [Autor]

El diseño de este armazón metálico fijo se relaciona con los distintos órganos y grupos mecánicos de la máquina (transmisión, ruedas, etc.) El mismo que cumplirá con la finalidad de asegurar la unión entre los grupos mecánicos y asegurará que la posición relativa de los órganos respecto a otros permanezca fija o varíe dentro de las posiciones preestablecidas para su correcto funcionamiento.

Entre las principales características que deberá cumplir serán las siguientes:

- Gran inflexibilidad, es decir, soportará los esfuerzos que va producir la máquina.
- Gran resistencia.
- Peso relativo.

Existen diferentes tipos de elementos para realizar una estructura, entre ellos se encuentran los perfiles circulares (tubería estructural), rectangulares (PTR), ángulos, etc.

3.7.5. Sistema eléctrico

Existen una gran variedad de componentes con diferentes tamaños y formas, así como de distintos materiales utilizados en los mismos, que son usados en el sistema eléctrico tales como: conectores, aislantes, motores, contactores, pulsadores, etc. Es de gran importancia para el diseño que el equipo seleccione los componentes óptimos que cumplan las distintas normas de diseño.

Por lo cual, el propósito de este sistema será transportar energía eléctrica desde una fuente de alimentación para la movilidad de los componentes de dicha máquina. Por este motivo en la figura 3.22 se especifica el esquema de alimentación a la máquina.

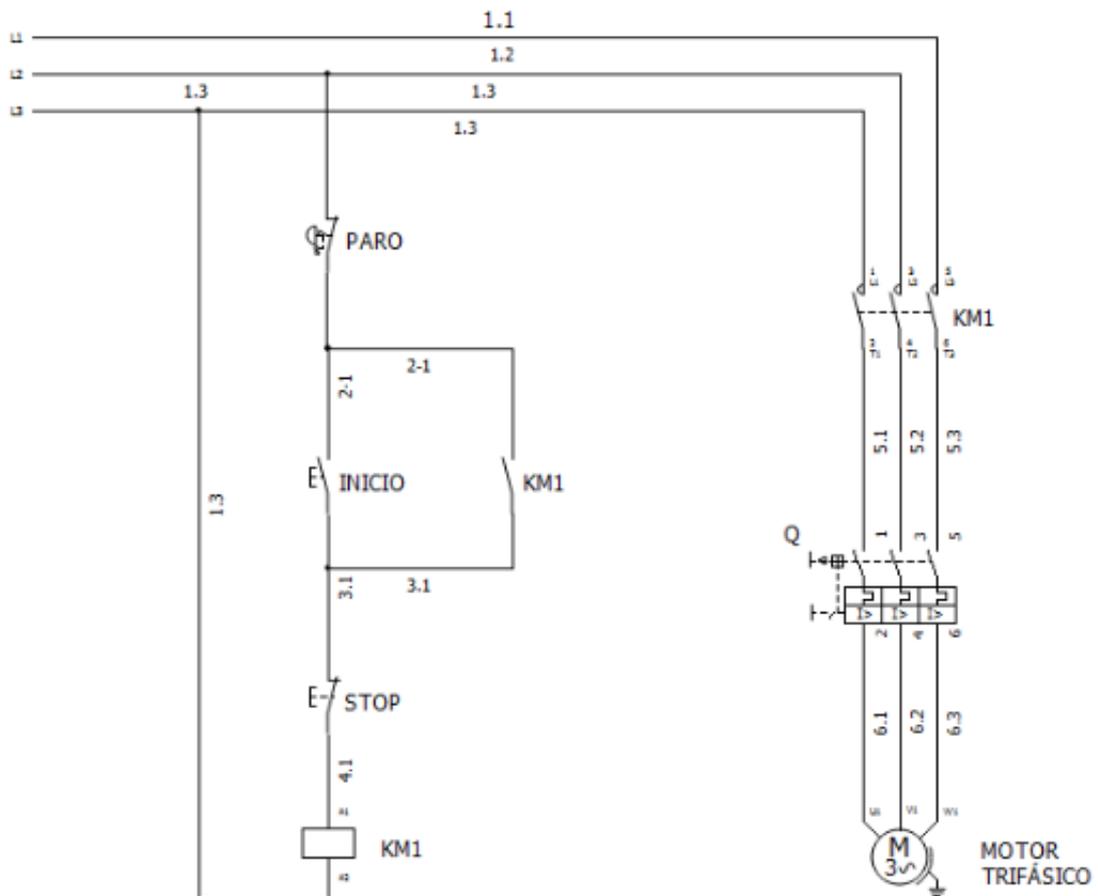


Figura 3.22. Diagrama eléctrico

Fuente [Autor]

Dada la figura 3.22 se describe los componentes eléctricos que conforman el mismo, siendo este motor eléctrico, conductor eléctrico (aislante, amperaje a soportar), contactor, relé térmico e interruptor (Paro y marcha).

3.7.5.1. Motor eléctrico

El motor eléctrico es una máquina rotatoria, que por medio de los campos magnéticos inmersos en el mismo transforma la energía eléctrica en energía mecánica, gracias a la acción magnética generada en sus bobinas. Estas máquinas eléctricas están compuestas por un rotor y un estator comúnmente. En el campo de la ingeniería se conoce los diferentes tipos de motores eléctricos los cuales poseen diferentes componentes, determinando la fuerza o par de torsión del motor. Por ello en la figura 3.23 se detalla la clasificación de los motores.

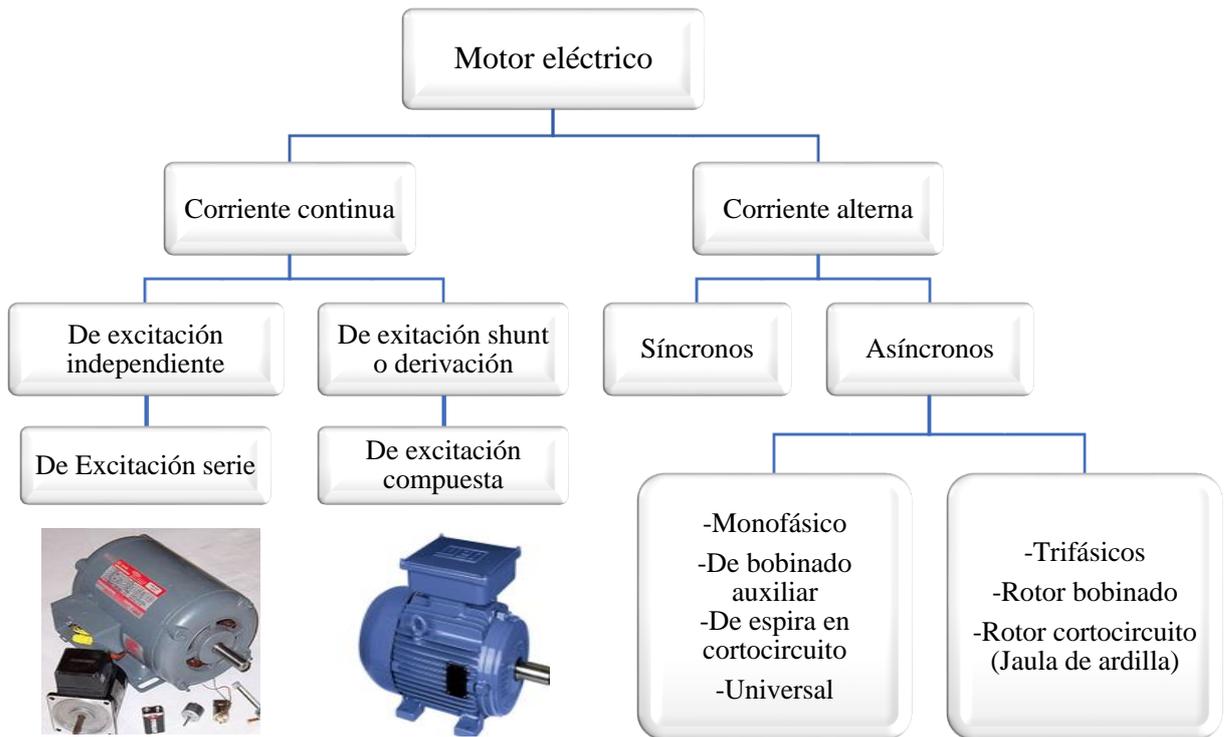


Figura 3.23. Clasificación de los motores

Fuente: [23]

3.7.5.2. Conductor eléctrico

Los cables eléctricos están compuestos por el conductor, el aislamiento, una capa de relleno y una cubierta, cada uno de estos elementos que componen dicho cable eléctrico cumplen con un propósito vital a la hora de conducir electricidad.

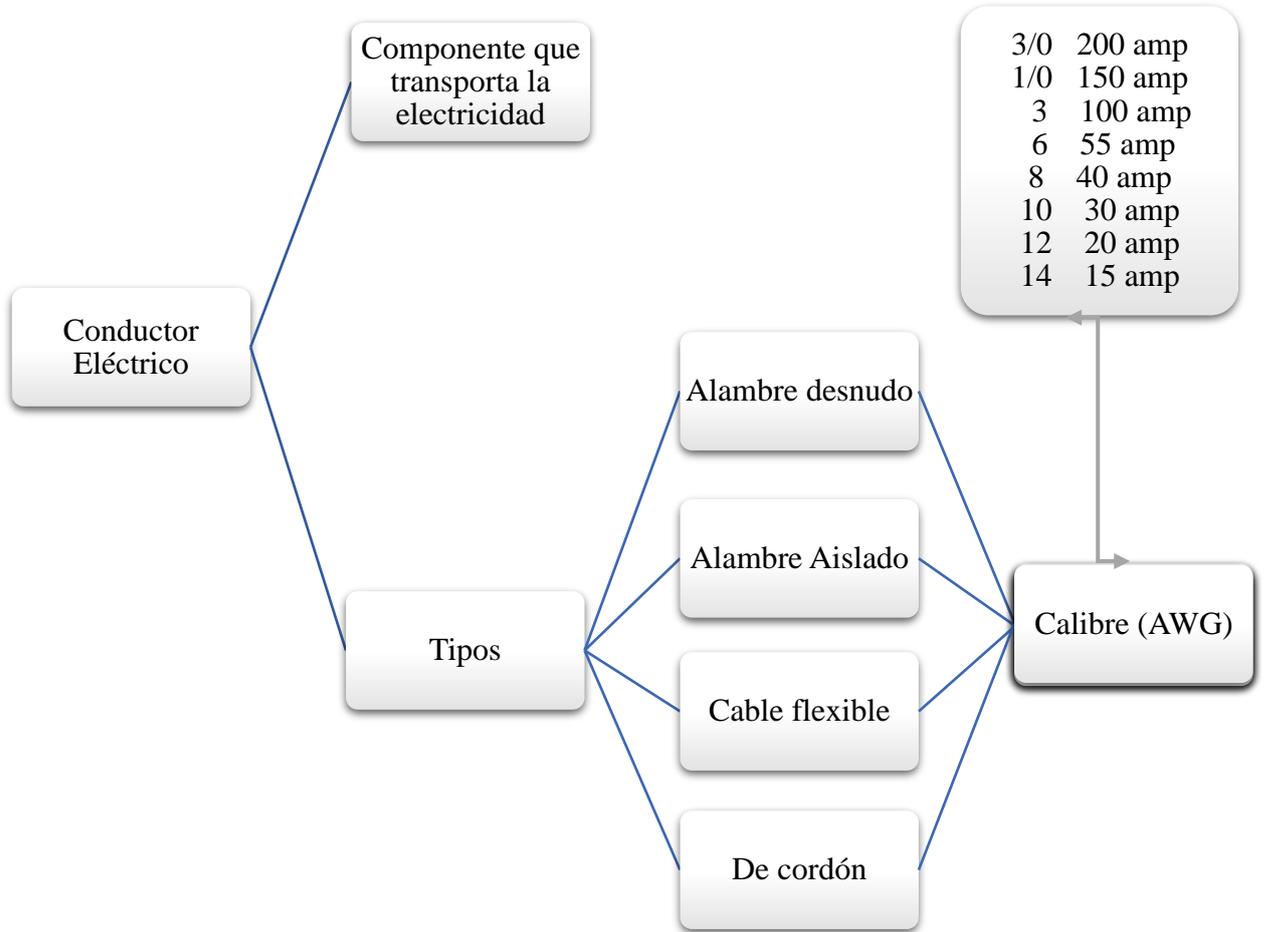


Figura 3.24. Tipos de conductores eléctricos

Fuente: [24]

Por tal razón, el conductor es un elemento principal para el transporte de la electricidad, donde, su calidad dependerá en gran parte de la adecuada operación que realice ya que una mala selección del conductor ocasionará tarde o temprano problemas a la instalación.

3.7.5.3. Interruptor

Es un elemento eléctrico que al momento de oprimir sobre él permite el paso de corriente, de igual forma cuando se deja de oprimir interrumpe el paso eléctrico.

Su mecanismo de funcionamiento consta en un resorte o muelle el cual vuelve a su posición inicial después de haberlo dejado de oprimir. Cabe mencionar que el paso de la corriente se da a través de contactos conocidos como bornes. Estos son cerrado y abierto.



Figura 3.25. Interruptor (ON/OFF)

Fuente: [25]

3.8. Herramientas computacionales

3.8.1. Herramientas CAD-CAE

Es una herramienta fundamental para el análisis y diseño, es decir, una simulación que esparce un papel fundamental en el área de procesos mecánicos o de máquinas, modernizando la calidad de los proyectos y productos.

En la figura 3.26 se explica el procedimiento que existe en las herramientas CAD-CAE para lograr resultados del diseño.

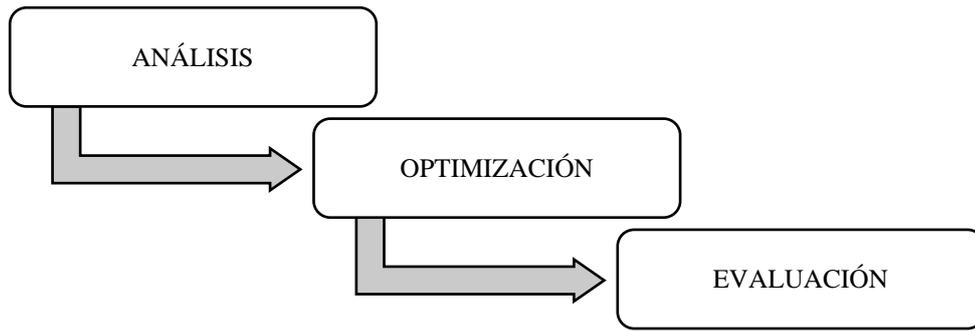
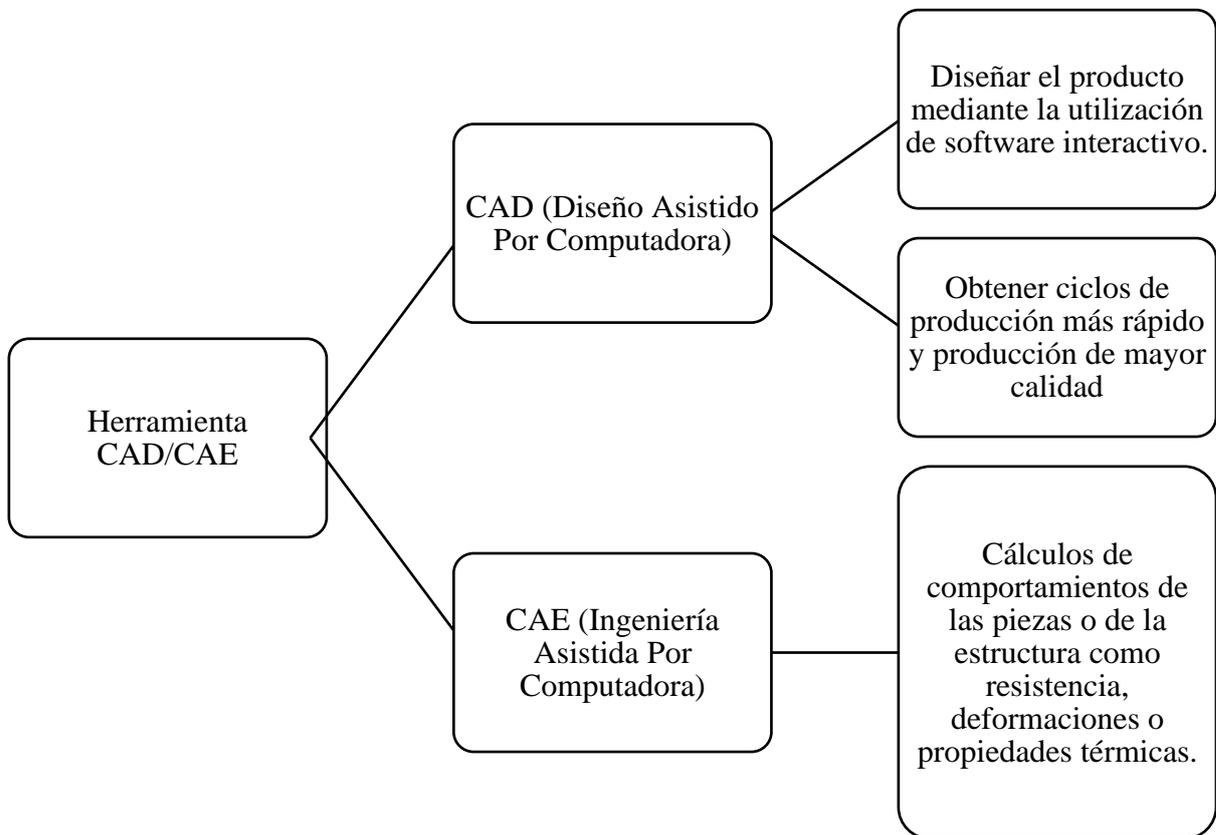


Figura 3.26. Procedimiento sistema CAE

Fuente: [autor]



Método computarizado para revelar el cómo reacciona un producto ante el calor, vibraciones, fuerzas, el flujo de fluidos y otros efectos. De tal forma que, la simulación de elementos finitos permitirá comprobar si el producto se desgastara, romperá o funcionará como se desea.

4. METODOLOGÍA

4.1. Introducción

En este punto se detalla cada uno de los elementos mecánicos que deberán ser seleccionados y diseñados los mismo que se acogerán a normas y especificaciones técnicas, las cuales determinan la funcionalidad de la máquina trituradora de heces de gallina, con una moderación adecuada de trituración y mínima cantidad de pérdida por parte de la materia prima.

4.2. Metodología cualitativa y cuantitativa

Dada la siguiente metodología, se trabajará utilizando principalmente métodos de carácter cualitativo y cuantitativo, los mismo que están inmersos en el presente proceso de trituración de heces de gallina, detallando su metodología en la figura.4.1. Para visualizar detenidamente cada ítem ver el (ANEXO III Tabla 1).



Figura 4.1. Metodología cualitativa y cuantitativa

Fuente: Autor

4.2.1. Metodología Cualitativa

Método el cual permite identificar tanto atributos como cualidades, los cuales identifican ciertos requisitos de máquinas trituradoras de heces de gallina, para formar un material triturado (abono), donde en este método se definirán las características de las mismas.

4.2.2. Metodología Cuantitativa

Mediante la incursión de ecuaciones se determinará múltiples etapas el cual conforma el sistema de rodillos, donde estos actúan para triturar las heces de gallina sólida. Para una facilidad se plantea el uso de tablas que determinan la valoración numérica, medio por el cual se analizará las características para su correcta selección.

4.3. Parámetros de alcance

4.3.1. Definición de requisitos (alcance)

Establecer las variables tanto de entrada como de salida, donde determina el análisis estático y dinámico de una máquina trituradora de heces de gallina. Por tanto, se analizará el comportamiento de la misma, la cual se especifica en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Variables de entrada y salida de proceso de trituración

Fuente [Autor]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS (TRITURADORA HECES DE GALLINA)	
ESPECIFICACIONES	UNIDADES
Capacidad de Carga (Cantidad de volumen que se va a introducir)	Kg
Capacidad productiva (Cantidad de kg que se puede producir por hora)	Kg/h
Porcentaje de humedad de la materia prima (Característica de producto de entrada)	%

Tamaño granulométrico del producto (según INEN Tamaño final de la gallinaza)	mm
Porcentaje de producto no aceptable (Cantidad de material no apto)	%

4.3.2. Capacidad de la producción

Para la determinación de la capacidad de producción, se seguirá el siguiente procedimiento:

- 1.- Registro mensual de la producción de la gallinaza en la Finca "La Rosa".
- 2.- Medición o determinación del porcentaje de humedad (rango aceptable del 12 y 20%) (Almacenamiento en foso profundo).

Dado las especificaciones según la determinación de la capacidad de producción se detalla los requerimientos con los parámetros de ingreso de la gallinaza a la tolva, con lo cual se busca el rendimiento de producción (Kg/h), con lo cual por cada minuto ingresará un valor determinado de kg de gallinaza.

4.3.3. Tamaño granulométrico del proceso de trituración manual

La medida del material granulométrico en el proceso de trituración se lo determinará considerando fertilizantes sólidos con diámetro mínimo de partículas superior 250μ , por lo cual se sigue el siguiente procedimiento:

- 1._ Muestreo según NTE INEN 2022 2013.
- 2._ Procedimiento (según la normativa INEN 154).

4.4. Diseño conceptual

4.4.1. Estructura funcional de la trituradora de heces de gallina

En la figura 4.2 se indica los elementos constitutivos del diseño del triturado para las heces de gallina, el cual está constituido por: sistema mecánico, sistema eléctrico, estructura y sistema de descarga.

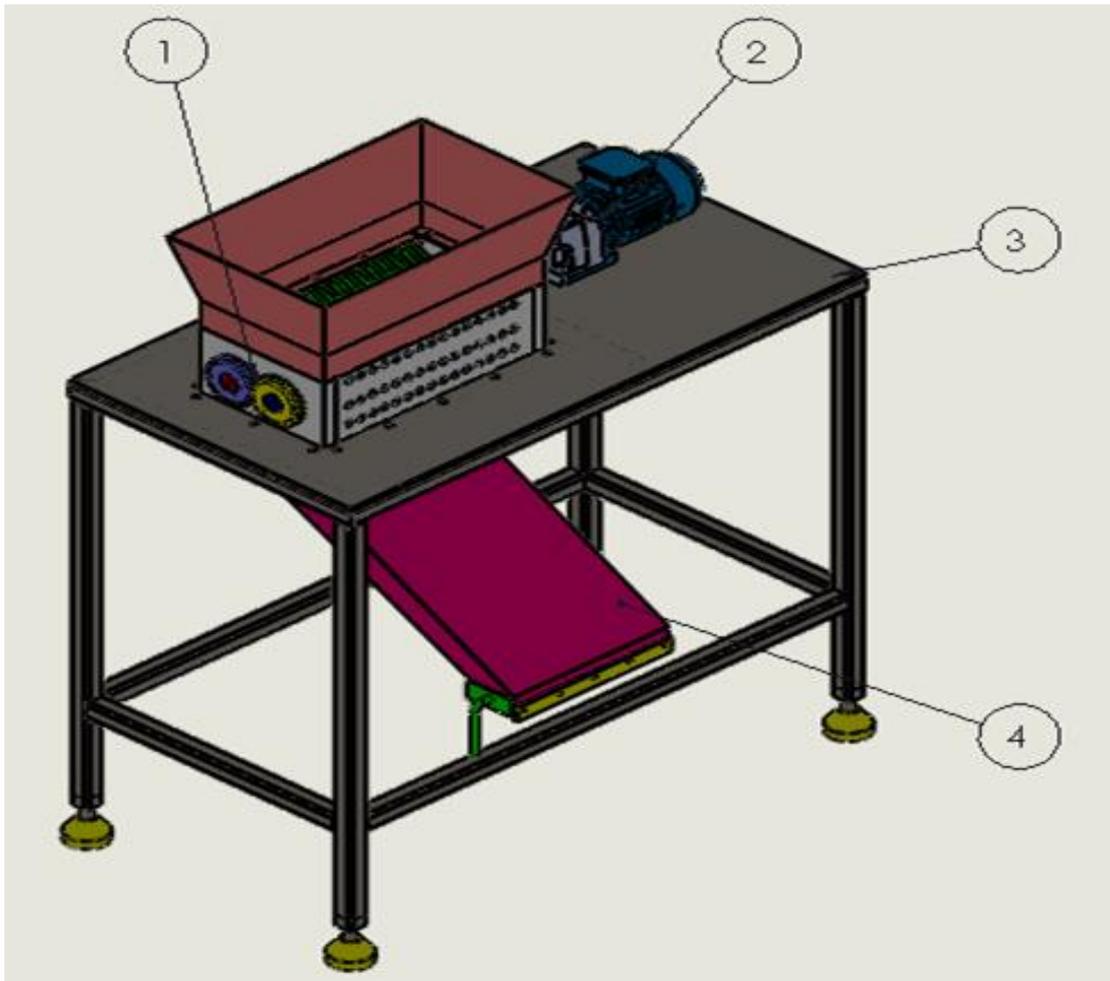


Figura 4.2. Sistemas de la trituradora de heces de gallina

Fuente [Autor]

El proceso que cumple la máquina trituradora es atrapar y arrastrar las heces de gallina en partículas sólidas hacia los rodillos, donde estos por medio de fuerza de tracción trituraran de manera homogénea la materia prima, dando paso a un material triturado listo para envasar. Por lo cual, se considera los siguientes sistemas:

1.- Sistema mecánico

Estará constituido el sistema por árbol motriz-conducido, engranes, cuchillas, contra cuchillas, rascadores, acoplamiento mecánico(matrimonio), rodamientos, chaveta, tuerca y arandela.

2.- Sistema eléctrico

En este sistema, destaca los componentes que accionaran la maquinaria mediante un generador, transportador y un distribuidor de energía eléctrica, tomando como principales elementos la selección del motor y del motor reductor.

3.- Estructura

Está encargado de servir como plataforma o soporte para todos los sistemas de la máquina trituradora.

4.- Sistema de descarga

Se establecerá de acuerdo a la capacidad de gallinaza sólida al ingreso de la tolva y a la salida luego de pasar por el proceso de triturado se obtendrá como producto final un material reducido de tamaño.

4.5. Diseño dimensional

Mediante la incursión de ecuaciones se determinará los datos optimizados para cada uno de los elementos inmersos en la máquina para su posterior cálculo.

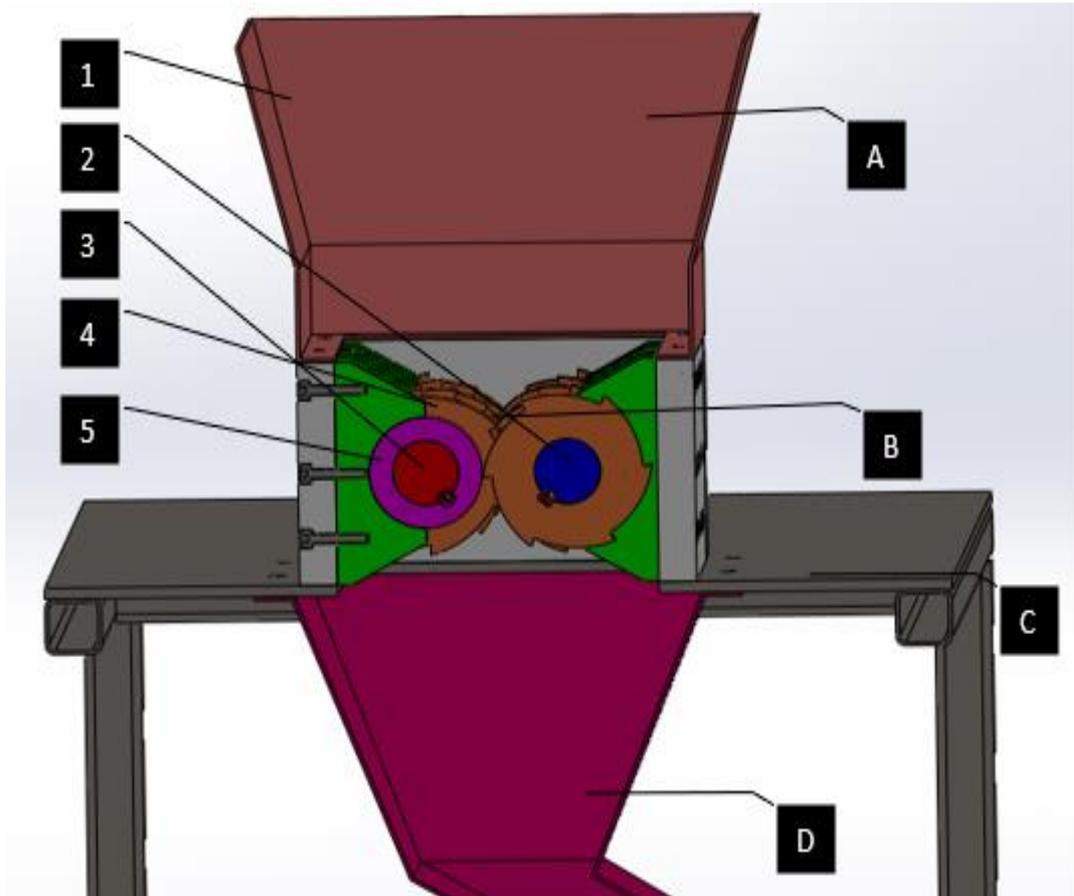


Figura 4.3. (1) tolva de alimentación, (2) Árbol motriz, (3) Árbol conducido, (4) Cuchilla, (5) Contra cuchilla (A) Alimentación (B) Trituración, (C) Estructura, (D) Descarga.

Fuente [Autor]

4.5.1. Sistema de carga

4.5.2. Capacidad de trituración

Se tiene en consideración que la capacidad de trituración mensual es de 2,7 toneladas, dato que permitirá iniciar el diseño para dicha cantidad de gallinaza, por lo que a continuación se procederá a verificar el número de quintales mensuales, haciendo uso de la siguiente ecuación:

Ecuación 4.1 Capacidad de producción mensual

$$NQ = \frac{CP}{50kg} \quad (4.1.)$$

Donde:

NQ = Número de quintales mensuales; (Kg)

CP = Capacidad de producción mensual; (Kg)

1Q = 50 Kg

A continuación, se determinará el número de quintales diarios que se procederá a triturar en el día, para lo cual se tomará como referencia un tiempo de 1 semana de producción, como se observa en la siguiente ecuación.

Ecuación 4.2 Producción semanal.

$$Nqq_{4s} = \frac{NQ}{t} \quad (4.2.)$$

Donde:

Nqq_{4s} = Capacidad de producción diaria; (Kg)

NQ = Número de quintales mensuales; (Kg)

t = Tiempo de triturado diario; (s)

Ecuación 4.3 Producción por horas

$$Nqqh = \frac{NqqDiaria}{T_{/2h}} \quad (4.3.)$$

Donde:

$Nqqh$ = capacidad de producción por hora

$NqqDiaria$ = capacidad de producción diaria

T = Tiempo de triturado

4.5.3. Diseño de la tolva

Para este punto se basará en primera instancia a la capacidad de almacenamiento del material a triturar, posteriormente se establece el siguiente procedimiento:

4.5.3.1. Requerimientos para la selección de material de la tolva

Se debe tener en cuenta que la tolva es la entrada de la materia prima que en este caso es la gallinaza, misma que posee una humedad del 12% por lo tanto, dicho material deberá poseer requerimientos como:

- Resistente a la corrosión.
- Ser intercambiable, cuando exista desgaste.
- Resistir fricción.
- Ser económico.
- Ser manipulable para dar forma.

Así mismo, se analizarán los requerimientos anteriores, para la selección del material al momento de realizar la tolva.

4.5.3.2. Volumen de la tolva

Para obtener el volumen de la tolva se hará uso de la ecuación que se indica a continuación, por lo que, se debe tener en consideración la masa obtenida de gallinaza y su densidad.

Ecuación 4.4 Volumen de la tolva máxima (en base a la ρ del material)

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (4.4.)$$

Donde:

ρ = Densidad de la gallinaza; ($\frac{Kg}{m^3}$)

m = Masa total de la gallinaza; (Kg)

v = Volumen, (m^3)

4.5.3.3. Dimensionamiento de la tolva

Se procederá a obtener el volumen que poseerá dicha tolva para el diseño de la máquina trituradora de abono de gallina, para lo cual se hará uso de la siguiente ecuación. Además, el diseño de la tolva se observa en la figura 4.4.

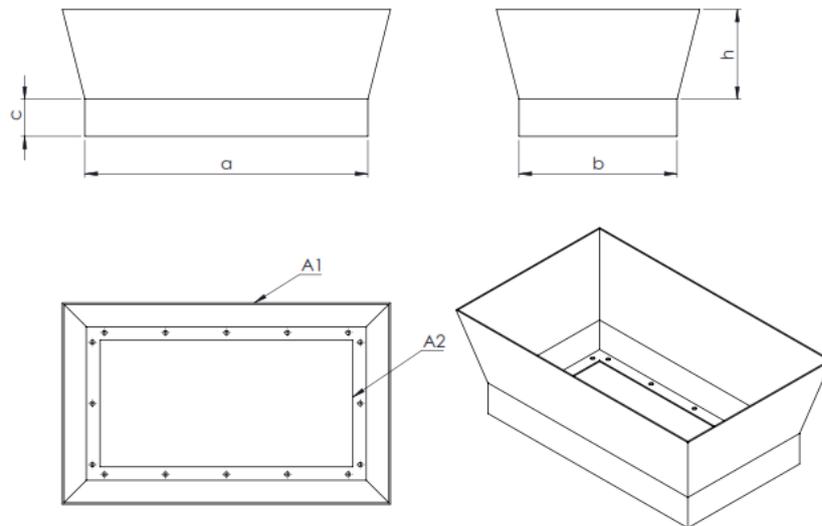


Figura 4.4. Dimensionamiento de la tolva

Fuente [Autor]

Ecuación 4.5 Volumen de la tolva (Paralelepípedo y tronco piramidal)

$$V_{tolva} = V_{paralelepipedo} + V_{tronco\ de\ pirámide} \quad (4.5.)$$
$$V_{tolva} = a * b * c + \frac{1}{3}(h * (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 * A_2}))$$

Donde:

V_{tolva} = Volumen de la tolva; (mm^3)

a = Lado uno del paralelepípedo; (mm)

b = Lado dos del paralelepípedo; (mm)

c = Altura del del paralelepípedo; (mm)

h = Altura del tronco de pirámide; (mm)

A_1 = Área de la sección uno del tronco de pirámide; (mm^2)

A_2 = Área de la sección dos del tronco de pirámide; (mm^2)

4.5.4. Sistema de trituración

Para obtener los datos del árbol motriz se tomará en cuenta la masa del material día/hora para determinar la fuerza con la cual se realiza la ruptura de la gallinaza, por lo cual partiremos de la siguiente ecuación:

Ecuación 4.6. Fuerza a la que será sometida la gallinaza

$$F = m * a \quad (4.6.)$$

Donde:

F = Fuerza a vencer

m = masa del material.

a = aceleración

4.5.4.1. Requerimientos para la selección de material de la cuchilla

Se debe tener en cuenta que la función de la cuchilla es triturar la gallinaza, por lo tanto, dicho material deberá poseer requerimientos como:

- Resistente a la corrosión.
- Alta resistencia al desgaste.
- Ser mecanizable.
- Ser intercambiable, cuando exista desgaste.
- Resistir fricción.

Por lo que se analizarán los requerimientos anteriores, para la selección del material al momento de diseñar la cuchilla.

4.5.5. Dimensionamiento de las cuchillas

La propuesta tecnológica que trata acerca de una trituradora de heces sólidas de gallina, utiliza cuchillas capaces de triturar y minimizar partículas de grandes dimensiones. Serán elaboradas bajo un material rígido, el cual buscará vencer la dureza de la gallinaza para convertirlos en partículas de menores dimensiones y peso, por lo que “Main Casa” fabricantes de cuchillas, recomiendan que el perfil y la anchura de la cuchilla se pueden especificar para adaptarse al tipo de materiales que se están procesando.

A continuación, la anchura de las fracciones de material de salida puede controlarse por el espesor de las cuchillas. Por lo tanto, la configuración de herramienta en cuanto ancho se debe tener en cuenta el área de triturado para garantizar un correcto trabajo, como se observa en la figura 4.5.

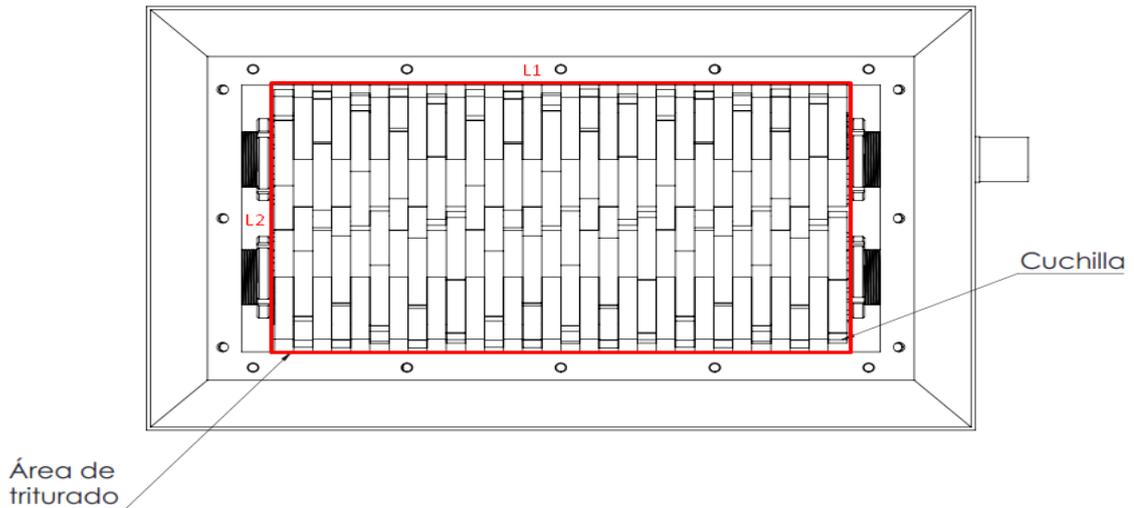


Figura 4.5. Área de triturado, cuchillas

Para obtener el área se hará uso de la siguiente ecuación:

Ecuación 4.7 Área de triturado

$$A_{triturado} = (L1 * L2) \quad (4.7.)$$

Donde:

$A_{triturado}$ = Área de triturado; (mm^2)

L1 = Largo; (mm)

L2 = Ancho; (mm)

Luego, es necesario tener en cuenta las fuerzas que va a realizar las cuchillas al momento de triturar, como se muestran en las siguientes ecuaciones:

4.5.5.1. Componente tangencial

Ecuación 4.8 Componente tangencial

$$F_{ct} = \frac{T_{max}}{\left(\frac{D}{2}\right)} \quad (4.8.)$$

Donde:

F_{ct} = Fuerza componente tangencial (N)

T_{max} = Torque máximo (Nm)

D = Diámetro de la cuchilla (m)

4.5.5.2. Componente radial

Ecuación 4.9 Componente radial

$$F_{cr} = F_{ct} \tan\varphi \quad (4.9.)$$

Donde:

F_{cr} = Fuerza componente radial (N)

F_{ct} = Fuerza componente tangencial (N)

φ = Ángulo de contacto

4.5.6. Análisis Ángulos de la cuchilla

La cuchilla que se trabaja en la máquina será elaborada con un acero bajo los requerimientos de diseño, el cual deberá ser de alta resistencia para este tipo de material. Donde se aplicará el funcionamiento de máquinas y herramientas, ya que se necesita movilizar, mecanizar un material, el cual, va tener un ángulo de corte, es decir, un ángulo de incidencia, de ataque y de desprendimiento.

El ángulo de corte (incidencia, ataque, desprendimiento) se tomará en cuenta de acuerdo a la normativa de máquinas de CNC del catálogo de Sandvik, donde, en la mayoría de estas máquinas, se trabaja por lo general entre 5 a 15 grados. En virtud de ello, en el (ANEXO II Figura 3) se demuestra los diferentes grados que puede tener una cuchilla de corte.

4.5.7. Diseño de Árbol Motriz

4.5.7.1. Requerimientos para la selección de material del árbol motriz

Para la selección del material adecuado en el árbol de transmisión se debe tener en cuenta parámetros como:

- Ser mecanizable.
- Resistencia a torsión.
- Ser intercambiable, cuando exista desgaste.
- Soportar carga.

Por lo que se analizarán los requerimientos anteriores, para la selección del material al momento de realizar el árbol motriz.

4.5.8. Potencia requerida en el sistema de triturado

La máquina trituradora de abono para gallina contará con una parte eléctrica, misma que permitirá automatizar el sistema, para tener control sobre la misma, esta poseerá un motor-reductor. Para obtener el torque máximo del sistema se realiza la sumatoria de todos los componentes que van sometidos en el árbol y la masa de la gallinaza d/h, por lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 4.10 Torque máximo

$$T = F * r \quad (4.10.)$$

Dónde:

T: Torque; (Nm)

F: Fuerza; (N)

r: radio; (mm)

4.5.8.1. Velocidad lineal -árbol

Basado en la cantidad de gallinaza a triturar, se determinará la velocidad lineal con la cual contará la máquina trituradora al momento de triturar tal cantidad. Por consiguiente, se

establece la siguiente ecuación la cual se parte de la fuerza dinámica o fuerza viva, por lo que se tiene:

$$F = \frac{mv^2}{2}$$

Despejando la velocidad se obtiene;

Ecuación 4.11 Velocidad lineal-árbol

$$V = \sqrt{\frac{2 * F}{m}} \quad (4.11.)$$

Donde:

V= Velocidad lineal ($\frac{m}{s}$)

F= Fuerza a vencer de la gallinaza (N)

m= Peso del abono (Kg)

4.5.8.2. Velocidad angular del árbol

Este parámetro es de particular importancia ya que determina la velocidad idónea con la que contará el sistema triturador, por esta razón se establece la siguiente ecuación:

Ecuación 4.12 Velocidad angular

$$\omega = \frac{V}{R} \quad (4.12.)$$

Donde:

ω = Velocidad angular (RPM)

V= Velocidad lineal (m/s)

R= Radio cuchilla (mm)

A continuación, se determinará la potencia del árbol motriz por lo que se utilizará la ecuación 4.13 para dicho fin.

Ecuación 4.13. Potencia requerida en el árbol motriz

$$P = T * \omega \quad (4.13.)$$

Dónde:

P: potencia; (Watt)

ω: velocidad angular; (RPM)

T: Torque; (Nm)

4.5.9. Diseño del árbol

Para el diseño del árbol de la trituradora de abono de gallina se hará la selección del material, tomando en cuenta la ecuación 4.15 obtenida del libro “Diseño de Máquinas de Shigley”, para calcular el diámetro donde se van alojar los rodamientos, los mismos que soportaran una carga radial y evitando una carga axial. Por ende, anticipando a dicho procedimiento se utilizará la ecuación 4.14 Para determinar el momento flector con el que contará dicho rodamiento.

En la figura 4.6, se observa que el árbol motriz portador de cuchillas y contra cuchillas estará sometido a torsión debido a que se encuentra conectado al reductor.

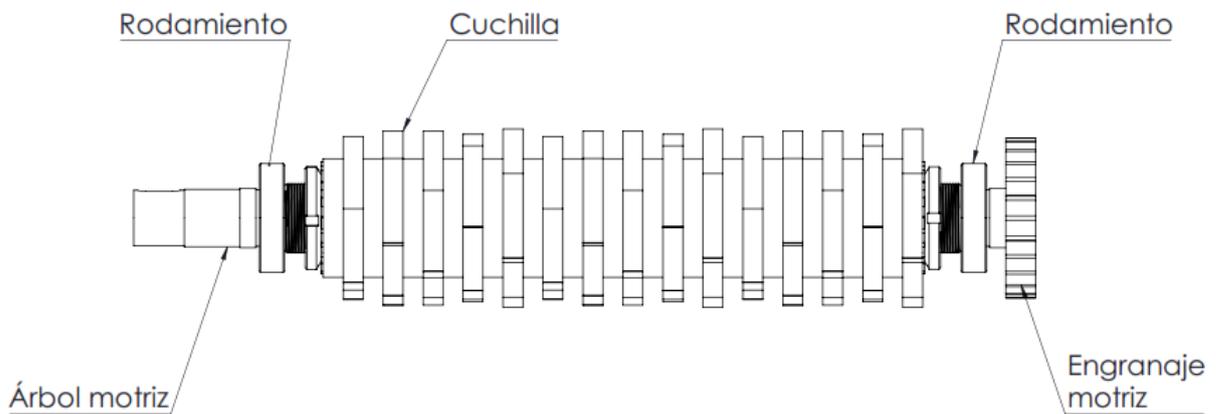


Figura 4.6. Árbol motriz con cuchillas

Ecuación 4.14 Momento flector

$$M = \sqrt{(R_{ay} * d)^2 + (R_{az} * d)^2} \quad (4.14.)$$

Donde:

R_{ay} = Reacción con respecto a ay

R_{az} = Reacción con respecto a az

d = Distancia de rodamiento (extremo a extremo)

Ecuación 4.15. Diámetro mínimo del árbol (dinámicamente)

$$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{32 * n}{\pi} \sqrt{\left(\frac{T}{S_y}\right)^2 + \left(\frac{M}{S_e}\right)^2}} \quad (4.15.)$$

Dónde:

n : coeficiente de seguridad

d_{min} : diámetro mínimo del árbol (mm)

M : momento flector máximo (Nm)

S_y : resistencia de fluencia (MPa)

S_e : resistencia a la fatiga

T : torque (Nm)

Además, se determinará el torque que se producirá en el árbol, para lo cual se aplicará la siguiente ecuación:

Ecuación 4.16. Torque en el árbol

$$T = \frac{P}{\omega} \quad (4.16.)$$

Dónde:

T : Torque (Nm)

P : Potencia ($Watt$)

ω : velocidad angular (rad/seg)

4.5.10. Sistema de transmisión de potencia

4.5.10.1. Requerimientos para la selección de material para engranajes

Se debe tener en cuenta que la función de los engranajes es transmitir el movimiento a todo el sistema de la trituradora, por lo tanto, dicho material deberá poseer requerimientos como:

- Ser mecanizable.
- Ser suave, bajo contenido de carbono.
- Permitir realizar tratamiento térmico.

Por lo que se analizarán los requerimientos anteriores, para la selección del material al momento de diseñar el engranaje.

4.5.10.2. Selección de Engranaje

La máquina trituradora de abono poseerá un sistema de transmisión rígido, lo que es considerada con engranajes, los mismos serán los encargados de transmitir el movimiento entre rodillos para poder triturar la gallinaza.

Por lo tanto, para la selección de engranajes de transmisión se analizarán requerimientos como, distancia entre centros, relación de velocidad, factor de servicio y potencia real, mismas ecuaciones que son consideradas en el catálogo de Martin.

Como primera instancia se procederá a seleccionar el diámetro de paso mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 4.17 Diámetro de paso (engrane mayor)

$$D_{p1} = \frac{DC * 2}{Relación + 1} \quad (4.17.)$$

Ecuación 4.18 Diámetro de paso (engrane menor)

$$D_{p2} = P_{d1} * Relación \quad (4.18.)$$

Donde:

D_{p1} = diámetro de paso del engrane

D_{p2} = diámetro de paso del engrane

DC = distancia entre centros

Seguidamente, se deberá tener en cuenta la distancia entre centros con la siguiente ecuación:

Ecuación 4.19 Distancia entre centros

$$D_c = \frac{D_{p1} + D_{p2}}{2} \quad (4.19.)$$

Donde:

D_c = Distancia entre centros

D_{p1} = Distancia punto uno (árbol 1)

D_{p2} = Distancia punto 2 (árbol 2)

Para determinar las ecuaciones tanto del módulo y diámetro externo se tomará como referencia del libro del Prontuario de Máquinas.

A continuación, se obtendrá el módulo del engrane tomando en cuenta el diámetro de paso mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 4.20. Módulo

$$m = \frac{DP_1}{z} \quad (4.20.)$$

Dónde:

DP_1 : diámetro de paso del piñón ; (mm)

m : modulo

z : número de dientes

Se toma como referencia el módulo del engrane para obtener el diámetro exterior mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 4.21 Diámetro externo

$$DE = m(z + 2) \quad (4.21.)$$

Dónde:

DE: diámetro externo (*mm*)

m: módulo

z: número de dientes

4.5.11. Metodología para la selección de motorreductor

Por tal motivo, se tomará en cuenta el catálogo general de ATCOR/GERYMA s.a. de motorreductores de engranajes, por lo cual se establecerá los siguientes requerimientos como son:

- Requisitos técnicos.
- Requisitos de funcionamiento.
- Requisitos ambientales.
- Cuestiones relacionadas con las normativas.

Se requiere considerar un factor de servicio, por lo cual la potencia requerida queda determinada por la ecuación:

Ecuación 4.22. Potencia del motor reductor

$$P_{total} = P_{requerida} * f_s \quad (4.22.)$$

Dónde:

P_{requerida} = Potencia requerida

f_s = Factor de servicio

Los valores de las tablas de selección se entenderán para el factor de servicio FS 1.0 que corresponde a un funcionamiento de 8 a 10 horas/día, carga uniforme, 10000 horas de funcionamiento, menos de 6 arranque/hora y temperatura ambiente entre 15 y 35 °C.

4.5.11.1. Potencia del motor requerido

Ecuación 4.23. Potencia del motor

$$P = T * \omega \quad (4.23.)$$

Donde:

P = Potencia requerida (Watt)

T = Torque requerido (Nm)

ω = Velocidad angular

4.5.12. Acoplamiento mecánico

Se procederá a seleccionar el acoplamiento mecánico mediante el siguiente procedimiento: (según catálogo Martín)

1. Determine el factor de servicio de acuerdo con la unidad impulsada y la unidad motriz indicadas en la tabla de factores de servicio.
2. Multiplique el factor de servicio seleccionado por la potencia (HP) de la unidad motriz para obtener la potencia de diseño (DHP).
3. Con base al diseño calculado seleccione el acople que tenga una capacidad igual o mayor a dicha potencia.

Una vez realizada la elección se procede a seleccionar el tipo de acoplamiento mediante la potencia del diseño, por ello se visualizará los diferentes tipos de acoplamiento mecánicos para el árbol y motor.

4.5.13. Rodamientos

Para la selección del rodamiento se deberá tomar en cuenta el siguiente procedimiento de acuerdo al catálogo FAG. Por tal razón, para determinar las medidas principales y el tipo de rodamiento es preferible consultar mediante un cálculo de dimensionado, si las exigencias de vida, seguridad, estática y rentabilidad sean satisfechas

El árbol motriz debe poseer de dos rodamientos en sus extremos, los mismos que estarán colocados sobre cajas para realizar su respectivo trabajo de manera correcta, como se observa en la figura 4.7.

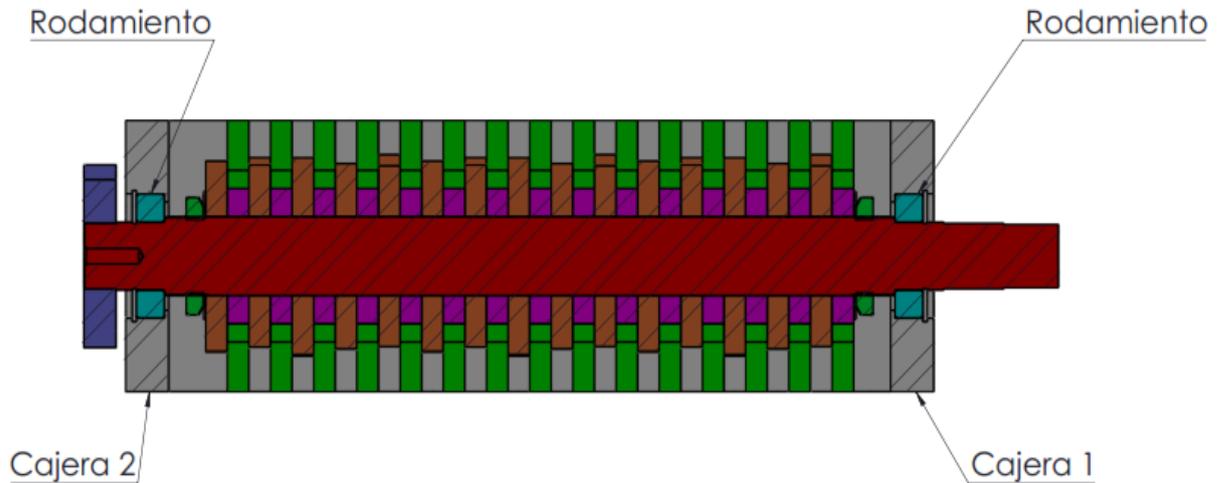


Figura 4.7. Rodamientos y cajas en el diseño

Para lo cual se hará uso del catálogo FAG, la selección de los mismos, teniendo en cuenta parámetros de tolerancias, juego de rodamientos y diseño de la jaula.

También otras propiedades como la aptitud para altas velocidades y para elevadas temperaturas.

Mediante la ecuación 4.24, se llegará a determinar el comportamiento de un rodamiento que soporte carga radial.

Ecuación 4.24. Comportamiento de un rodamiento.

$$P = X * F_r + Y * F_a \quad (4.24.)$$

Donde:

P = Carga equivalente (KN)

F_r = Carga radial (KN)

F_a = Carga Axial (KN)

X = Factor radial

Y = Factor axial

4.5.14. Estructura

Para realizar el dimensionamiento de la estructura de la máquina trituradora de abono, se tomará como referencia el peso total del resto de componentes como son; árboles cuchillas, bases, cajeras, tolva, rodamientos, sistema de transmisión y motor, como se indica en la figura 4.8.

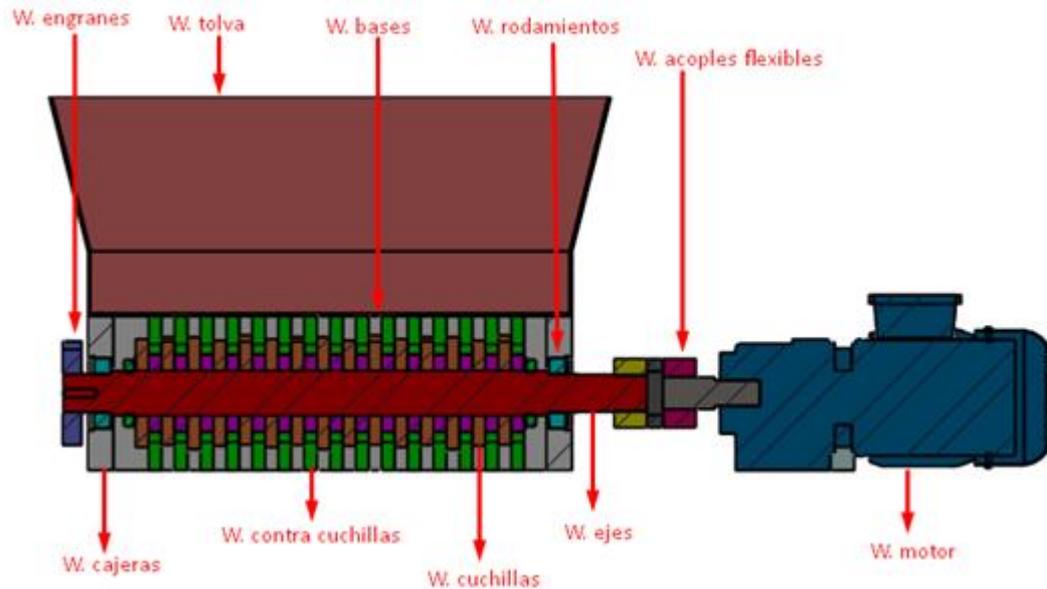


Figura 4.8. Máquina trituradora de abono

Por lo tanto, se deberán sumar todos los pesos y dicha estructura deberá tener un factor de seguridad mínimo de 1, para determinar que el diseño está correcto, su análisis dinámico se lo realizará mediante un software CAE.

4.5.15. Sistema de descarga

Se encargará de liberar las cantidades de las partículas granulométricas de la gallinaza del tamaño mencionado por la normativa estandarizada anteriormente (granulado).

4.5.16. Sistema eléctrico

Para tener un mejor funcionamiento de la máquina, se realizará un control eléctrico con la finalidad de hacer el proceso de triturado de abono de gallina semi-automático.

Para lo cual se hará uso del software QElectroTech al momento de realizar el diagrama de control y fuerza, dicho esquema poseerá elementos como: contactor, pulsadores y un motor eléctrico trifásico.

4.6. Diseño detallado

Para el diseño culminado del sistema de rodillos trituradores se realizará mediante un software CAD el cual es empleado en la parte de la ingeniería tanto en el modelo de piezas y ensamblajes mecánicos tomando en cuenta que se utilizara una versión estudiantil.

Una vez culminado el modelado CAD de los rodillos trituradores se emplea el software CAE ANSYS FLUENT, para apreciar el comportamiento de los elementos mecánicos al momento de pasar por el proceso de trituración.

Además, se efectuará un análisis estático de la estructura para la determinación del factor de seguridad y la comprobación si está en el rango establecido de diseño de acuerdo a la norma NTE INEN 2215.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Introducción

Comprendido el procedimiento adecuado para el diseño y dimensionamiento de una máquina para un proceso de triturado de heces de gallina, se procede a seleccionar materiales que se encuentren en el mercado nacional bajo ciertas normas estandarizadas.

Además, se empleará un software CAD para el diseño de las partes que conforman el sistema mecánico de trituración, los mismos que serán estudiados mediante un sistema CAE, para determinar su correcto funcionamiento.

Igualmente, se considerará el comportamiento del material granulado (gallinaza) al momento de ingresar a las cuchillas para dar su forma, mediante la función de un software CAE.

5.2. Capacidad de producción

En la finca la rosa durante el proceso de crianza-sacrificio se determina una recolección de gallinaza de 2.7 Toneladas. Lo que se busca en este apartado es la fracturación de la materia prima a una dimensión disminuida (tamaño reducido), la cual indica que para los fertilizantes granulados es de 250 μ . En la figura 5.1 se visualiza la gallinaza recolectada en la finca.



Figura 5.1. Gallinaza recolectada

Fuente [Autor]

Dada la figura 5.1 se procederá a la estimación de la capacidad de la gallinaza en un tiempo determinado (mes), dicho procedimiento de cálculo se podrá visualizar en el (ANEXO III Tabla 1). Una vez determinada la resolución en dicho anexo se visualizará las cantidades en la tabla 5.1 que se detalla a continuación:

Tabla 5.1. Capacidad Producción mensual

Capacidad de producción mensual			
Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Recolección mensual	Rec/Mensual	4.1	2700Kg/mes
Número Quintales	NQ	4.1	$NQ = 54 qq/mes$

5.2.1. Capacidad de producción diaria

Una vez establecido los parámetros de recolección Kg/m en el punto anterior se procede a calcular la producción diaria bajo la ecuación 4.1 Resultados que se visualizaran en el (ANEXO III Tabla 2). Por ende, dicho resultado será desglosado para obtener la producción por hora dentro de un tiempo definido de producción de 2 h, dichos resultados se muestran en la tabla 5.2.

Tabla 5.2. Capacidad Producción diaria

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Producción semanal	Nqq	4.2	13,5 qq
Producción diaria/h	Nqq_{2h}	4.3	$6.75 qq \cong 7.0$

5.3. Selección de alternativa para trituración de las heces de gallina (gallinaza)

Dado las especificaciones del material granulométrico se determina una alternativa capaz de llegar a ese punto de trituración por ello, en el (ANEXO III tabla 3) se determina la opción más viable por medio de selección de alternativas, donde se considera que 1 viene a ser el valor mínimo y 5 el valor máximo, por ello se determina una trituradora de rodillos la misma que alcanzo una puntuación de 16 siendo a la vez la mejor opción para llegar a tal grado de trituración.

5.4. Cálculo de la tolva

El estimado de volumen de la tolva se la hace tanto en base a la cantidad total y densidad de gallinaza dando como resultado en m^3 y de igual manera se realiza el cálculo de acuerdo al dimensionamiento de la tolva ya que esta contiene una forma de paralelepípedo y un rectángulo de base dando como resultado en m^3 , por ello dichos cálculos se los visualiza en el (ANEXO III tabla 4) y de igual manera se visualiza los resultados en la tabla 5.3.

Tabla 5.3. Cálculo volumen de la tolva

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Cálculo Máx vol. Tolva	V	4.4	$5.4 m^3$
Cálculo vol. tolva requerido	V_{tolva}	4.5	$1.57 m^3$

5.5. Fuerza sometida a la gallinaza

El valor de la fuerza será determinado bajo la ecuación 4.6 por ello se toma en cuenta la masa de la gallinaza en d/h, mediante el respectivo cálculo, a la cual será sometida, por ende, dicha fuerza sometida se la puede ver bajo el proceso resolutivo en el (ANEXO III Tabla 5) y a la par se visualiza la fuerza sometida en la tabla 5.4 que se muestra a continuación.

Tabla 5.4. Fuerza sometida a la gallinaza

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Fuerza	F	4.6	$6621.75 N$

5.6. Área de Trituración

Área donde está compuesta por cuchillas y contra cuchillas, en este sitio se deposita la materia prima a triturar en base a la capacidad diaria de trituración especificada en la tabla 5.2 ecuación 4.7, por ello, en base a dichos datos, en el ANEXO III Tabla 6 el procedimiento para calcular dicha área dando como resultado el dato visualizado en la tabla 5.5. Además, es necesario tener en cuenta los datos tanto en los componentes tangencial y radial (fuerzas de cuchillas) en cada uno de ellas para poder triturar.

Tabla 5.5. Área de triturado

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Área de triturado	$A_{triturado}$	4.7	57120 mm ²
Fuerza del componente tangencial	F_{ct}	4.8	2,24 KN
Fuerza del componente radial	F_{cr}	4.9	0,196 KN

5.7. Torque máximo y velocidades (lineal y angular del sistema)

Para la cantidad requerida a triturar se determina un torque máximo adecuado con el cual contara el sistema, a la par, se determinará las velocidades lineal y angular con el que girara el árbol motriz, estas dos variables tienen su proceso de cálculo en el ANEXO III Tabla 7, dichos resultados se los puede visualizar de manera resumida en la tabla 5.6.

A demás se determina la potencia con la cual contará el sistema o en este caso el árbol de la máquina para trituración, por lo cual dicho resultado se visualizará en la misma tabla.

Tabla 5.6. Cálculo torque máximo y velocidades

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Torque máximo	$T_{m\acute{a}x}$	4.10	100.95 Nm
Velocidad lineal	V	4.11	0.57 $\frac{m}{s}$
Velocidad angular	ω	4.12	120.99 rpm
Potencia	P	4.13	1,27 kW

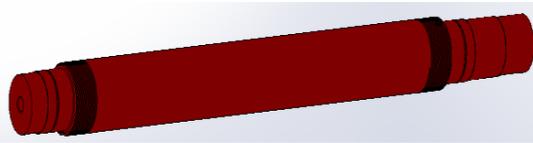
5.8. Diseño del árbol

El diseño del árbol iniciará con la respectiva selección del material con el cual será elaborado dicho elemento por ello en el (ANEXO III Tabla 8) se determina el tipo de material.

Dado el tipo de material de acuerdo a la respectiva selección, indica que soportara altas resistencias a la tracción, torsión debido al proceso que se trabaja.

Por ello en la tabla 5.7 se determina las características que tendrá el dicho árbol.

Tabla 5.7. Modelo del árbol

 <p>Figura 5.2. Árbol diseñado</p>	Modelo	Árbol diseñado
	Material	AISI 4340 Acero normalizado
	Referencias (medidas)	(Láminas de diseño)

Por ello, se determinó un estudio en base a momentos y fuerzas que interviene en el árbol del rodillo, cabe mencionar que estas fuerzas están determinadas de acuerdo al peso total del rodillo, es decir, que se involucra peso del árbol, rodamientos, cuchillas, contra cuchillas y demás elementos mecánicos colocados en el mismo, por ello en el (ANEXO III Tabla 9) se calcula tales fuerzas y momentos intervinientes. Dado dicha especificación, se detalla en la tabla 5.8 los siguientes resultados en base a dicho estudio.

Tabla 5.8. Momentos y fuerzas en el árbol

Momento y fuerzas en el árbol		
Nombre	Símbolo	Resultado
Reacción respecto a by	R_{by}	4616.35 N
Reacción respecto a ay	R_{ay}	175.38 N
Reacción respecto a bz	R_{bz}	1133.68 N
Reacción respecto a az	R_{az}	-30.19 N
Momento flector	M	62.82 Nm

5.8.1. Diámetro mínimo del árbol

Para determinar este parámetro se optó un valor esencial de la tabla 5.8 la cual refiere a momento flector, para poder calcular dicho diámetro. Por lo tanto, en el (ANEXO III Tabla 10) se determina el proceso resolutivo del diámetro mínimo.

Por ello para la resolución de dicha ecuación se tomará como referencia la figura 2 situada en el anexo anterior para los apartados S_y y S_e (esfuerzo fluencia y esfuerzo a la tracción).

Además, se calculará el torque con el que trabajará el árbol para poder rotar.

Tabla 5.9. Parámetros del árbol

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Diámetro mínimo	d_{min}	4.15	16,34 mm
Torque	τ	4.16	10,57 Nm

5.9. Sistema de transmisión de potencia

5.9.1. Selección de Engranés

Para la selección de engranes se evaluó el tipo con el cual contara el sistema de trituración, por ello, se seleccionará el que se adapte mejor a las circunstancias de diseño, entonces, en el (ANEXO III Tabla 12) se realiza dicha selección.

Mediante la evaluación de características de engranajes se determina el de tipo recto ya que es ideal para el sistema de transmisión 1:1. Por ello en la tabla 5.10, se detalla el tipo de engrane mediante el catálogo con el contara la máquina.

Tabla 5.10. Características de los engranes

 <p>Figura 5.3. Engrane Recto</p>	Modelo	Engrane recto
	Modulo	3
	N ^{ro.} de dientes	25
	Referencia	Catalogo Martín ANEXO III Figura 3

5.9.2. Cálculo de engranes

Dado el número de dientes y modulo se determinará las dimensiones que poseen el engranaje del sistema de transmisión mediante la tabla 5.11 detallada a continuación:

Tabla 5.11. Dimensiones de los engranes

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Diámetro del paso del piñón (engrane pequeño)	D_{p2}	4.17	75 mm
Diámetro del paso del piñón (engrane mayor)	D_{p1}	4.18	75 mm
Distancia entre centros	D_c	4.19	75 mm
Modulo	m	4.20	3
Diámetro exterior	DE	4.21	81 mm

Dado la tabla 5.11 se puede visualizar en el ANEXO III tabla 13 la resolución de cada ítem.

5.10. Selección moto reductor

Dado por especificaciones técnicas el motorreductor se seleccionará bajo la determinación del cálculo del torque requerido del rodillo y la potencia requerida. (Ver ANEXO III Tabla 13) por ende se procederá mediante valoración de alternativas su respectiva selección las cuales se hacen en el ANEXO III Tabla 14.

Dado las alternativas de selección se optó por un motorreductor de transmisión eléctrica es decir reducen el Rpm del motor, por ello en la tabla 5.12 se visualiza el tipo de reductor seleccionado.

Tabla 5.12. Selección moto reductor

	Modelo	Reductor helicoidal de engranajes cilíndricos
	Torque	3.93 Nm
	Referencia	Catalogo ATCORGRYMA

Figura 5.4. Motor trifásico

5.11. Selección de acoplamiento mecánico

Para este elemento mecánico se evaluará parámetros de vital esencialidad con la cual trabajará el sistema de transmisión de potencia encargado de llevar fuerza de un motor al sistema

mecánico. Por ende, en el (ANEXO III Tabla 15) se detalla parámetros de selección de dicho acoplamiento.

La evaluación determina un acoplamiento flexible ya que el mismo esta ideado para soportar torques elevados, así como torción y flexión.

A demás en la tabla 5.13 se detalla el tipo de acoplamiento a utilizar dependiendo de la potencia previamente calculada (1.27 KW) Para escoger dicho acoplamiento.

Tabla 5.13. Parámetros Acoplamiento mecánico

 <p>Figura 5.5. Acoplamiento mecánico</p>	Modelo	Tipo "QF"
	Potencia	1.27 KW \cong 1.5 Kw
	Referencia	Catalogo Martín ANEXO III Figura 4

Dado que la potencia es 1.27KW calculada sin embrago el más próximo es 1.5 KW, por ello se escoge el antes mencionado para su uso.

5.12. Rodamientos

Estos elementos mecánicos estarán distribuidos en los dos extremos del árbol, ya que están sometidos a una carga radial, Por lo cual, en la tabla 5.14 se visualiza los parámetros de los rodamientos a utilizar.

Tabla 5.14. Parámetros rodamientos

 <p>Figura 5.6. Rodamiento rígido de bolas</p>	Modelo	Rodamiento 6006
	Tipo	Rodamiento rígido de bolas
	Referencia	Catalogo FAG

Una vez conocidos los parámetros de los rodamientos, en el ANEXO III tabla 16 se visualiza los cálculos del comportamiento de un rodamiento en la tabla 5.15.

Tabla 5.15. Comportamiento de un rodamiento

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Comportamiento de un rodamiento	P	4.23	0,159 KN

5.13. Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico conformado por conductores eléctricos, botón de paro y motor eléctrico.

5.13.2. Potencia requerida motor reductor

En este caso se toma como referencia los 965 rpm con la cual va trabajar nuestra máquina para el triturado de la gallinaza y un torque que tendrá de 3,93 Nm, como se muestra en la tabla 5.16, dicha resolución se muestra en el (Anexo III – Figura 6)

Tabla 5.16. Cálculo de la potencia requerida del motor reductor

Cálculo de la potencia del motor reductor			
Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Torque	T	4.9	3.93 Nm
Potencia Requerida	P	4.	0.32 KW

El resultado obtenido de la potencia requerida para el motor reductor es de 0,32 KW, con el valor obtenido se elige un motor trifásico de 1 HP o 0,75 KW, como se aprecia en el (Anexo III-Figura 6), perfecto para dar movimiento al sistema de trituración.

5.13.3. Selección de elementos de control

A continuación, se destacarán los elementos de control ya que son de vital importancia para el funcionamiento eléctrico del sistema, los cuales se muestran en la tabla 5.17.

Tabla 5.17. Descripción de los elementos de control

Equipo	Características	Anexo
Motor Eléctrico	GERIMA, 1 HP, 965 RPM con un torque de 7,3 Nm	ANEXO III-Figura 6
Conductor	Cable AWG 14	ANEXO III-Figura 7
Pulsador on/off	Push Button Switch- Capacidad de voltaje máximo 380 VAC.	ANEXO III-Figura 8

5.14. Simulaciones de elementos mecánicos (Elementos Finitos)

En el presente punto, se hará uso de un software CAE para determinar el comportamiento de los componentes que conforman la trituradora de abono de gallina como son:

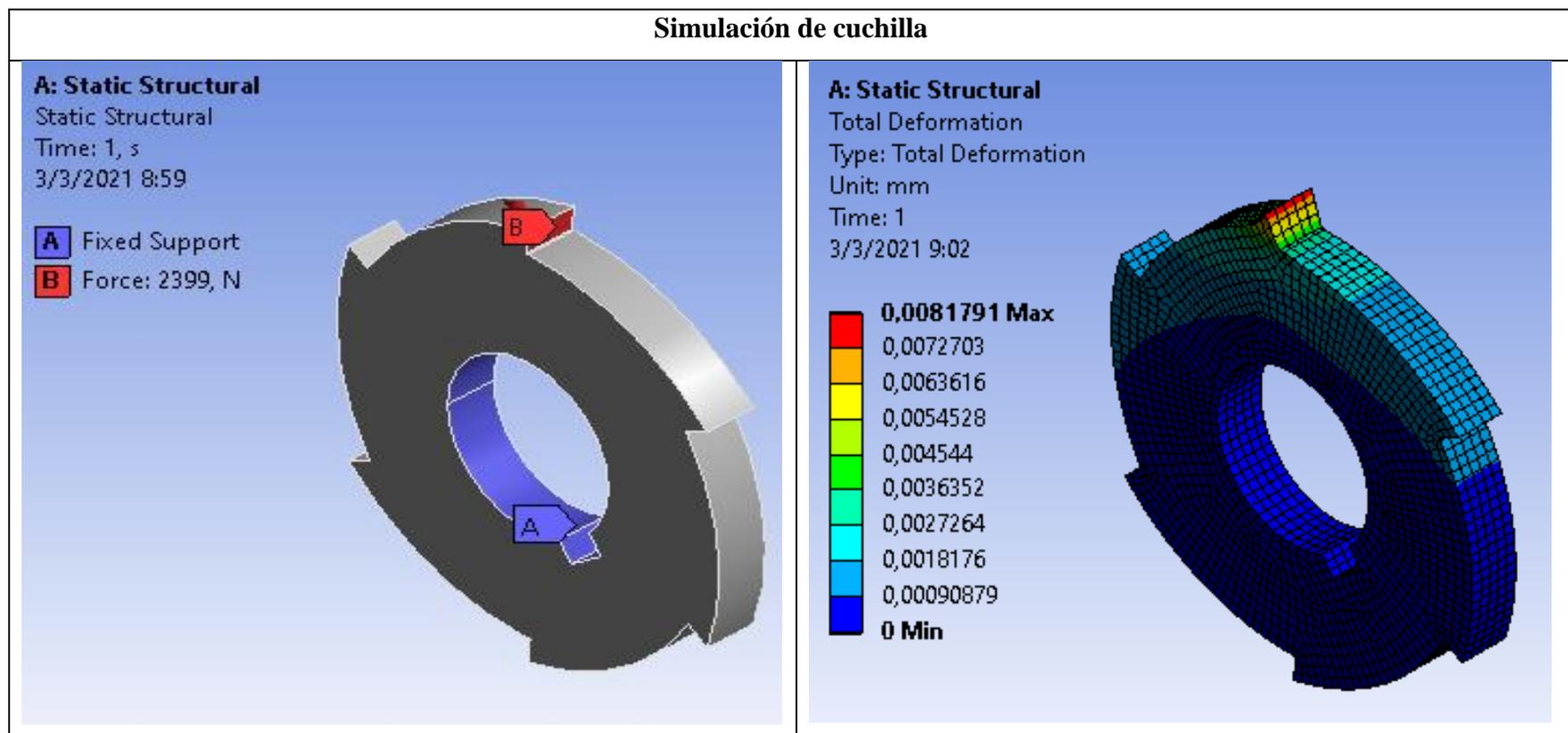
- Análisis de cuchilla.
- Análisis de engranes.
- Análisis de árbol Motriz y conducido.
- Análisis de estructura.

Haciendo referencia con respecto al factor de seguridad (color mostaza) tanto de las cuchillas, engranes, árboles y estructura se toma en cuenta la carga distribuida en los puntos críticos de cada elemento, donde existirá deformación y torsión.

5.14.2. Análisis de la cuchilla

Se realizó el análisis de elementos finitos la cuchilla para verificar su correcto funcionamiento al momento del triturado en conjunto con la contra cuchilla, se lo observa en la Tabla 5.18.

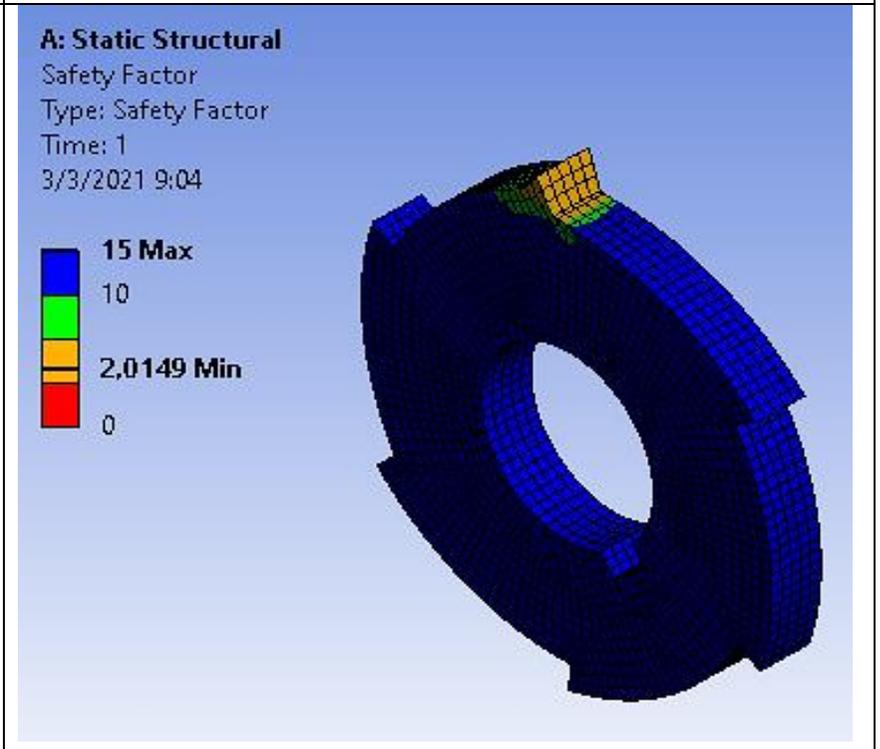
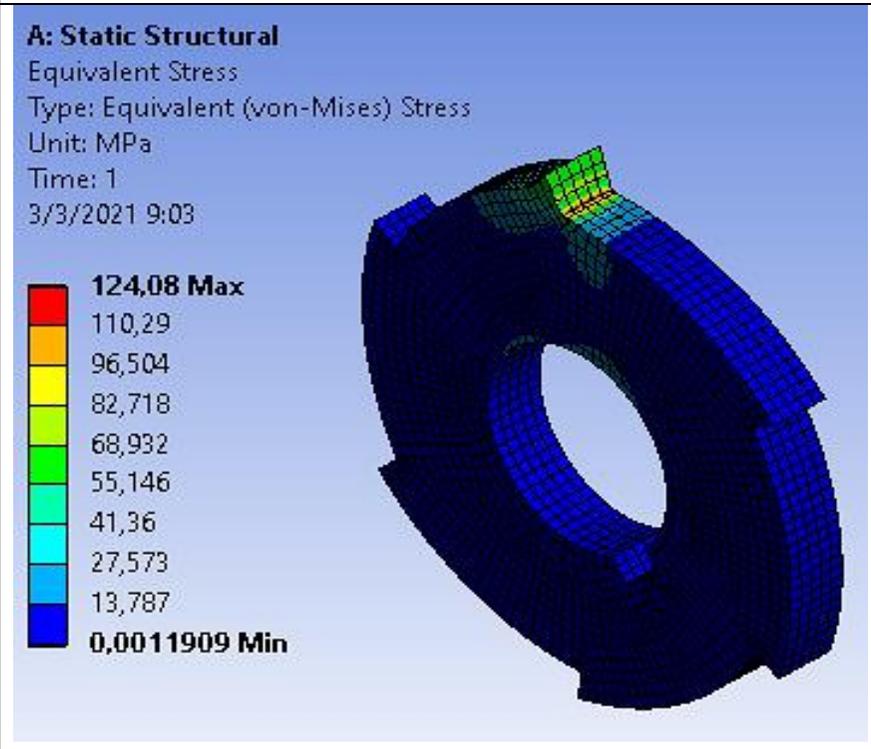
Tabla 5.18. Análisis de elementos finitos de la cuchilla



Para la simulación de la cuchilla se aplicó una fuerza de 2399 N, debido a que es la cantidad de gallinaza que ingresa a la máquina cada 10 minutos.

Simulación 1

En la simulación 1, se observa que el valor de deformación de la cuchilla al momento del triturado es de 0.0081mm.



Simulación 2

En la simulación 2, mediante la teoría de fallas se calculó el valor de Von mises, el cual tiene un valor máximo de 124.08 MPa

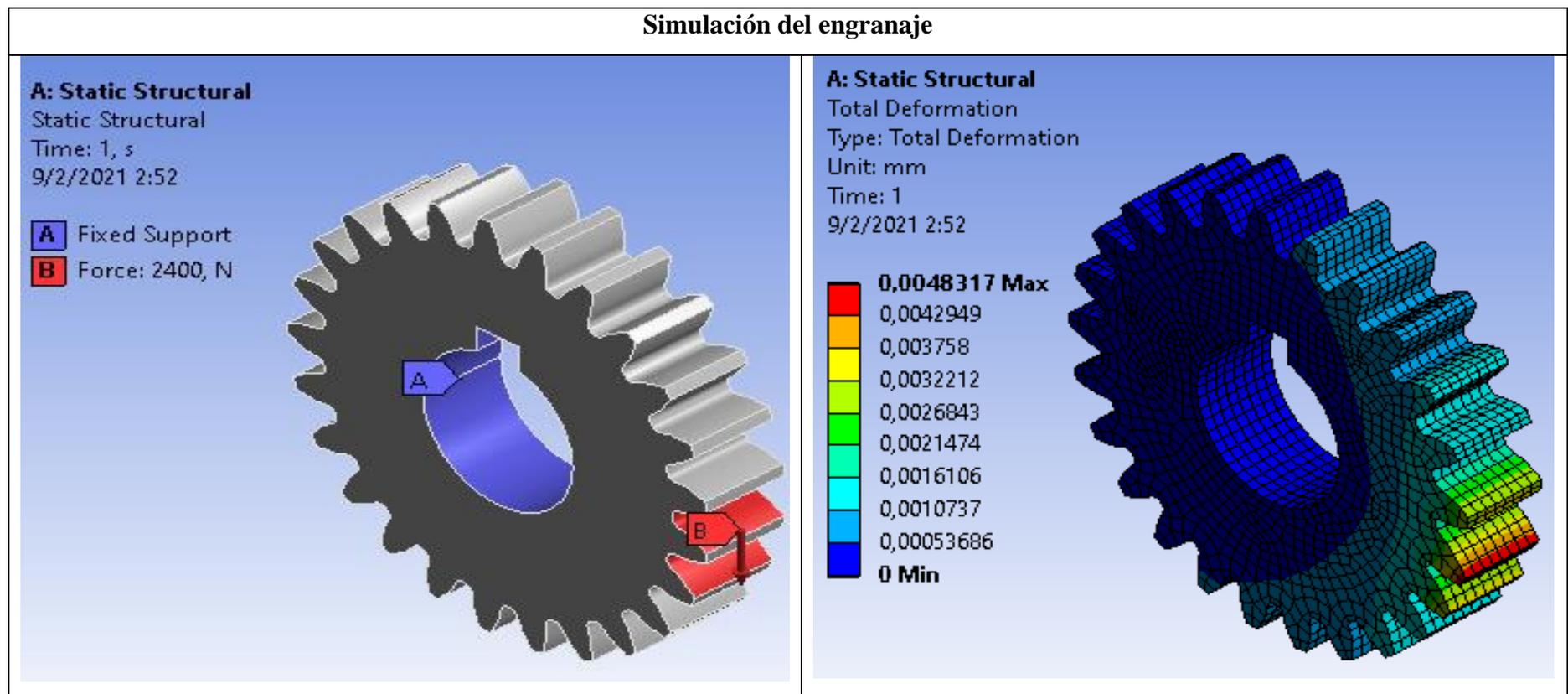
Simulación 3

La simulación 3, indica que el factor de seguridad tiene un valor de 2.0149.

5.14.3. Análisis engranes

En la tabla 5.19, se realizó el análisis de elementos finitos en la parte de transmisión de los engranes, para verificar su funcionalidad y calcular su factor de seguridad.

Tabla 5.19. Análisis de elementos de engranes



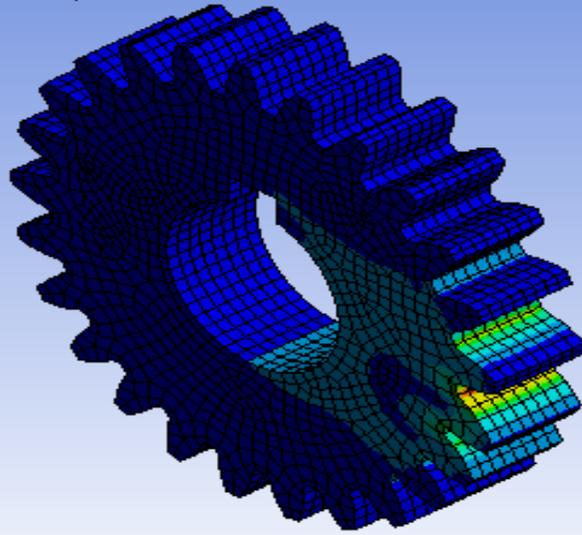
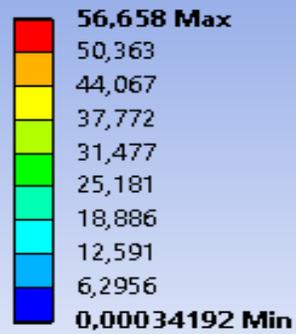
Para la de engranes se aplicó una fuerza tangencial calculada de 2400 N que se ejerce en los dientes al momento de hacer contacto.

Simulación 1

En la simulación 1, se observa que el valor de deformación del engrane al momento de hacer contacto es de 0.0048mm.

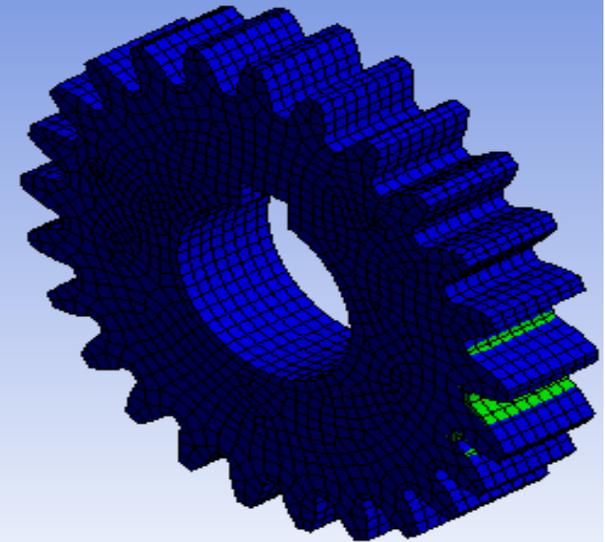
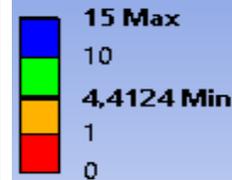
A: Static Structural

Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 9/2/2021 2:53



A: Static Structural

Safety Factor
 Type: Safety Factor
 Time: 1
 9/2/2021 2:54



Simulación 2

En la simulación 2, mediante la teoría de fallas se calculó el valor de Von mises, el cual tiene un valor máximo de 56.65 MPa en el diente del engrane al instante del contacto.

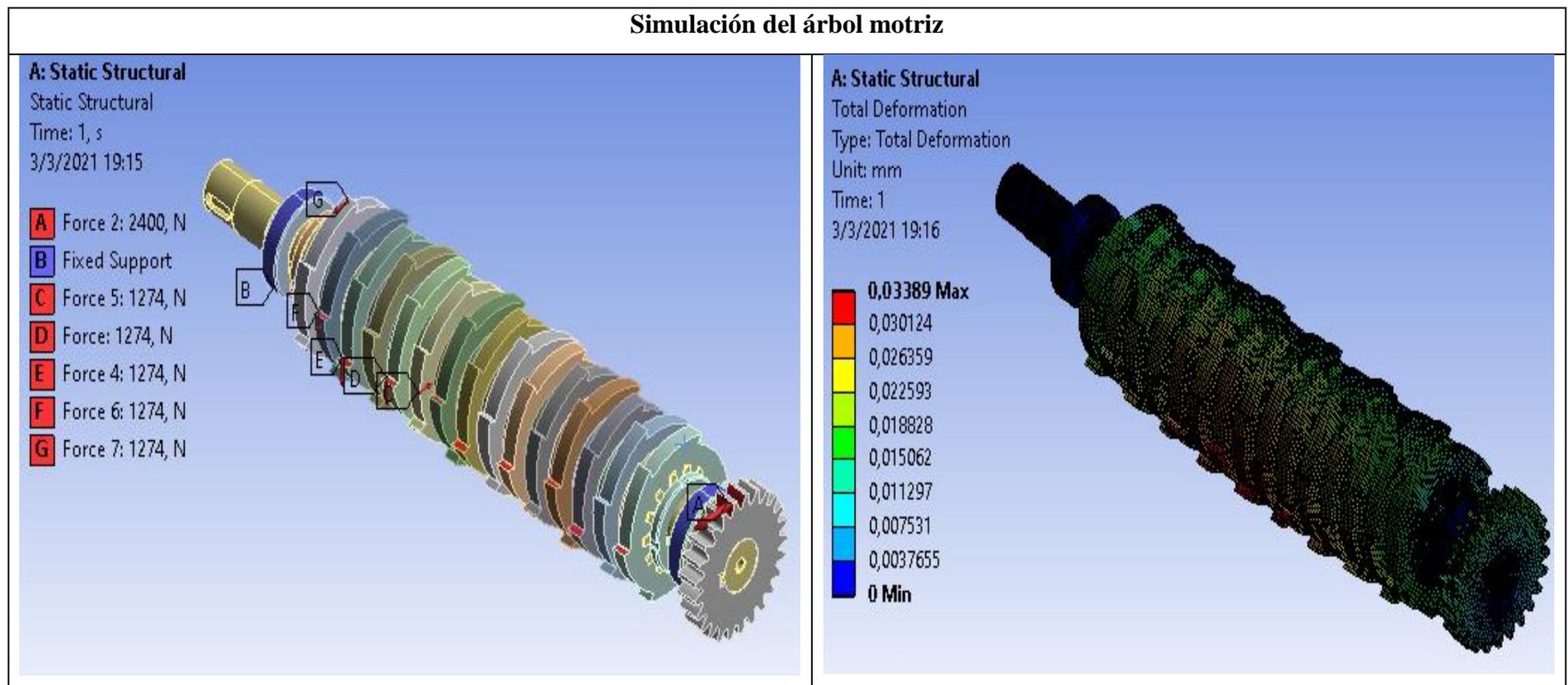
Simulación 3

La simulación 3, indica que el factor de seguridad tiene un valor de 4.4124.

5.14.4. Análisis del árbol motriz

En la tabla 5.20, se realizó el análisis de elementos finitos para el árbol motriz, mismo que poseerá cuchillas, contra cuchillas y engranes para transmitir el movimiento.

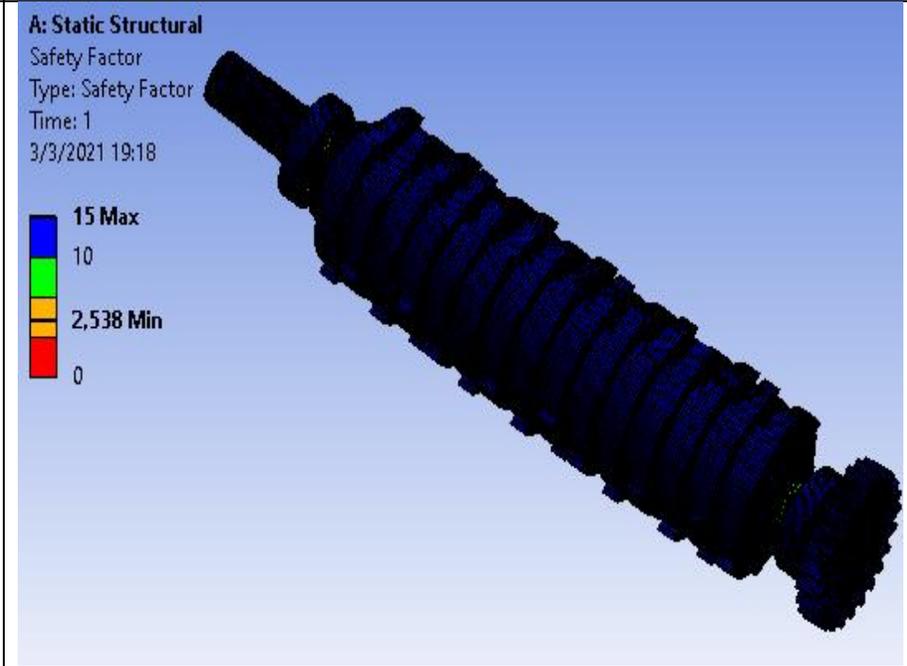
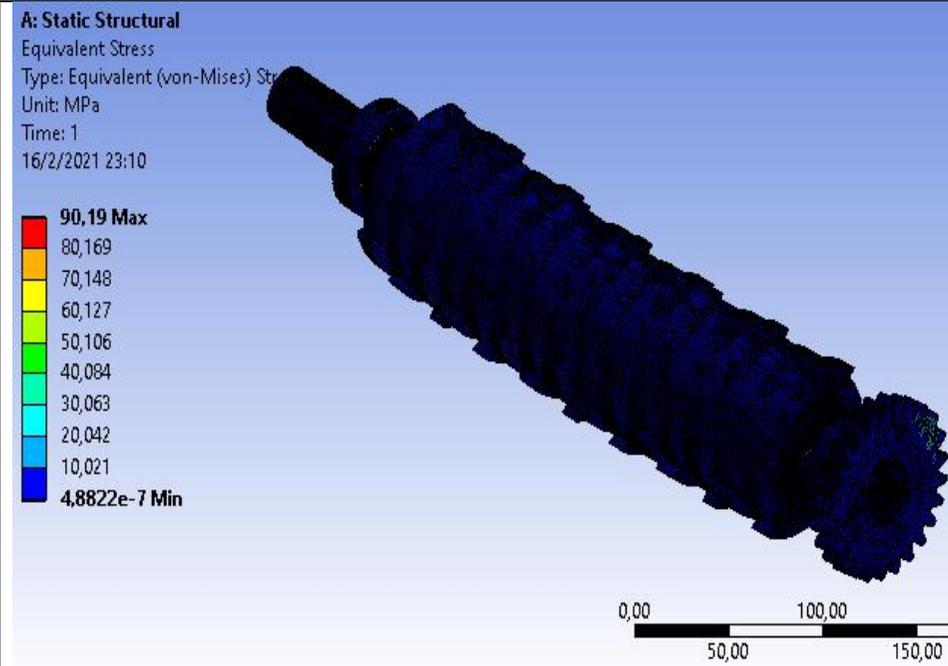
Tabla 5.20. Análisis del árbol motriz



Para el árbol motriz se aplicó las fuerzas que ejercen las cuchillas y el engranaje al instante de realizar el trabajo, como se observa en la figura.

Simulación 1

En la simulación 1, se observa que el valor de deformación al instante del trabajo es de 0.0188 mm como valor máximo y mínimo es de 0.003mm.



Simulación 2

En la simulación 2, mediante la teoría de fallas se calculó el valor de Von mises, el cual tiene un valor máximo de 90.19 MPa en el árbol motriz.

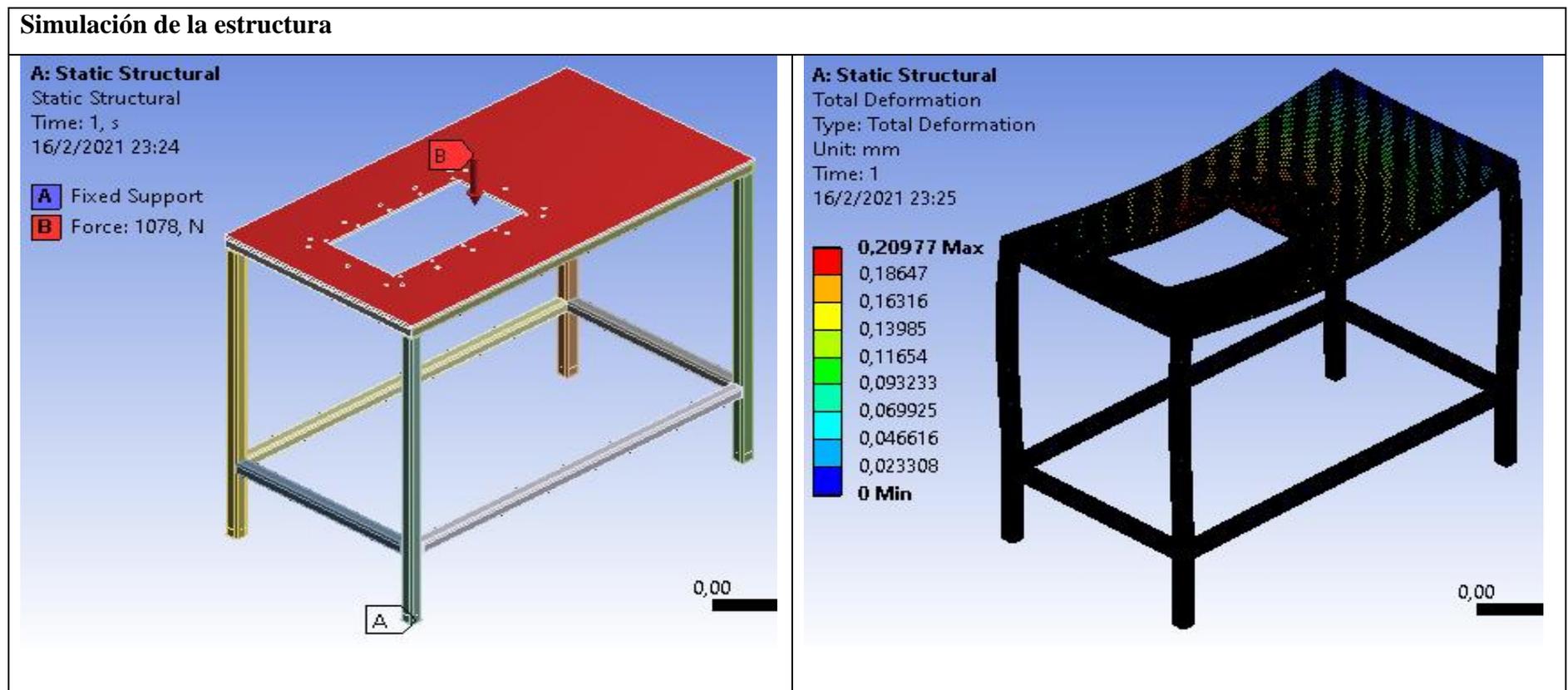
Simulación 3

La simulación 3, indica que el factor de seguridad que tiene el árbol es de 2.538.

5.14.5. Análisis de la estructura

Se realizó el análisis de elementos finitos a la estructura, misma que es la encargada de soportar todos los componentes mecánicos empleados en el diseño de la trituradora de abono para gallina, se lo observa en la Tabla 5.21.

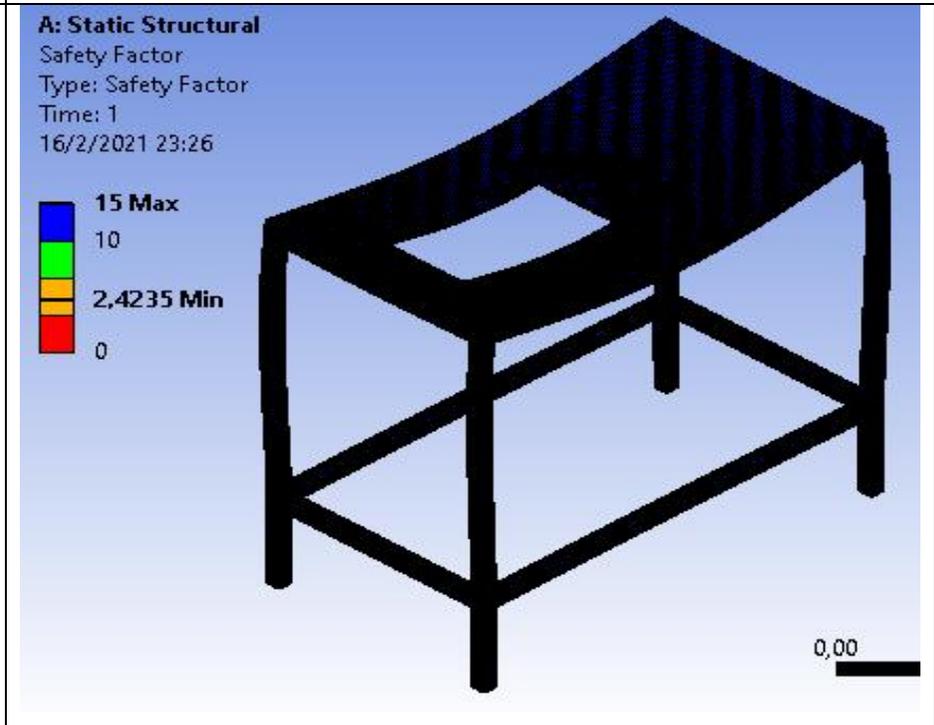
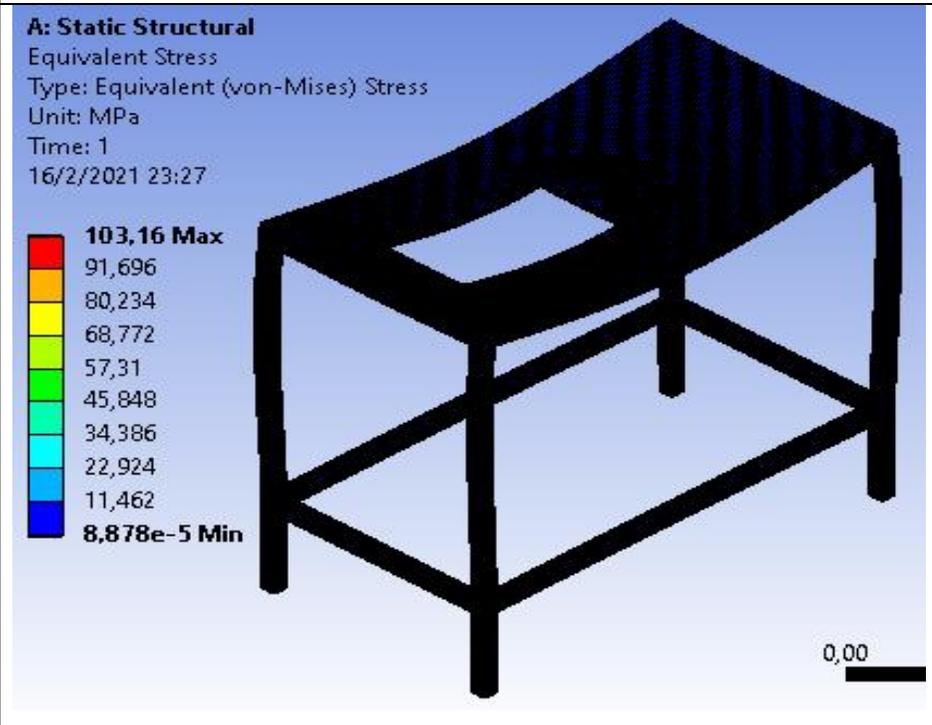
Tabla 5.21. Análisis de elementos finitos de la estructura



Para la simulación de la estructura se tomó como dato el valor máximo de todos los sistemas mecánicos que va a soportar, el cual es de 1078 N.

Simulación 1

En la simulación 1, se observa que el valor de deformación máxima en la estructura es de 0.209 mm.



Simulación 2

En la simulación 2, mediante la teoría de fallas se calculó el valor de Von mises, el cual tiene un valor máximo de 103.16 MPa y mínimo de 8.87×10^{-5} MPa.

Simulación 3

La simulación 3, indica que el factor de seguridad tiene un valor de 2.42 en la parte empotrada de la máquina.

5.15. Diagrama de control del sistema eléctrico

Mediante el software QElectroTech se realizó el diseño de la parte eléctrica tanto de control de potencia de la máquina trituradora de abono de gallina, mismo que se lo observa en la siguiente figura.

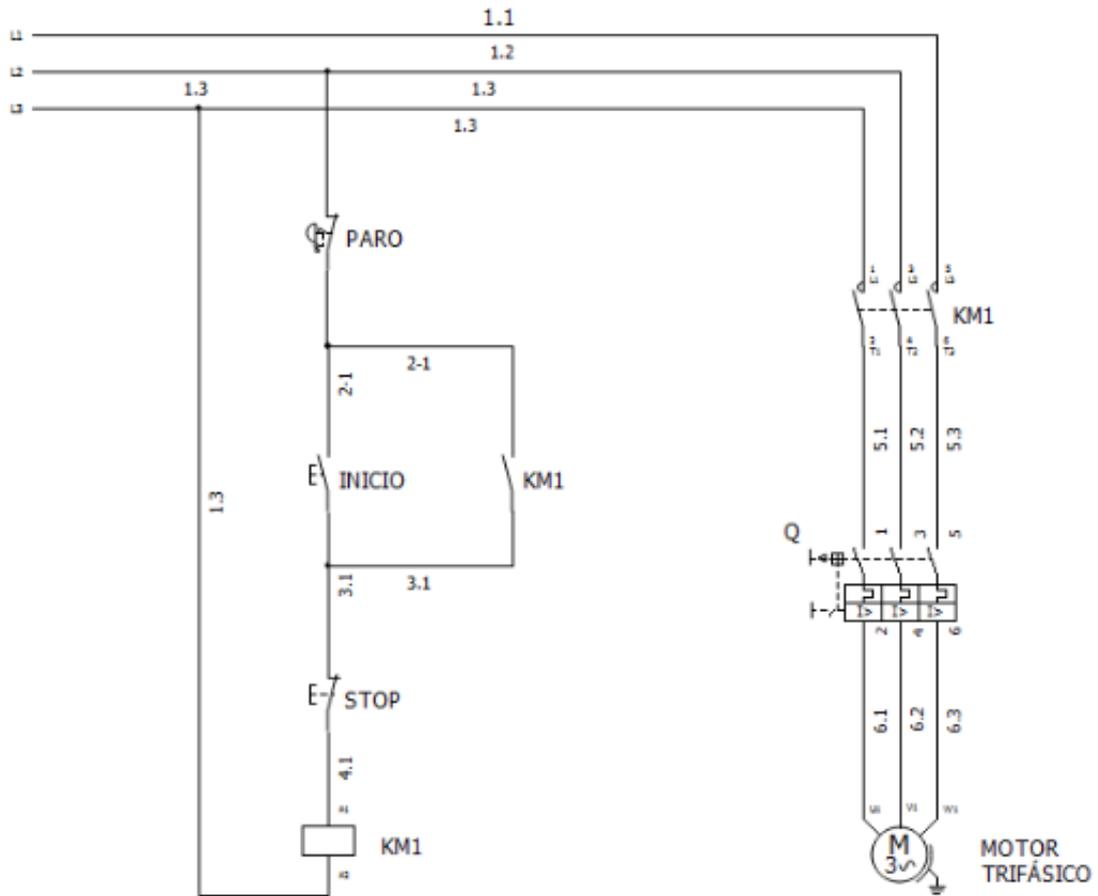


Figura 5.7. Diagrama eléctrico

Fuente [Autor]

6. PRESUPUESTO Y ANALISIS DE IMPACTO

En este ítem se mostrará los costos que implicará el proyecto, en cuanto a los materiales y costos de ingeniería.

6.9. Materiales empleados en el sistema de trituración de heces de gallina

Prosiguiendo, se detallará los costos de los materiales que son aplicados para el proyecto, tanto en la parte mecánica como en la de control, tomando en cuenta que son mercantes en el país.

En la tabla 6.1, se describirá los costos de los materiales que se empleará en la parte de control.

Tabla 6.1. Material eléctrico

COSTOS MATERIALES ELÉCTRICOS			
Materiales	Unidad	Precio	Total
Motor-reductor eléctrico de 0.75 KW	1	500	500
Contactador 3 polos – 6 A – 240 V AC	1	13,47	13,47
Relé de sobrecarga térmica para motor trifásico - 2.5 A – 220V A	1	13,72	13,72
Botón paro de emergencia	1	4	4
Botón de encendido	1	4	4
Botón de apagado	1	4	4
Cables AWG 14- Capacidad de corriente 18A	1	24	24
		TOTAL (\$)	563,19

En la tabla 6.2, Se detallará los costos de los materiales que se emplearan en la parte mecánica.

Tabla 6.2. Materiales mecánicos

COSTOS MATERIALES MECÁNICOS			
Componente	Cantidad	Costo por pieza	Costo total (\$)
Árbol (AISI 4340)	2	130	260
Cuchilla	30	4	120
Engranaje	2	20	40
Contra cuchillas	30	4	120
Rodamiento 6006	4	9.35	37.40
Arandela MB7	4	1	4
Tuerca KM7	4	8.30	33.20
Acoplamiento mecánico	1	20.15	20.15
Chaveta	3	8	24
Tubo cuadrado de 30*30*2.6(2)	2	13.40	26.80
Plancha ASTM A36 acero	2	25.50	56.00
Plancha AISI 1045 acero estirado en frio	1	28	28
Total (\$)			769,55

Dada la tabla 6.2 se visualiza el costo de los elementos mecánicos intervinientes en la propuesta tecnológica por lo que se obtiene un valor de \$ 769.55

6.10. Costos de ingeniería

En la tabla 6.3, se detallarán los costos de Ingeniería del presente proyecto de rodillos trituradores.

Tabla 6.3. Costos de Ingeniería

COSTOS DE INGENIERIA			
Parámetro	Hora	Costo	Costo total
Mano de obra directa		500	500
Diseño	50	7	350
Uso de computador	38	5	190
Energía eléctrica en maquinaria	50	0.25	12.50
Uso de maquinas	55	7	385
		Total	1437.50

En la tabla 6.3, se visualiza los costos totales de ingeniería que tiene un valor de USD \$1437,50, a este resultado se le suma los valores de materiales de control y mecánicos, por lo cual, este proyecto en su totalidad se evaluara por **USD \$2770,24.**

6.11. Análisis de producción

Mediante la investigación de campo se logró obtener los siguientes datos en la producción de abono que se lo realiza mensualmente. Donde, en la actualidad los agricultores dentro de la finca trituran artesanalmente la gallinaza seca un valor estimado de 2 Quintales al día.

A diferencia, con la máquina del proceso de trituración de la gallinaza, ya que con ella se obtendrá una mejoría en la cantidad de producción, obteniendo 7 Quintales diarios (2 horas). Por ende, se obtuvo un incremento de un 40% en la producción del fertilizante.

Tabla 6.4. Producción de la gallinaza

Gallinaza		
Manual	2	Quintales Dia
Máquina	7	Quintales día

A través de la investigación de campo, la producción en un mes es de 10 Quintales, mientras con la mejora realizada en el proyecto mecanizado es de 54 Quintales.

Tabla 6.5 Producción al mes

Manual	10 quintales
Máquina	54 quintales

Por ello, se obtuvo una mayor cantidad de producción de gallinaza granulada beneficiándole tanto al agricultor como a los cultivos.

A continuación, se detallará el rendimiento o ganancia en número de quintales mensual.

$$\text{Rendimiento total } qq = qq_{\text{máquina}} - qq_{\text{manual}}$$

$$\text{Rendimiento total } qq = 54 - 10$$

$$\text{Rendimiento total } qq = 44$$

De acuerdo al rendimiento producido en un mes de 2.7 toneladas el proyecto tendrá una diferencia de 44 quintales.

Para la producción de gallinaza se estima un tiempo de 2 horas al día, la cual producirá 7 quintales, por lo cual, en un mes de 22 días laborables se tendrá un total de 54 quintales.

6.12. Análisis de Impacto

6.12.2. Impacto Tecnológico

El diseño está sustentado en conocimiento de ingeniería para su correcto dimensionamiento, el cual es computarizado, posibilitando el análisis de variables en el sistema de trituración de la gallinaza y a través del método de elementos finitos considerar los componentes del sistema de rodillos trituradores.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.9. Conclusiones

-Dentro del análisis expuesto fue posible obtener un 12% de humedad de la gallinaza, con la cual se obtuvo una fuerza de ruptura del producto de 6.62 KN, donde, este grado de humedad es factible para la máquina al momento de triturar obteniendo como producto final un fertilizante granulado.

-De igual forma, se mejoró la producción de la gallinaza y a su vez la reducción de mano de obra existente de 2.7 toneladas al mes, de 10 quintales a 54 quintales, con ello se obtuvo un aumento en la producción de abono (gallinaza) en un 40%, además se obtuvo un fertilizante reducido en tamaño.

-Posteriormente la aplicación computacional CAE realizó el análisis de elementos finitos en los puntos críticos de las cuchillas, engranajes, árbol motriz y estructura; donde, el valor de factor de seguridad tiende a ser en las cuchillas 2.149, en el árbol motriz 2,538, en el engranaje un valor de 4.4124 y en la estructura tiene un valor de 2.42 en la parte empotrada de la máquina.

-Por medio del análisis en los engranes y cuchillas en su funcionalidad al momento de triturar va a existir una deformación; en las cuchillas de 0.0081 mm máximo y de la misma manera al momento de hacer contacto los engranes se observa un valor de deformación de 0.0048 mm máximo.

-De acuerdo al estudio realizado al árbol motriz se aplicó fuerzas que ejercen las cuchillas y engranes, donde, tendrá una estimación de deformación al momento de realizar el trabajo de

0.0188 mm como máximo y mínimo es de 0.003 mm. Con ello, se pudo estimar el valor de la teoría de falla de Von mises con un valor máximo de 90.19 MPa.

7.10. Recomendaciones

-Con el proceso de triturado de las heces de gallina, extender los estudios expuestos en nuestro proyecto haciendo referencia al diseño de cuchillas ya que hay diferentes ángulos de corte con respecto al material.

-Colocar rodamientos en cajas ya que soportarán cargas radiales en el sistema de transmisión de potencia y no axiales por ende no es recomendable usar una chumacera.

-Se recomienda utilizar un acople flexible ya que permite obtener un grado de centralidad.

-En el sistema de transmisión es aconsejable emplear un moto-reductor ya que evitaría un costo adicional si se escogiera otro tipo de sistema de transmisión de potencia y reduciría el tiempo de fabricación.

-Para mejorar la interrelación, emplear una herramienta CAE que permite elaborar un análisis estructural mecánico, que puede resolver problemas físicos sometidos a esfuerzos usados en ingeniería.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Ecuatoriana, “ECUATORIANA NTE INEN 209,” 2016.
- [2] “Abonos orgánicos.” https://www.infoagro.com/documentos/abonos_organicos.asp (accessed Feb. 12, 2021).
- [3] “Manejo y procesamiento de la gallinaza,” *Rev. Lasallista Investig.*, vol. 2, no. 1, pp. 43–48, 2005.
- [4] “Granulometría - EcuRed.” <https://www.ecured.cu/Granulometría> (accessed Feb. 12, 2021).
- [5] NTE INEM 2117:2013, “NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 266 : 2013 Primera revisión,” vol. First Edit, pp. 7–12, 2013.

- [6] “(No Title).” <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/154.pdf> (accessed Jan. 29, 2021).
- [7] “Trituración y Moliendas.” <https://es.slideshare.net/sharo007/trituracin-y-moliendas> (accessed Sep. 10, 2020).
- [8] “INDICE GENERAL.”
- [9] “¿Qué tipo de triturados y agregados se utilizan en las diferentes obras?” <https://blog.vise.com.mx/que-tipo-de-triturados-y-agregados-se-utilizan-en-las-diferentes-obras> (accessed Jan. 29, 2021).
- [10] “APUNTES DE INGENIERIA MECANICA: TRITURADORAS DE RODILLOS I.” <https://apuntes-ing-mecanica.blogspot.com/2014/03/titulo-trituracion-subtitulo.html?m=0> (accessed Nov. 25, 2020).
- [11] “Tipos de Rodamientos - NOSOLOHERRAMIENTAS.” <https://nosoloherramientas.es/tipos-de-rodamientos/> (accessed Feb. 12, 2021).
- [12] T. DE DEL CORTE METALES Página, “GRUPO TECNOLOGÍA MECÁNICA- PROCESOS DE FABRICACIÓN.”
- [13] “Seguimiento Colegio: CUCHILLAS TIPOS Y USOS.” <http://seguimientocenaculo.blogspot.com/p/cuchillas-tipos-y-usos.html> (accessed Jan. 29, 2021).
- [14] “Fundamentos de los Procesos de Mecanizado.” <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn38.html> (accessed Jan. 29, 2021).
- [15] “Curso: FMEE0108 Operaciones auxiliares de fabricación mecánica. 3021. Soldadura y carpintería metálica.” <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700368/moodle/course/view.php?id=24> (accessed Jan. 29, 2021).
- [16] “Chaveta - EcuRed.” <https://www.ecured.cu/Chaveta> (accessed Jan. 29, 2021).
- [17] NSK, “Tipos Y Características De Los Rodamientos,” p. 565, 2012.
- [18] Juan Carlos Flores Garcia, “S I S T E M a S D E T R a N S M I S I Ó N,” [Online]. Available: [https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/15454/EG-1080-Flores García%2C Juan Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/15454/EG-1080-Flores%20García%20Juan%20Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

- [19] “Acoplamiento mecánico - ¿Qué es? 4 tipos y sus aplicaciones.”
<https://www.lbaindustrial.com.mx/acoplamientos-mecanicos/> (accessed Jan. 30, 2021).
- [20] mundocompresor.com, “Tipos de acoplamientos flexibles y selección para cada aplicación,” Accessed: Jan. 30, 2021. [Online]. Available:
<https://www.mundocompresor.com/productos/tipos-acoplamientos-flexibles-seleccion-para-cada-aplicacion>.
- [21] P. I. De, “Engranaje Tipos de engranajes,” *Pdf*, p. 8, 2017.
- [22] “Engranajes o Ruedas Dentadas - La escuela técnica.”
<https://laescuelatecnica.jimdofree.com/ruedas-dentadas/> (accessed Feb. 23, 2021).
- [23] “Tipos de Motores Electricos.” <https://www.areatecnologia.com/electricidad/tipos-de-motores-electricos.html> (accessed Jan. 30, 2021).
- [24] “cables electricos.”
- [25] “Interruptor con Bloqueo automático Arranque y paro Botón de Captura Botón Impermeable de Encendido/Apagado Negro: Amazon.com.mx: Electrónicos.”
<https://www.amazon.com.mx/Interruptor-automatico-Arranque-Impermeable-Encendido/dp/B07SJ6V5DF> (accessed Jan. 30, 2021).
- [26] “(No Title).” <http://www.upv.es/resiagri/ficheros/i0117.pdf> (accessed Feb. 23, 2021).
- [27] “Evaluating microalgae *Chlorella sorokiniana* growth in different culture mediums in autotrophic and mixotrophic conditions.”
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092012000100002 (accessed Feb. 23, 2021).
- [28] Sandvik, “Herramientas de torneado - Torneado general,” p. 529, 2012, [Online]. Available:
<http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/Tecnologia1/SandvikTorno.pdf>.
- [29] “Eje AISI 4340 (705).” <http://www.dipacmanta.com/aisi-4340> (accessed Feb. 23, 2021).
- [30] “Ec96_Cotransa_Catalogo_Engranes_Y_Cadenas.Pdf.” p. 43.
- [31] I. Martin, sprocket and gear, “Catálogo 4000,” p. 1253, 2013.

- [32] “a t á l o g o G e n e r a l.”
- [33] “¿QUÉ AMPERAJE SOPORTA LOS CABLE DE COBRE?”
<http://electricocable.blogspot.com/2018/04/que-amperaje-soporta-los-cable-de-cobre.html> (accessed Feb. 23, 2021).
- [34] “Led Amarillo Cabeza Cuadrada Botón Iluminado Doble Interruptor De Llave - Buy Interruptor De Doble Tecla,Botón Pulsador Iluminado,Interruptor De Cabeza Cuadrada Product on Alibaba.com.” <https://spanish.alibaba.com/product-detail/yellow-led-square-head-push-button-illuminated-double-key-switch-62104036880.html> (accessed Feb. 23, 2021).

Anexo I

Marco Teórico

.

ANEXO I

Tabla 1 Propiedades químicas de la gallinaza

Humedad (%)	36,0
Densidad Real (g/cm ³)	1,62
Densidad Aparente (g/cm ³)	0.170
Espacio poroso total (% vol.)	89.5
Capacidad de aireación (% vol.)	44.5
Volumen de agua (% vol.)	45.0
Capacidad de retención total de agua (g/l material)	450
Contracción (% vol.)	8
A 10 cm de ca	

Fuente: [26]

ANEXO I

Figura 1 Análisis Físico Químico del lixiviado de gallinaza

Variable	Unidad de medida
pH	6,70
Sólidos totales	1116 mg/L
DQO	6800 mg/L
DBO	340 mg/L
Acidez	2774 mgCaCO ₃ /L
Alcalinidad	2038 mgCaCO ₃ /L
Turbidez	5700 NTU
Potasio	998 mg/L
Sodio	140 mg/L
Dureza cálcica	728 mg/L
Dureza total	910 mg/L
Hierro	20 mg/L
Carbonatos	ND
Bicarbonatos	80 mg CaCO ₃ /L
Cloruros	583 mg/L

Fuente: [27]

ANEXO I

Figura 2 Tamaño nominales de abertura para mallas de alambre

INEN	ASTM
Abertura indicada	Designación
125 mm	5 pulg
106 mm	4,24 pulg
90 mm	3 ½ pulg
75 mm	3 pulg
63 mm	2 ½ pulg
53 mm	2,12 pulg
45 mm	1 ¾ pulg
37,5 mm	
31,5 mm	1 ¼ pulg
26,5 mm	1,06 pulg
22,4 mm	7/8 pulg
19,0 mm	¾ pulg
16,0 mm	5/8 pulg
13,2 mm	0,53 pulg
11,2 mm	7/16 pulg
9,5 mm	3/8 pulg
8,0 mm	5/16 pulg
6,7 mm	0,265 pulg
5,6 mm	No. 3 ½
4,75 mm	No. 4
4,00 mm	No. 5
3,35 mm	No. 6
2,80 mm	No. 7
2,36 mm	No. 8
2,00 mm	No. 10
1,70 mm	No. 12
1,40 mm	No. 14
1,18 mm	No. 16
1,00 mm	No. 18
850 µm	No. 20
710 µm	No. 25
600 µm	No. 30
500 µm	No. 35
425 µm	No. 40
355 µm	No. 45
300 µm	No. 50
250 µm	No. 60
212 µm	No. 70
180 µm	No. 80
150 µm	No. 100
125 µm	No. 120
106 µm	No. 140
90 µm	No. 170
75 µm	No. 200
63 µm	No. 230
53 µm	No. 270
45 µm	No. 325
38 µm	No.400

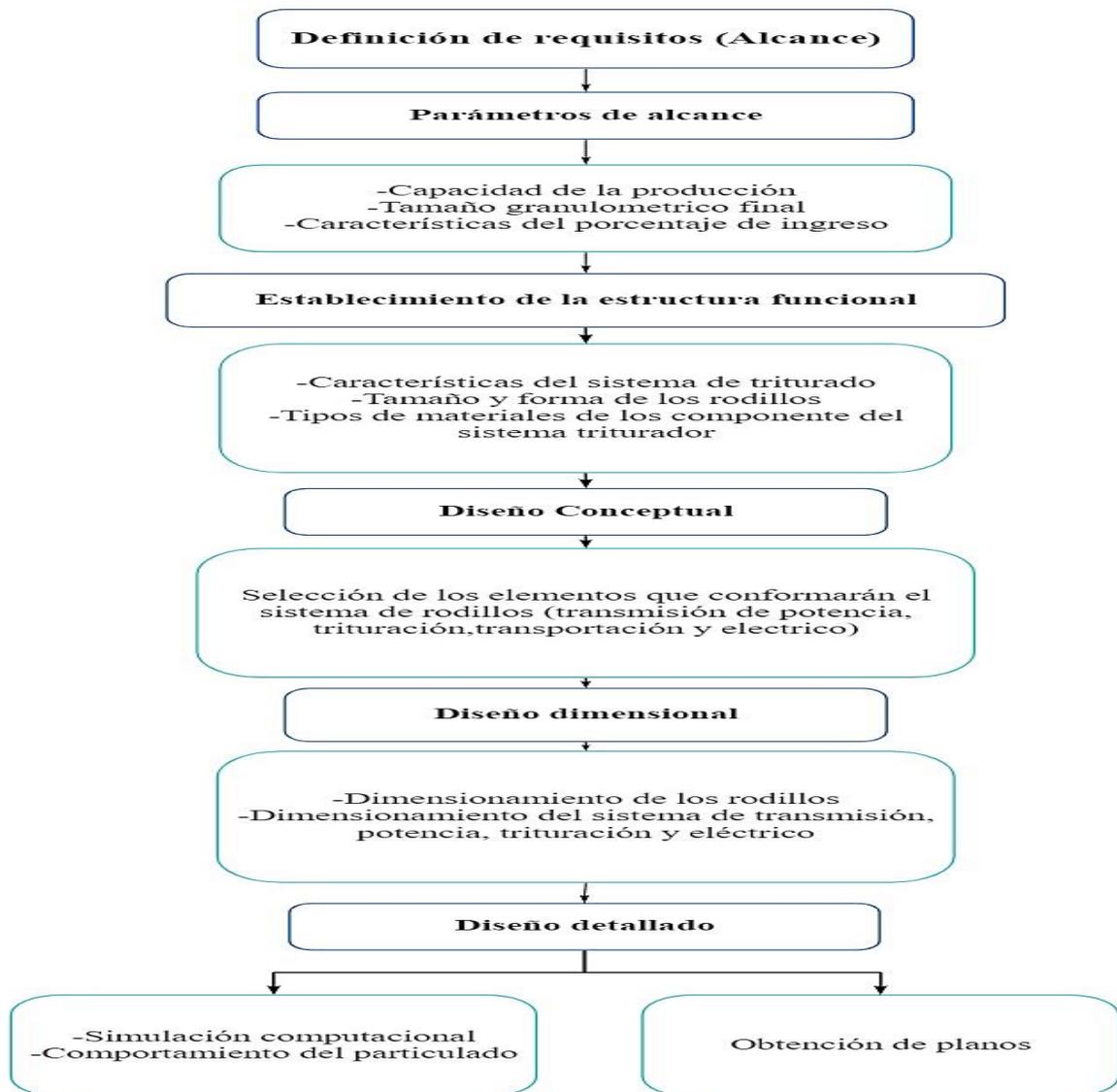
Fuente: [6]

Anexo II

Metodología

ANEXO II

Figura 1 Metodología Cualitativa y cuantitativa



ANEXO II

Tabla 1. Capacidad de la producción de la gallinaza

Dado los datos estimados de recolección por parte de los propietarios de la finca la Rosa se establece las ecuaciones que conllevaran al cálculo de la producción de la gallinaza.

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	Nº
Capacidad producción mensual	$NQ = \frac{CP}{50kg}$	NQ = Número de quintales mensuales	qq	4.1
		CP = Capacidad de producción mensual	Kg	
Cálculo de producción diaria	$Nqq_{2h} = \frac{NQ}{t}$	Nqq = Capacidad de producción diaria	qq	4.2
		NQ = Número de quintales por horas	qq	
		t = Tiempo de triturado diario	s	

ANEXO II

Tabla 2 Diseño de la tolva

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	Nº
Cálculo volumen tolva máximo	$V = \frac{m}{\rho}$	ρ = Densidad de la gallinaza	$\frac{Kg}{m^3}$	4.4.
		m = Masa total de la gallinaza	Kg	
		v = Volumen	m^3	
Cálculo de la tolva requerido	$V_{tolva} = a * b * c + \frac{1}{3} (h * (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 * A_2}))$	V_{tolva} = Volumen de la tolva	m^3	4.5
		a = Lado uno del paralelepípedo	mm	
		b = Lado dos del paralelepípedo	mm	
		c = Altura del del paralelepípedo	mm	
		h = Altura del tronco de pirámide	mm	
		A_1 = Área de la sección uno del tronco de pirámide	mm^2	
		A_2 = Área de la sección dos del tronco de pirámide	mm^2	

ANEXO II

Tabla 3. Fuerza a la que será sometida la gallinaza

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	Nº
Fuerza a vencer	$F = m * a$	$F =$ Fuerza a vencer	Nm	4.6
		$m =$ Masa del material	Kg	
		$a =$ aceleración	$\frac{m}{s^2}$	

ANEXO II

Tabla 3 Potencia Requerida del sistema triturador

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	Nº
Cálculo torque máximo	$T_{m\acute{a}x} = F * r$	$T_{m\acute{a}x}$: Torque máximo	$N * m$	4.10
		F : Fuerza	N	
		r : radio	mm	
Cálculo de la potencia	$P = T_{m\acute{a}x} * \omega$	P : potencia	$Watt$	4.13
		ω : velocidad angular	RPM	
		$T_{m\acute{a}x}$: Torque máximo	Nm	



ANEXO II

Tabla 4 Diseño del árbol

En este acápite se estipula los elementos mecánicos que intervendrán en el árbol motriz de la máquina trituradora.

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	Nº
Cálculo diseño del árbol	$d_{\min} = \sqrt[3]{\frac{32 * n}{\pi} \sqrt{\left(\frac{T}{S_y}\right)^2 + \left(\frac{M}{S_e}\right)^2}}$	<i>n: coeficiente de seguridad</i>		4.1 5
		<i>d_{min}: diámetro mínimo del árbol</i>	<i>mm</i>	
		<i>M: momento flector máximo</i>	<i>Nm</i>	
		<i>S_y: resistencia de fluencia</i>	<i>MPa</i>	
		<i>S_e: resistencia a la fatiga</i>		
Cálculo torque del árbol	$T = \frac{P}{\omega}$	<i>T: Torque</i>	<i>Nm</i>	4.1 6
		<i>P: Potencia</i>	<i>Watt</i>	
		<i>ω: velocidad angular</i>	<i>rad /seg</i>	

ANEXO II
Tabla 5 Engranajes de la máquina trituradora

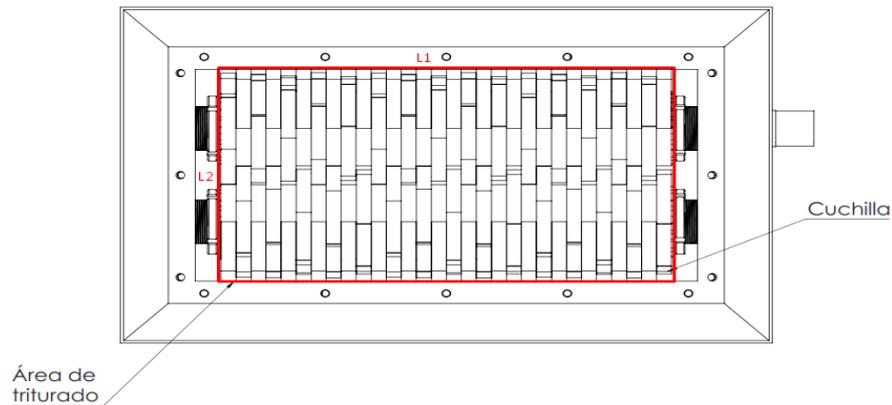
Dimensionados con una relación 1:1 para su movilidad y transmisión a los árboles de la máquina trituradora.

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	Nº
Paso del engrane (grande)	$DP_1 = \frac{DC * 2}{Relacion + 1}$	DP_1 : diámetro de paso del piñon	mm	4.17
		Relación de transmisión =1		
		DC : distancia entre centros	mm	
Paso del engrane (pequeño)	$DP_2 = DP_1 * Relación$	DP_2 : diámetro de paso del piñon	mm	4.18
		DP_1 : diámetro de paso del piñon	mm	
		Relación de transmisión =1		
Distancia entre centros	$DC = \frac{DP_1 + DP_2}{2}$	DC : distancia entre centros	mm	4.19
		DP_1 : diámetro de paso del piñon	mm	
		DP_2 : diámetro de paso del piñon	mm	
Cálculo del módulo	$m = \frac{DP_1}{z}$	DP_1 : diámetro de paso del piñon	mm	4.20
		m : modulo	-	
		z : número de dientes	-	
Diámetro externo	$DE = m(z + 2)$	DE : diámetro externo	mm	4.21
		m : modulo	-	
		z : número de dientes	-	

ANEXO II

Tabla 6 Área de triturado (cuchillas)

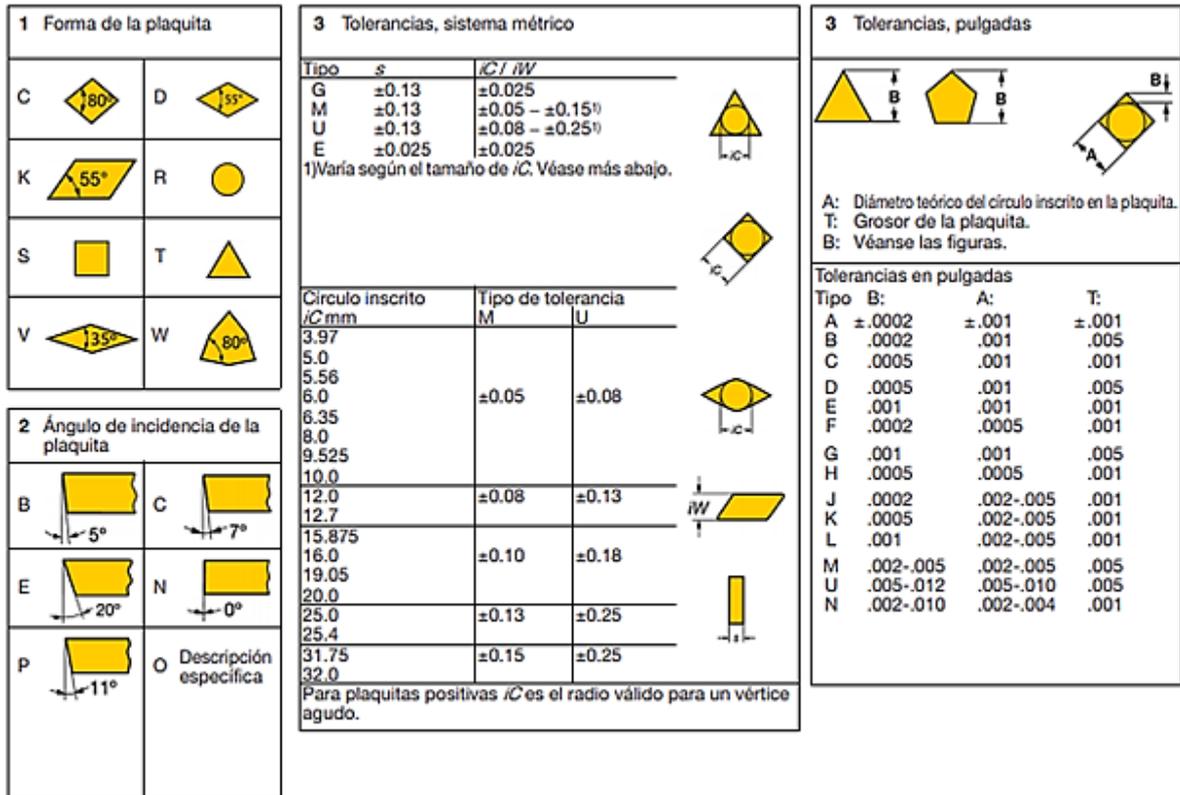
Área encargada del procesamiento de materia prima la cual está conformada a por cuchillas y contra cuchillas.



Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	Nº
Área del triturado	$A_{triturado} = 2(L1 + L2)$	$A_{triturado} = \text{Área de triturado}$	mm^2	4.7
		L1 = Largo	mm	
		L2 = Ancho	mm	

ANEXO II

Figura 2 Ángulos de corte (Cuchillas)



Fuente: [28]

ANEXO II

Tabla 7 Cálculo de rodamientos para el árbol del rodillo

Colocados sobre cajas que ayudan a la calibración de la máquina.

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	Nº
Carga equivalente	$P = X * F_r + Y * F_a$	$P =$ Carga dinámica equivalente	KN	4.24
		$F_r =$ Carga radial	KN	
		$F_a =$ Carga Axial	KN	
		$X =$ Factor radial	-	
		$Y =$ Factor axial	-	

Anexo III

Análisis y Discusión de

Resultados

ANEXO III

Tabla 1. Solución capacidad de producción

$\frac{Rec}{men} = 2.7toneladas = 2700Kg/mes$		$NQ = \frac{CP}{50kg}$ $2,7 toneladas = 2700 kg$ $NQ = \frac{2700 kg}{50kg}$ $NQ = 54 qq/mes$	
Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Recolección mensual	Rec/Men	4.1	2700Kg/mes
Numero Quintales	NQ	4.1	$NQ = 54 qq/mes$

ANEXO II

Tabla 2 Cálculo Producción Diaria

$Nqq_{4s} = \frac{NQ}{t}$ $Nqq_{4s} = \frac{54}{4}$ $Nqq_{4s} = 13,5$	<p>Dado la capacidad de producción diaria se establecerá el $Nqqh$ por hora en el tiempo determinado establecido</p> $Nqqh = \frac{NqqDiaria}{T_{(2h)}}$ $Nqqh = \frac{13.5}{2}$ $Nqq = 6.75 \cong 7$
---	--

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Producción semanal	Nqq_{4s}	4.2	13,5 qq
Producción diaria	$Nqqh$	4.3	6,75 qq \cong 7

ANEXO II

Tabla 3 Selección de alternativa para triturado de heces de gallina

Alternativas	Parámetros de comparación				
	Producción	Material granulométrico	Optimización de recursos	Costos de maquinaria	Total
Trituradora de mandíbula	3	2	4	3	12
Trituradora de rodillos	5	4	3	4	16
Triturador tornillo sin fin	2	3	5	3	13

ANEXO III

Tabla 4. Diseño de la tolva

Cálculo del volumen máximo de la tolva

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Donde:

$$m = 2700 \text{ kg}$$

$$\rho = 500 \text{ kg/m}^3$$

$$V = \frac{2700 \text{ kg}}{500 \text{ kg/m}^3}$$

$$V = 5,4 \text{ m}^3$$

Cálculo del volumen de la tolva

$$V_{tolva} = V_{paralelepipedo} + V_{tronco \text{ de pirámide}}$$

$$V_{tolva} = a * b * c + \frac{1}{3}(h * (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 * A_2}))$$

$$a = 376 \quad b = 210 \quad c = 50 \quad h = 123,7$$

$$V_{tolva} = 376 * 210 * 50 + \frac{1}{3}(123,7 * (115932,4 + 76632 + \sqrt{115932,4 * 76632}))$$

$$V_{tolva} = 1567800 \text{ mm}^3 = 1,577 \text{ m}^3$$

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Cálculo Máx. vol. Tolva	V	4.4	$5,4 \text{ m}^3$
Cálculo vol. tolva requerido	V_{tolva}	4.5	$1,577 \text{ m}^3$

ANEXO III

Tabla 5. Fuerza a la que será sometida la gallinaza

$$F = m * a$$

Donde:

$$m = 675kg..$$

$$a = 9.81.$$

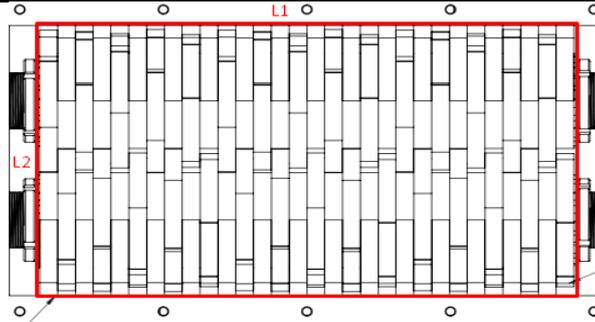
$$F = 675kg * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 6621,75 Nm$$

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Fuerza	F	4.6	6621,75 Nm

ANEXO III

Tabla 6 Área del Triturado



$$A_{\text{triturado}} = (L_1 * L_2).$$

$$A_{\text{triturado}} = (303,6 \text{ mm} * 170 \text{ mm})$$

$$A_{\text{triturado}} = 57120 \text{ mm}^2$$

Componente tangencial

$$F_{ct} = \frac{T}{\left(\frac{D}{2}\right)}$$

$$F_{ct} = \frac{100,95 \text{ Nm}}{\left(\frac{0,090 \text{ m}}{2}\right)}$$

$$F_{ct} = 2243.33 \text{ N}$$

Componente radial

$$F_{cr} = F_{ct} \tan \varphi$$

$$F_{cr} = (2243.33 \text{ N}) * \tan 5^\circ$$

$$F_{cr} = 196.26 \text{ N}$$

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Área de triturado	$A_{\text{triturado}}$	4.7	57120 mm^2

ANEXO III

Tabla 7. Cálculo Torque máximo, requerido y velocidades (lineal y angular del sistema)

Cálculo del torque máximo y requerido

$$T = F * r$$

$$T_{m\acute{a}x} = 6730,01 * 0.015 \text{ m}$$

$$T_{m\acute{a}x} = 100,95 \text{ Nm}$$

$$T = 3.93 \text{ Nm}$$

Cálculo velocidad lineal

$$V = \sqrt{\frac{2 * F}{m}}$$

$$V_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{2 * 108,26}{675}}$$

$$V_{m\acute{a}x} = 0,57 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V = 3.72 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Cálculo velocidad angular

$$\omega = \frac{V}{R}$$

$$\omega_{m\acute{a}x} = \frac{0,57 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\frac{0,090 \text{ m}}{2}}$$

$$\omega_{m\acute{a}x} = 12,67 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\omega_{m\acute{a}x} = 120,99 \text{ rpm}$$

$$\omega = 82,44 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\omega = 787.24 \text{ rpm}$$

Cálculo de la potencia máxima y requerida

$$P = T * \omega$$

$$P_{max} = 100,95 \text{ Nm} * 12,67 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P_{max} = 1279,04 \text{ Watt}$$

$$P_{max} = 1,27 \text{ kW}$$

$$P = 323,99 \text{ Watt}$$

$$P = 0,43 \text{ Hp}$$

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Torque máximo	$T_{m\acute{a}x}$	4.10	100,95 Nm
Torque requerido	T	4.10	3.93 Nm
Velocidad lineal máximo	V_{max}	4.11	$0,57 \frac{m}{s}$
Velocidad lineal requerido	V	4.11	$3.71 \frac{m}{s}$
Velocidad angular máximo	ω_{max}	4.12	120,99 rpm
Velocidad angular requerida	ω	4.12	787,24 rpm
Potencia máxima	P_{max}	4.13	1,27 KW
Potencia requerida	P	4.13	0.32 KW

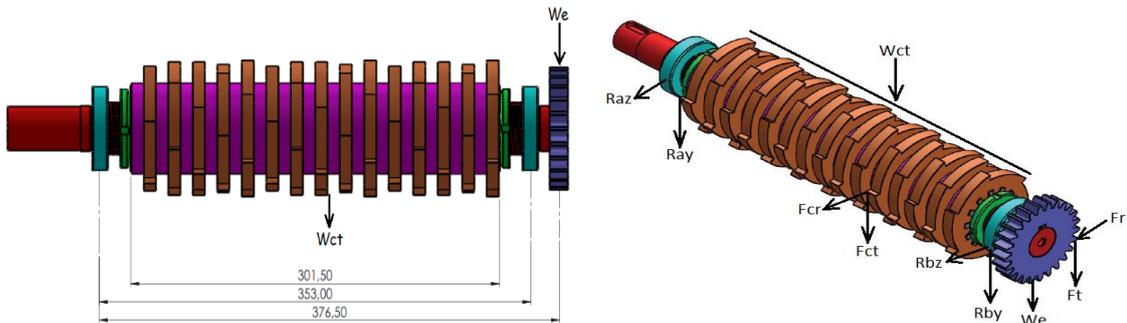
ANEXO III

Tabla 8 Selección material del árbol

Alternativas	Parámetros de comparación				
	Mecanizable	Peso Liviano	Inadherible	Costo Económico	Total
AISI 316l Acero Inoxidable	3	4	3	2	12
AISI 4340 Acero normalizado	4	5	3	4	16
ASTM A36 Acero	2	5	3	3	13

ANEXO III

Tabla 9 Momentos y fuerzas en el árbol



$$\sum M_A = 0$$

$$(W_{CT} + F_{ct}) * (0.301m) - R_{by}(0.353 m) + (W_e + F_t) * (0.376 m) = 0$$

$$(51.59 + 2243.33)N * (0.301m) - R_{by}(0.353m) + (4.22 + 2492.59)N * (0.376m) = 0$$

$$690.77 Nm - R_{by}(0.353 m) + 938.80Nm = 0$$

$$R_{by} = 4616.35 N$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{ay} - (W_{CT} + F_{ct}) + R_{by} - (W_e + F_t) = 0$$

$$R_{ay} - (51.59 + 2243.33)N + (4616.35 N) - (4.22 + 2492.59)N = 0$$

$$R_{ay} = 175.38 N$$

$$\sum M_A = 0$$

$$F_{cr} * (0.301m) - R_{bz}(0.353 m) + F_r * (0.376 m) = 0$$

$$(196.26 N) * (0.301m) - R_{bz}(0.353 m) + (907.23 N) * (0.376 m) = 0$$

$$59.07 Nm - R_{bz}(0.353 m) + 341.12 Nm = 0$$

$$\mathbf{R_{bz} = 1133.68 N}$$

$$\sum F_z = 0$$

$$R_{az} - F_{cr} + R_{bz} - F_r = 0$$

$$R_{az} - (196.26 N) + (1133.68 N) - (907.23 N) = 0$$

$$\mathbf{R_{az} = -30.19 N}$$

Cálculo Momento flector

$$M = \sqrt{(R_{ay} * d)^2 + (R_{az} * d)^2}$$

$$M = \sqrt{(175.38 m * 0.353 m)^2 + (-30.19 m * 0.353 m)^2}$$

$$M = 62.82 Nm$$

Momento y fuerza en el árbol		
Nombre	Símbolo	Resultado
Reacción respecto a <i>by</i>	R_{by}	4616.35 N
Reacción respecto a <i>ay</i>	R_{ay}	175.38 N
Reacción respecto a <i>bz</i>	R_{bz}	1133.68 N
Reacción respecto a <i>az</i>	R_{az}	-30.19 N
Momento flector	M	62.82 Nm

ANEXO III

Tabla 10 Diámetro mínimo del árbol

Cálculo para el diseño del árbol.

$$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{32 * n}{\pi} \sqrt{\left(\frac{T}{S_y}\right)^2 + \left(\frac{M}{S_e}\right)^2}}$$

$$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{32 * 3}{\pi} \sqrt{\left(\frac{100.95 Nm}{815 \times 10^6}\right)^2 + \left(\frac{62.82 Nm}{880 \times 10^6}\right)^2}}$$

$$d_{min} = 0.01634$$

$$d_{min} = 16.34 \text{ mm}$$

Cálculo torque en el árbol

$$\tau = \frac{P}{\omega}$$

$$\tau = \frac{1279,04}{120.99}$$

$$\tau = 10.57 \text{ Nm}$$

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Diámetro mínimo	d_{min}	4.15	16.34 mm
Torque del árbol	τ	4.16	10,57 Nm

Figura 2. Material del árbol

PROPIEDADES MECÁNICAS SAE 4340 (Bonificado)

Esfuerzo Fluencia [Kg/mm²]	Esfuerzo Tracción [Kg/mm²]	Dureza [HRc]	Elongación [%]
72-90	115-125	28-34	10-18

Datos del material del árbol para cálculo del diámetro mínimo

Fuente: [29]

ANEXO III

Tabla 11. Selección de engranaje

Tipos	Características de comparación			
	Facilidad de mecanizado	Torque Elevado	Costo Mecanizado (Económico)	Total
Rectos	5	4	5	14
De cremallera	3	5	4	12
Sin fines	2	5	3	10

ANEXO III

Figura 3 Módulo y número de dientes

Módulo: 3

REF.	N° DIENTE	Ø PRIMI. dp	CONS.	Ø CUBO dm	Ø EJE D1	Ø MAX	L. DIENT B	L. CUBO	ANCHO A	MATER.
ECR 3-12	12	36	1	25	12	16	30	20	50	A
ECR 3-15	15	45	1	35	12	20	30	20	50	A
ECR 3-20	20	60	1	45	15	30	30	20	50	A
ECR 3-25	25	75	1	60	15	35	30	20	50	A
ECR 3-30	30	90	1	60	16	35	30	20	50	A
ECR 3-35	35	105	1	70	20	40	30	20	50	A
ECR 3-40	40	120	1	80	20	45	30	20	50	A
ECR 3-45	45	135	1	90	20	50	30	20	50	A
ECR 3-50	50	150	2	-	25	-	30	-	30	A
ECR 3-55	55	165	2	-	25	-	30	-	30	A
ECR 3-60	60	180	2	-	25	-	30	-	30	A
ECR 3-65	65	195	2	-	25	-	30	-	30	A
ECR 3-70	70	210	2	-	25	-	30	-	30	A
ECR 3-75	75	225	2	-	25	-	30	-	30	A
ECR 3-80	80	240	2	-	25	-	30	-	30	A
EVR 3-85	85	255	2	-	25	-	30	-	30	A
ECR 3-90	90	270	2	-	25	-	30	-	30	A
ECR 3-95	95	285	2	-	25	-	30	-	30	A
ECR 3-100	100	300	2	-	25	-	30	-	30	A
ECR 3-105	105	315	2	-	25	-	30	-	30	A
ECR 3-110	110	330	2	-	25	-	30	-	30	A
ECR 3-115	115	345	2	-	25	-	30	-	30	A

Fuente: [30]

ANEXO III

Tabla 12. Dimensionamiento de los engranajes

Cálculo Diámetro de paso

Dado que:

Modulo = 3

Nro. dientes = 25

$$D_{p1} = \frac{DC * 2}{Relación + 1}$$

$$D_{p1} = \frac{75 \text{ mm} * 2}{1 + 1}$$

$$D_{p1} = 75 \text{ mm}$$

$$D_{p2} = P_{d1} * Relación$$

$$D_{p2} = 75 \text{ mm} * 1$$

$$D_{p2} = 75 \text{ mm}$$

Cálculo Distancia entre centros

$$D_c = \frac{D_{p1} + D_{p2}}{2}$$

$$D_c = \frac{75 \text{ mm} + 75 \text{ mm}}{2}$$

$$D_c = 75 \text{ mm}$$

Cálculo del módulo

$$m = \frac{DP_1}{z}$$

$$m = \frac{75 \text{ mm}}{25}$$

$$m = 3$$

Cálculo diámetro externo

$$DE = m(z + 2)$$

$$DE = 3(25 + 2)$$

$$DE = 81 \text{ mm}$$

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Diámetro del paso del piñón (engrane pequeño)	D_{p2}	4.18	75 mm
Diámetro del paso del piñón (engrane mayor)	D_{p1}	4.17	75 mm
Distancia entre centros	D_c	4.19	75 mm
Módulo	m	4.20	3
Diámetro externo	DE	4.21	81 mm

ANEXO III

Tabla 13 Selección acoplamiento mecánico

Tipos	Características de comparación			
	Facilidad de montaje	Torque Elevado	Costo Mecanizado (Económico)	Total
Rígidos	2	4	2	8
Flexibles	4	3	4	11
Especiales	3	2	5	10

ANEXO III

Figura 4 Parámetro acoplamiento mecánico

PAR NOMINAL TRANSMISIBLE Tener siempre en cuenta el factor de par (1) del elemento elástico (ver pág. anterior)

Ref.	PAR Nm			kW / 100 rpm		kW Potencia transmitida a diferentes velocidades					Momento de inercia Kg/cm ²
	E + A	IN-SHEAR	H	E + A	H	NBR					
	NBR	URETANO	HYTREL	NBR	HYTREL	500	750	1000	1500	3000	
L. 035	0.390		-	0.004	-	0.020	0.030	0.040	0.060	0.120	0.01
L. 050	2.95		5.60	0.031	0.059	0.155	0.230	0.310	0.465	0.930	0.2
L. 070	4.84		12.8	0.051	0.134	0.255	0.380	0.510	0.765	1.53	0.3
L. 075	10.1		25.4	0.106	0.267	0.530	0.795	1.06	1.59	3.18	1
L. 090	16.3	38	45.3	0.171	0.474	0.85	1.27	1.71	2.56	5.11	2
L. 095	21.7	38	62.8	0.228	0.660	1.14	1.71	2.28	3.42	6.84	3
L. 100	46.7	63	127	0.490	1.33	2.45	3.68	4.90	7.45	14.7	8
L. 110	88.7	123	254	0.930	2.67	4.65	6.98	9.30	14.0	27.9	26
L. 150	139	205	415	1.46	4.36	7.30	11.0	14.6	21.9	43.8	34
L. 190	194	330	524	2.03	5.50	10.2	15.2	20.3	30.5	60.9	115
L. 225	262		697	2.75	7.32	13.8	20.6	27.5	41.3	82.5	190

Fuente: [31]

ANEXO III

Tabla 14 Seleccionamiento motor reductor

Tipos	Características de comparación			
	Torque	Manejabilidad	Costo Montaje	Total
Reductor cónico K40-K75	4	3	3	10
Reductor plano cónico C70-C130	3	3	5	11
Reductor helicoidal de engranajes cilíndricos H40-H136	4	5	4	13

ANEXO III

Tabla 15 Selección rodamientos

Tipos	Características de comparación			
	Torque	Manejabilidad	Costo Montaje	Total
Rodamientos de bolas	5	3	4	12
Rodamientos cilíndricos	3	3	4	10
Rodamientos cónicos	5	3	3	11

ANEXO III

Tabla 16 Selección rodamientos

Cálculo del comportamiento de un rodamiento.

$$P = X * F_r + Y * F_a.$$

Carga dinámica equivalente

$$P_o = 0.6 F_r$$

$$P_o = 0.6 * 0.265$$

$$P_o = 0.159 \text{ kN}$$

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Comportamiento de un rodamiento	p	4.24	0.159KN

ANEXO III

Figura 6 Conductor

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A		
10 AWG	30 A	30 A	30 A	18 AWG	10 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A		
6 AWG	55 A	65 A	75 A	16 AWG	13 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A	14 AWG	18 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A	12 AWG	25 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

Fuente: [33]

ANEXO III

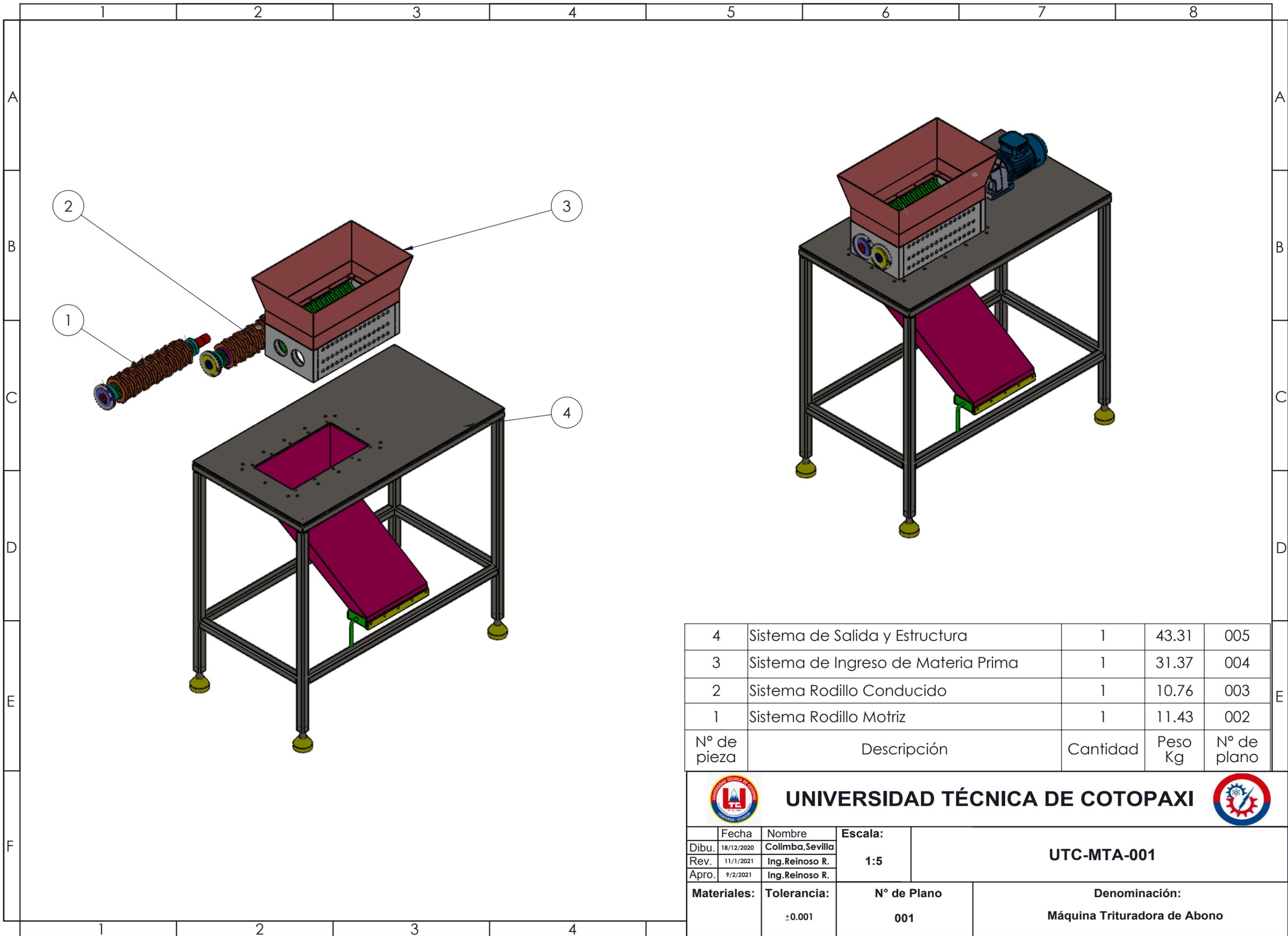
Imagen 8 Características de pulsador

Descripción general

Detalles rápidos

Lugar del origen:	Zhejiang, China	Marca:	Aibeiken
Número de Modelo:	LA62C-11D/RG	Nivel de protección:	IP40
Corriente máx.:	3A	Voltaje máx.:	380VAC
Product Name:	Push Button Switch	Mounting hole dia...	22mm
Actuator shape:	square head	Contact type:	NONC
Operation type:	/	Material:	plastic
Color:	red/green/black	Emitting Type:	NONC
Lamp color:	yellow	Lamp Voltage:	/

Fuente : [34]



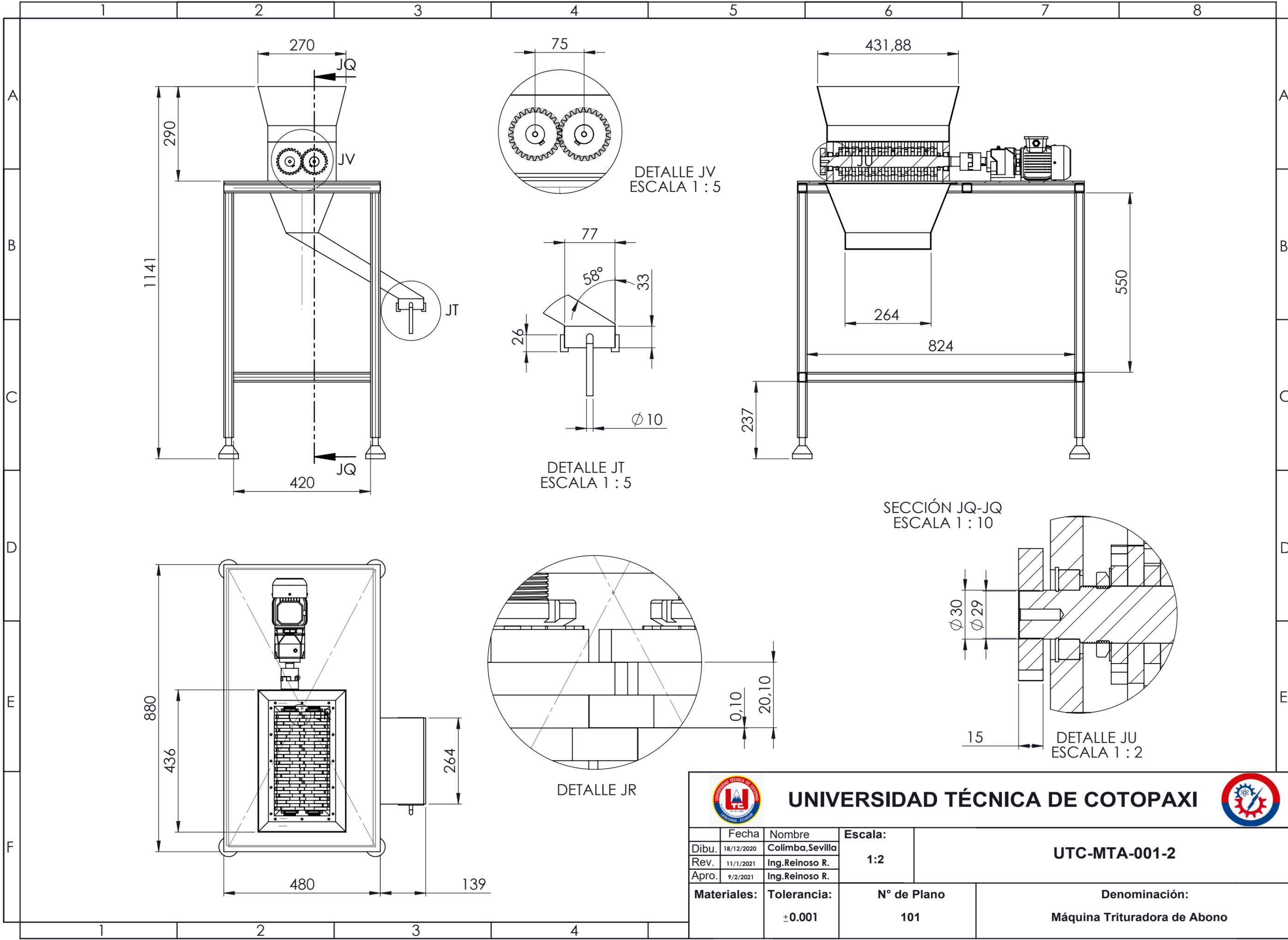
4	Sistema de Salida y Estructura	1	43.31	005
3	Sistema de Ingreso de Materia Prima	1	31.37	004
2	Sistema Rodillo Conducido	1	10.76	003
1	Sistema Rodillo Motriz	1	11.43	002
Nº de pieza	Descripción	Cantidad	Peso Kg	Nº de plano



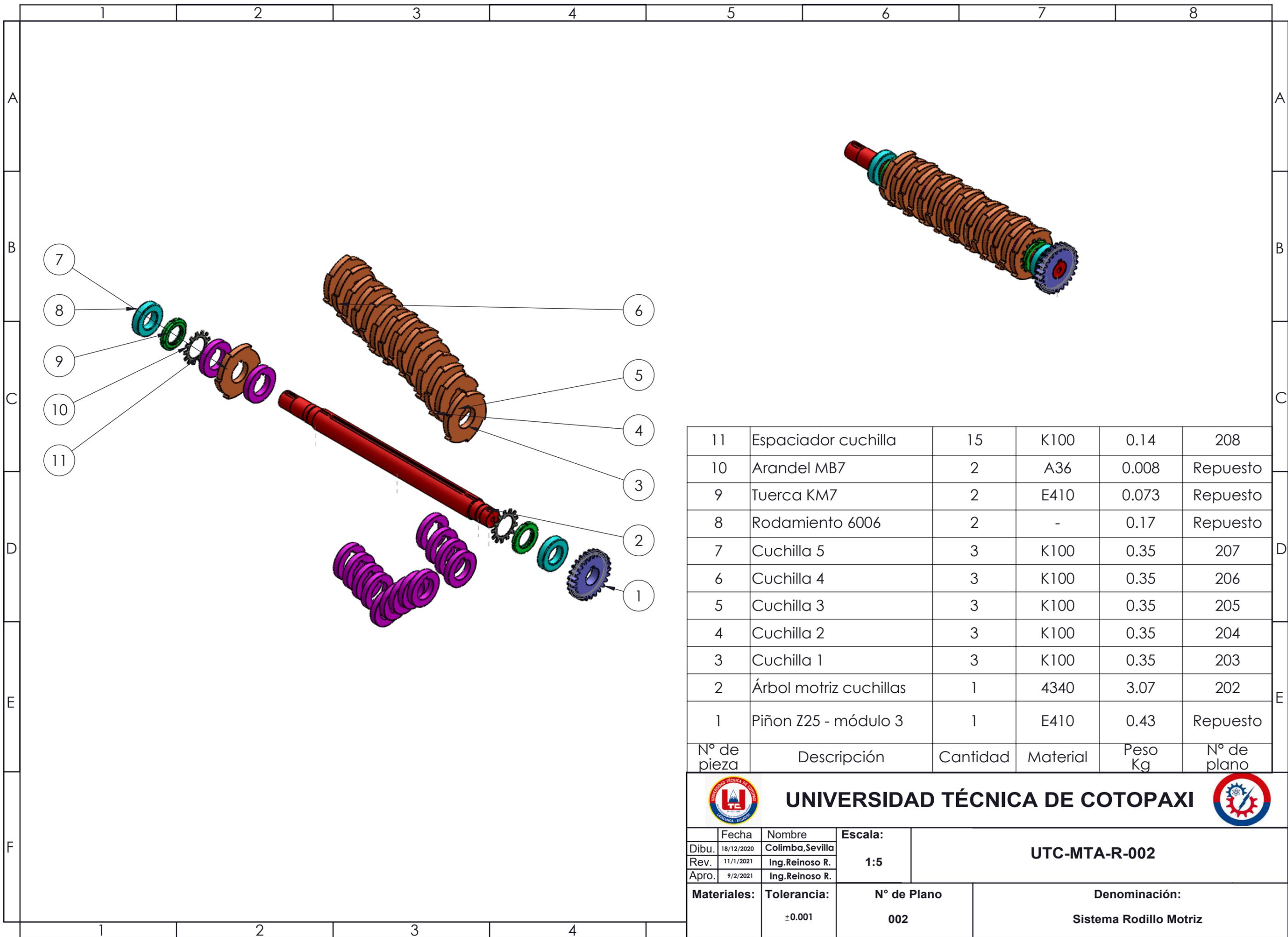
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibu.	18/12/2020	Colimba, Sevilla	Escala: 1:5	UTC-MTA-001
Rev.	11/1/2021	Ing.Reinoso R.		
Apro.	9/2/2021	Ing.Reinoso R.		
Materiales:	Tolerancia:	Nº de Plano	Denominación:	
	±0.001	001	Máquina Trituradora de Abono	



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
					UTC-MTA-001-2
Fecha	Nombre	Escala:	Denominación:		
Dibu. 18/12/2020	Colimba, Sevilla				1:2
Rev. 11/1/2021	Ing. Reinoso R.				
Apro. 9/2/2021	Ing. Reinoso R.	N° de Plano	Máquina Trituradora de Abono		
Materiales:		Tolerancia:			101
		± 0.001			



11	Espaciador cuchilla	15	K100	0.14	208
10	Arandel MB7	2	A36	0.008	Repuesto
9	Tuerca KM7	2	E410	0.073	Repuesto
8	Rodamiento 6006	2	-	0.17	Repuesto
7	Cuchilla 5	3	K100	0.35	207
6	Cuchilla 4	3	K100	0.35	206
5	Cuchilla 3	3	K100	0.35	205
4	Cuchilla 2	3	K100	0.35	204
3	Cuchilla 1	3	K100	0.35	203
2	Árbol motriz cuchillas	1	4340	3.07	202
1	Piñon Z25 - módulo 3	1	E410	0.43	Repuesto
N° de pieza	Descripción	Cantidad	Material	Peso Kg	N° de plano



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

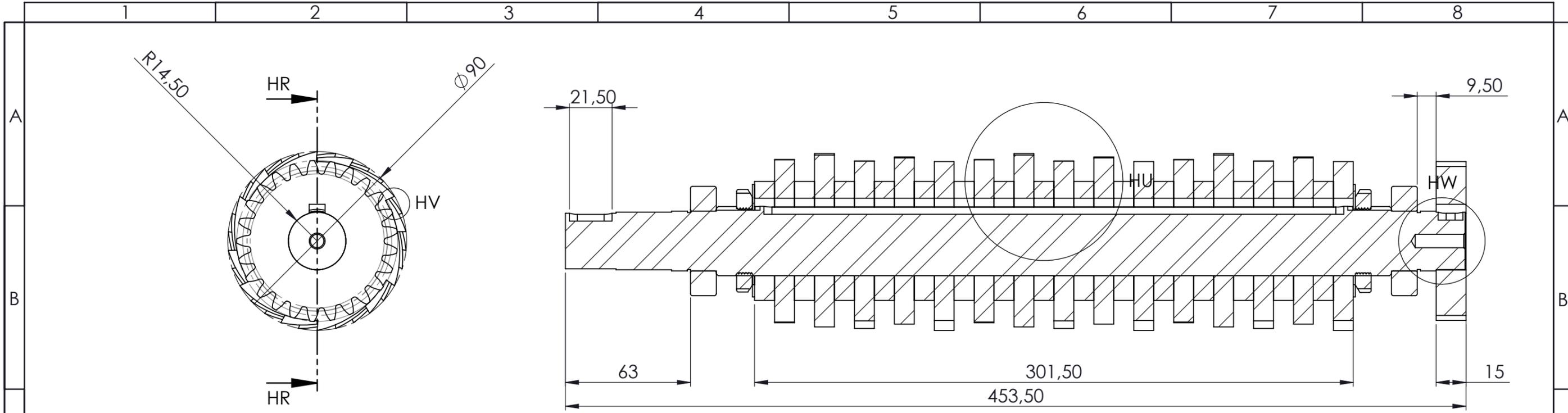


Fecha	Nombre	Escala:
Dibu. 18/12/2020	Colimba, Sevilla	
Rev. 11/1/2021	Ing. Reinoso R.	
Apro. 9/2/2021	Ing. Reinoso R.	

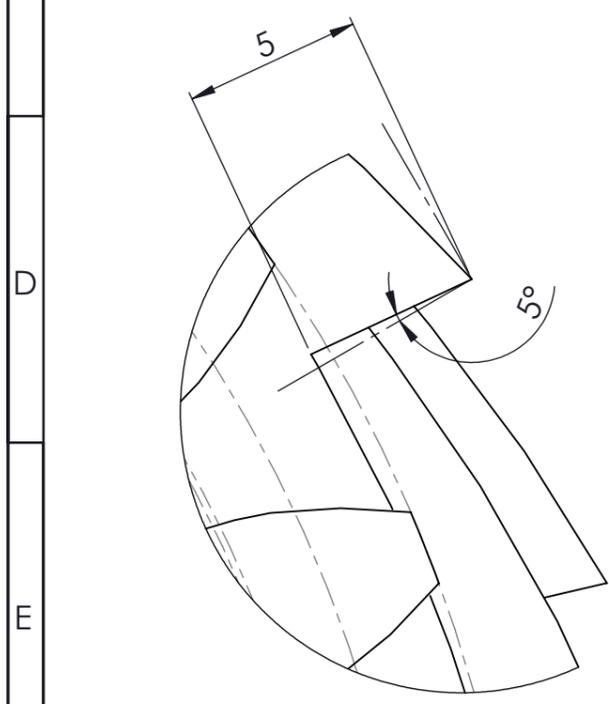
1:5

UTC-MTA-R-002

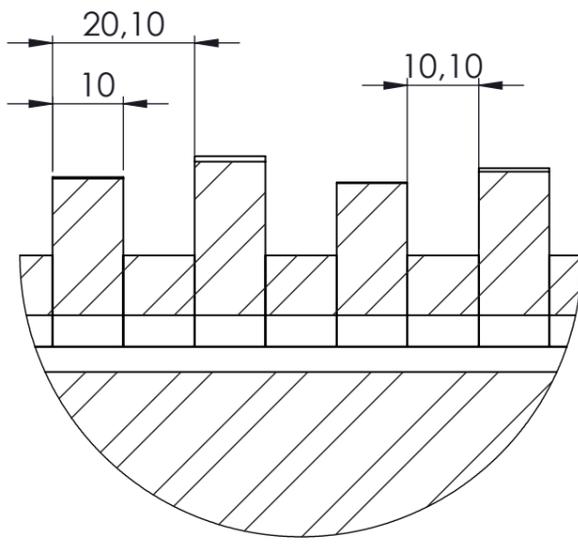
Materiales:	Tolerancia: ±0.001	N° de Plano 002	Denominación: Sistema Rodillo Motriz
--------------------	------------------------------	---------------------------	--



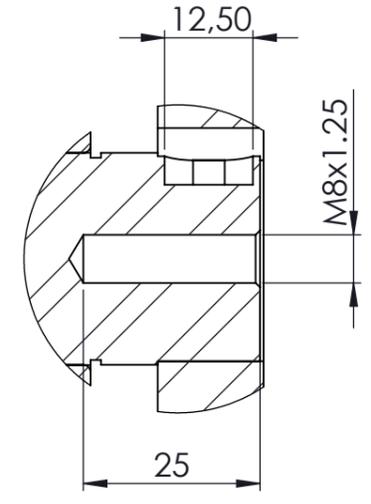
SECCIÓN HR-HR
ESCALA 1 : 2



DETALLE HV
ESCALA 5 : 1

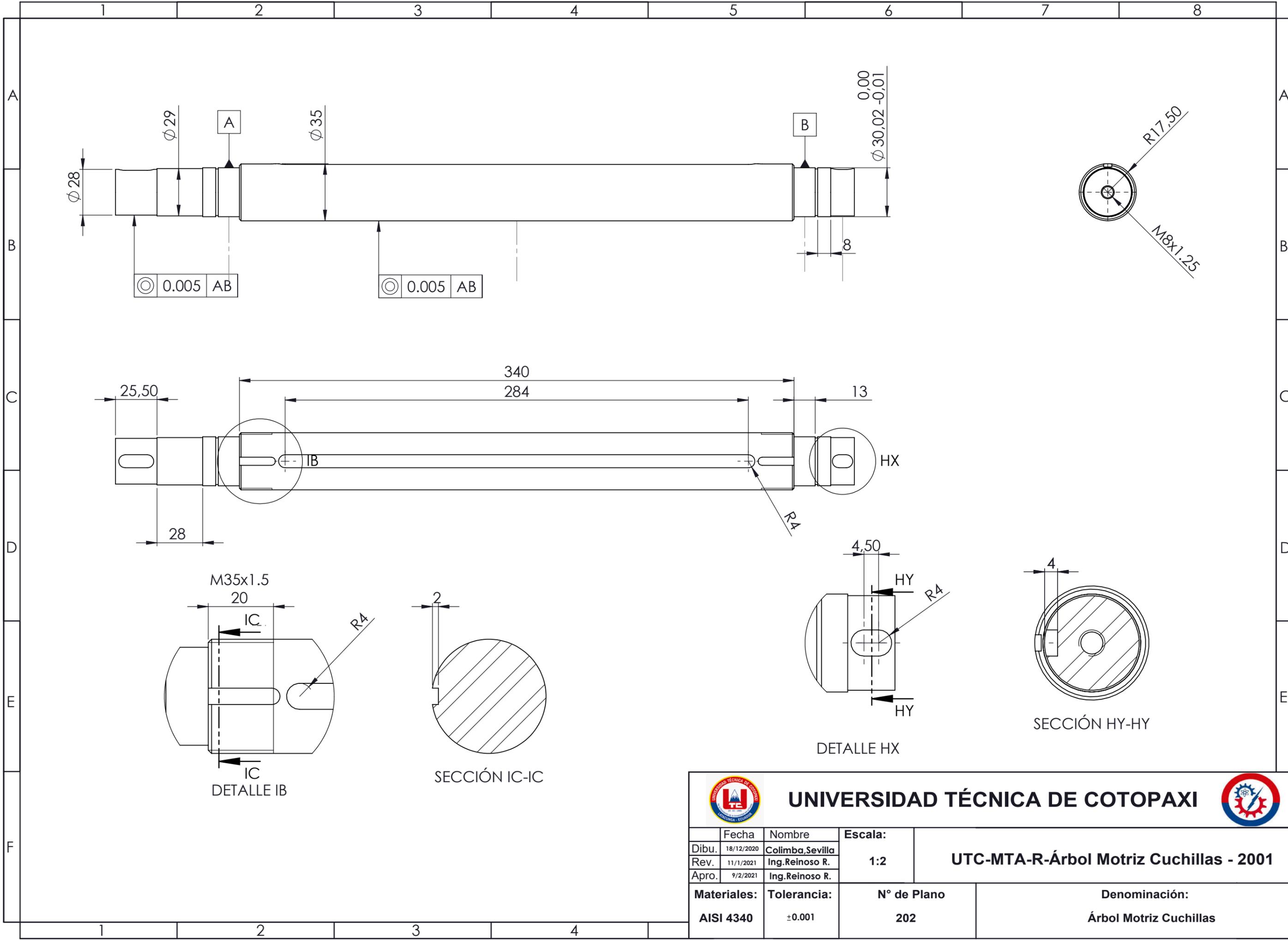


DETALLE HU

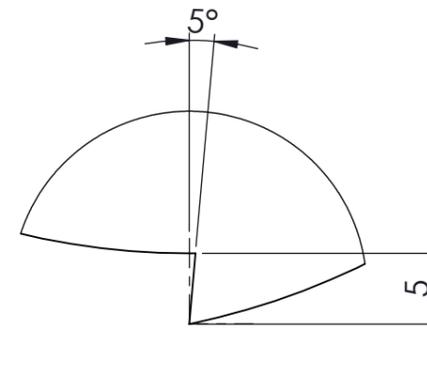
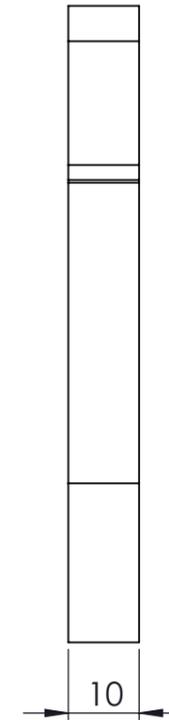
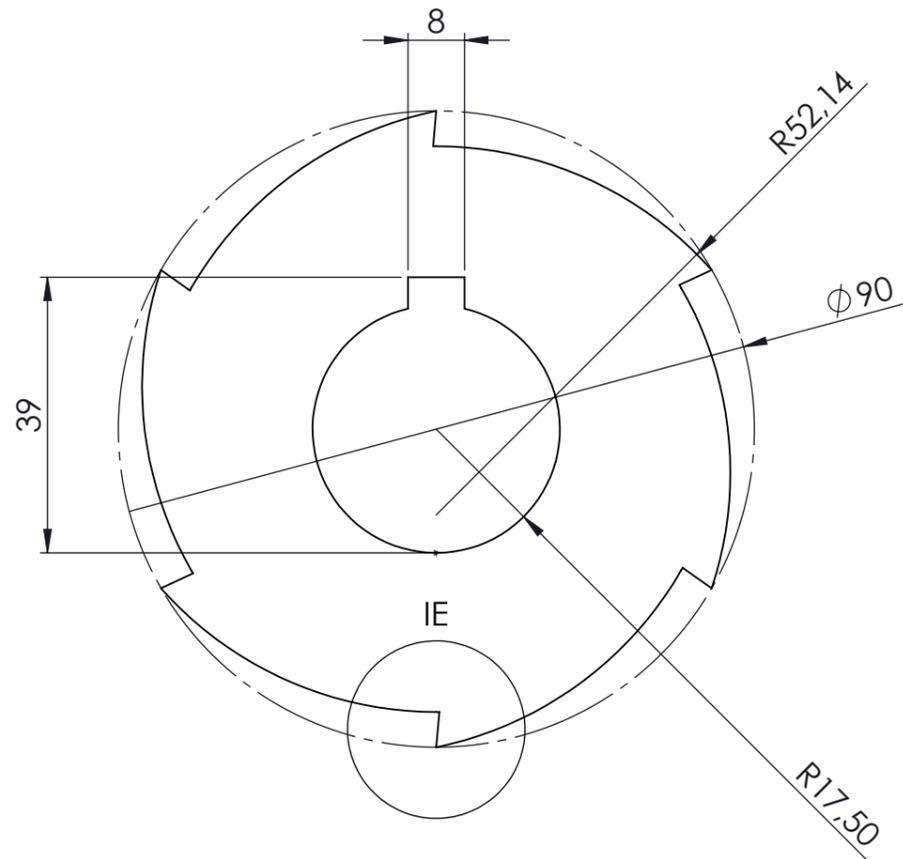


DETALLE HW

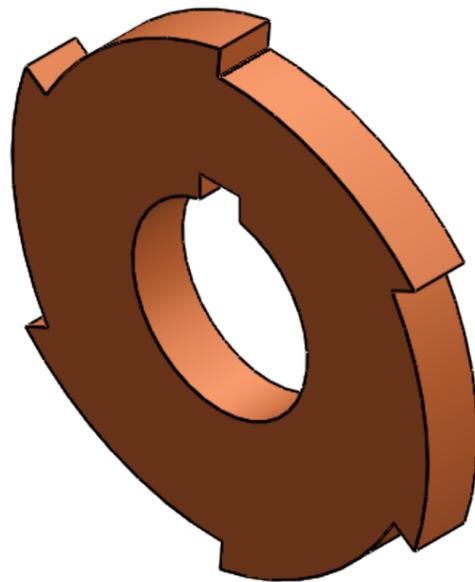
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 		UTC-MTA-R-002-2		
Fecha	Nombre	Escala:	N° de Plano	
Dibu.	Colimba, Sevilla			1:2
Rev.	Ing. Reinoso R.			
Apro.	Ing. Reinoso R.			
Materiales:		Tolerancia:	Denominación:	
		±0.001	Sistema Rodillo Motriz	



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 	
Materiales: AISI 4340	Tolerancia: $\pm 0,001$	N° de Plano: 202	Denominación: Árbol Motriz Cuchillas



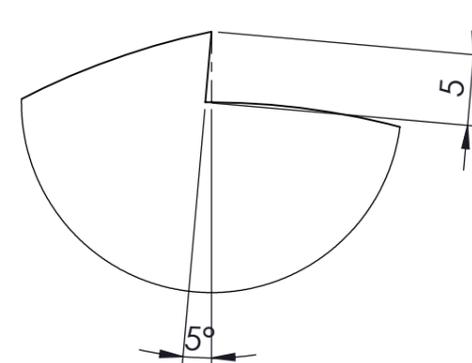
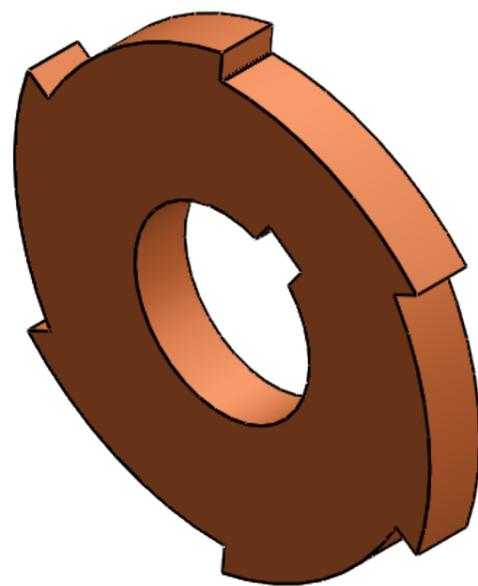
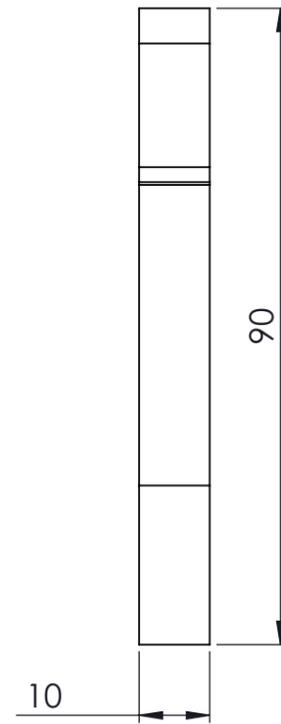
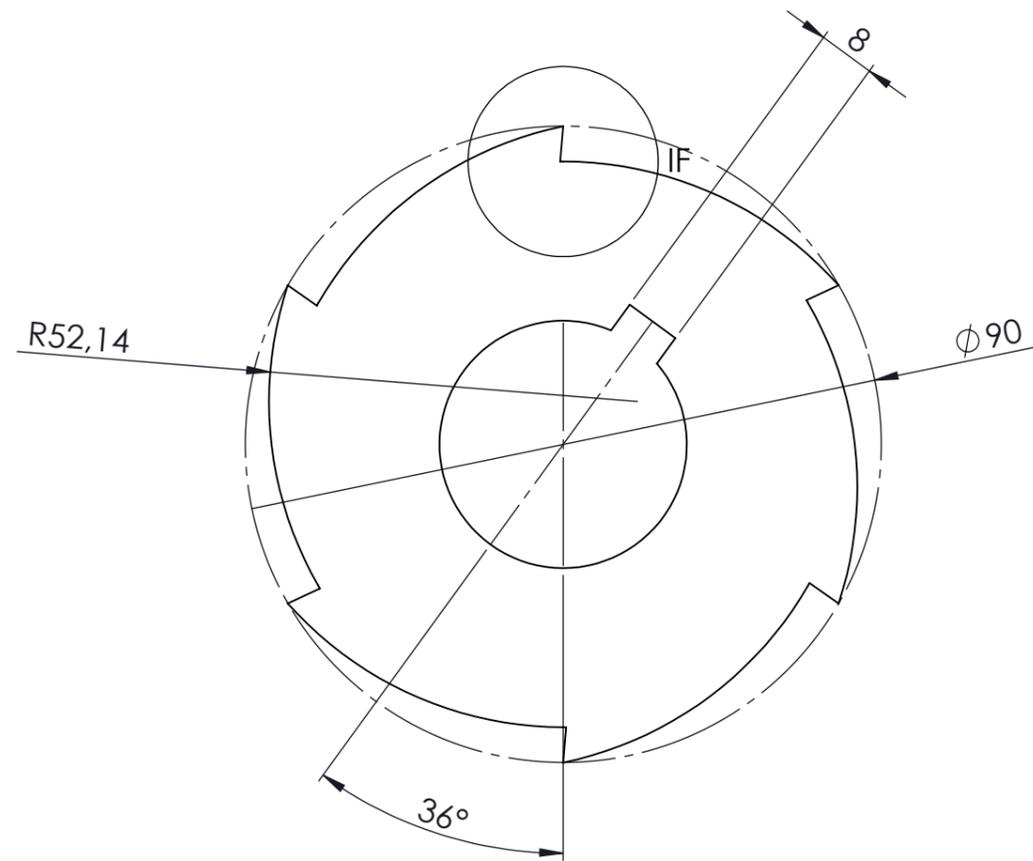
DETALLE IE
ESCALA 2 : 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibu.	18/12/2020	Colimba, Sevilla	Escala: 1:1	UTC-MTA-R-Cuchilla 1- 2002
Rev.	11/1/2021	Ing.Reinoso R.		
Apro.	9/2/2021	Ing.Reinoso R.		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
K100	±0.001	203	Cuchilla-1	



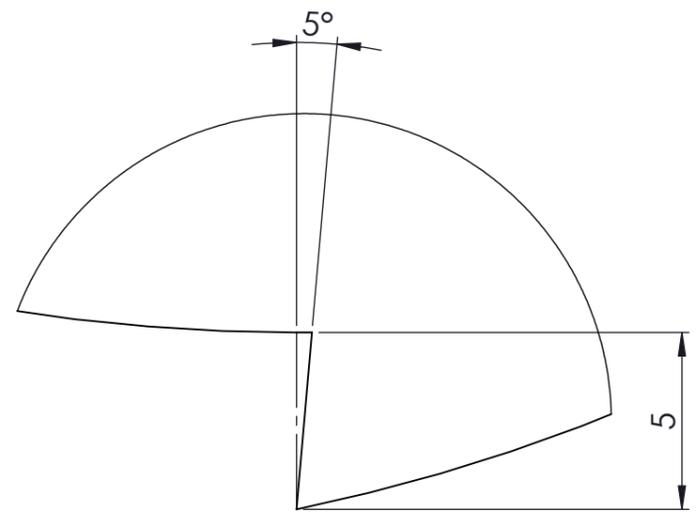
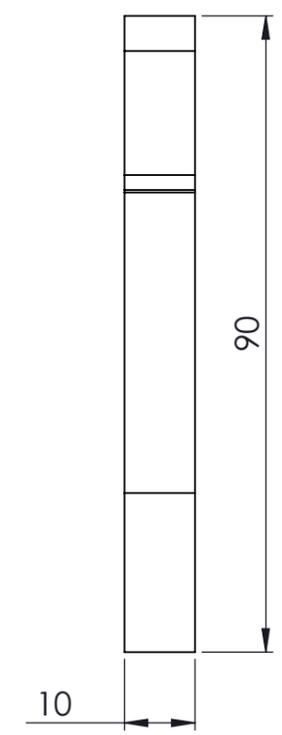
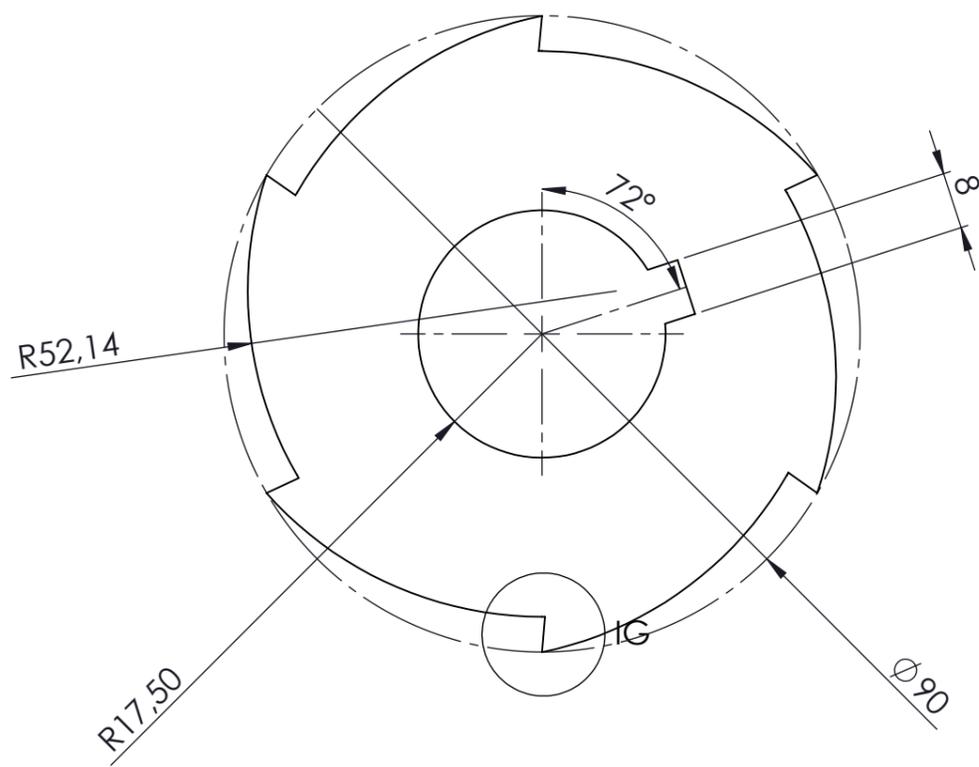
DETALLE IF
ESCALA 2 : 1



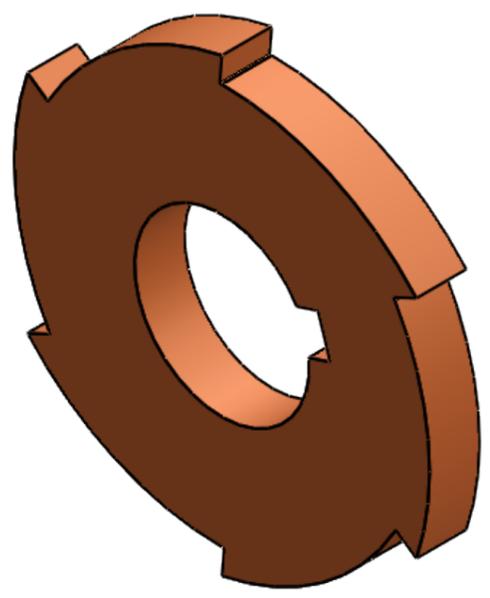
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibu.	18/12/2020	Colimba, Sevilla	Escala: 1:1	UTC-MTA-R-Cuchilla 2 - 2003
Rev.	11/1/2021	Ing.Reinoso R.		
Apro.	9/2/2021	Ing.Reinoso R.		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
K100	±0.001	204	Cuchilla-2	



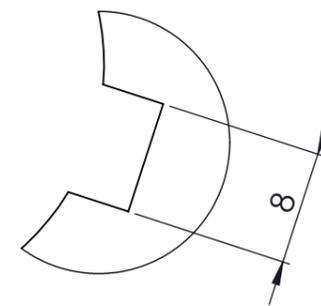
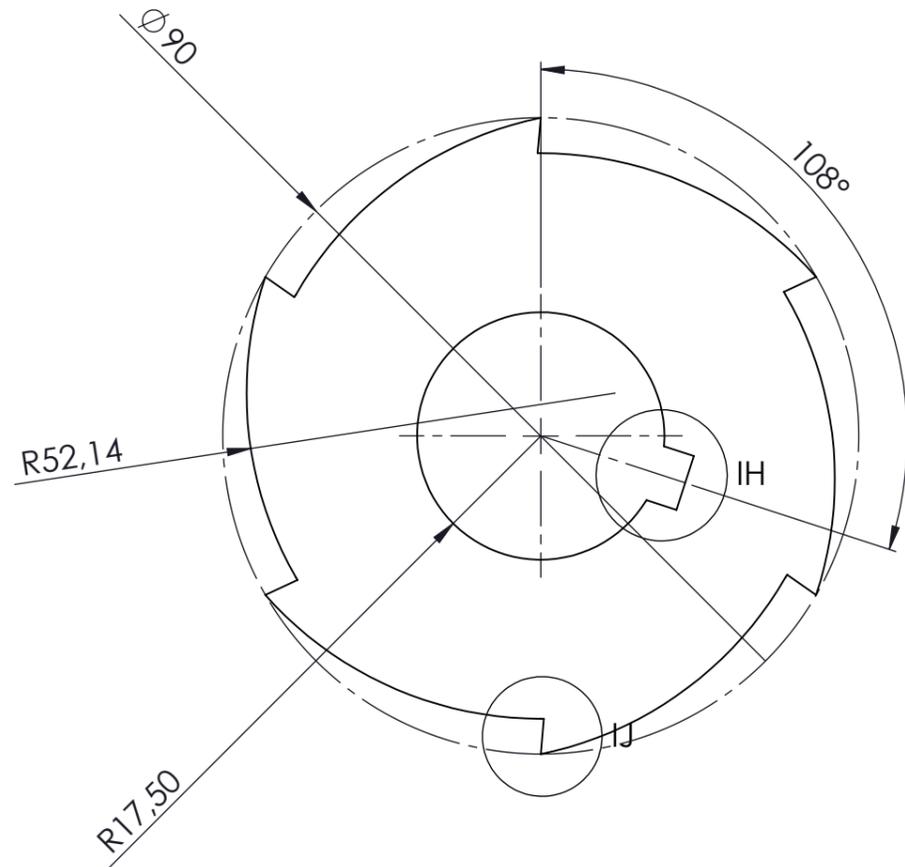
DETALLE IG
ESCALA 5 : 1



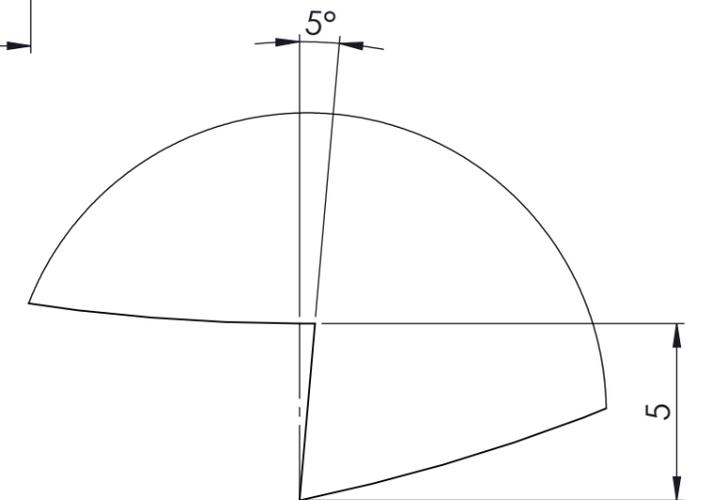
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



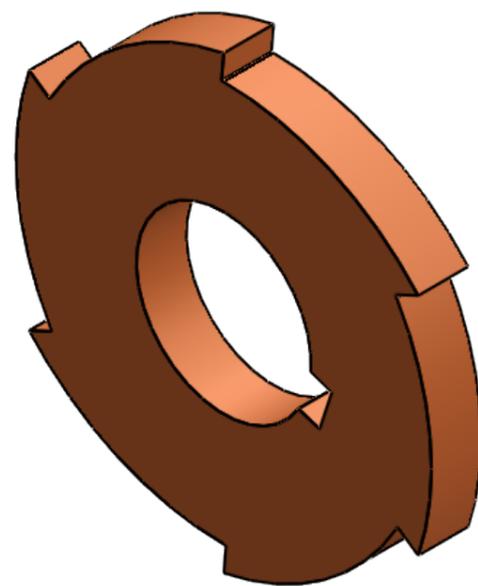
Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MTA-R-Cuchilla 3 - 2004
Dibu. 18/12/2020	Colimba, Sevilla	1:1	
Rev. 11/1/2021	Ing. Reinoso R.		
Apro. 9/2/2021	Ing. Reinoso R.	Nº de Plano	Denominación:
Materiales:	Tolerancia:	205	Cuchilla-3
K100	±0.001		



DETALLE IH
ESCALA 2 : 1



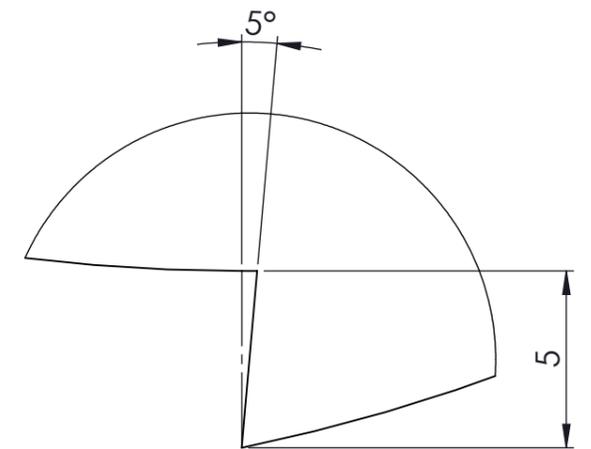
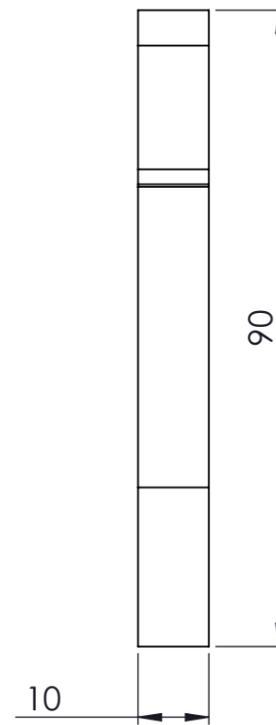
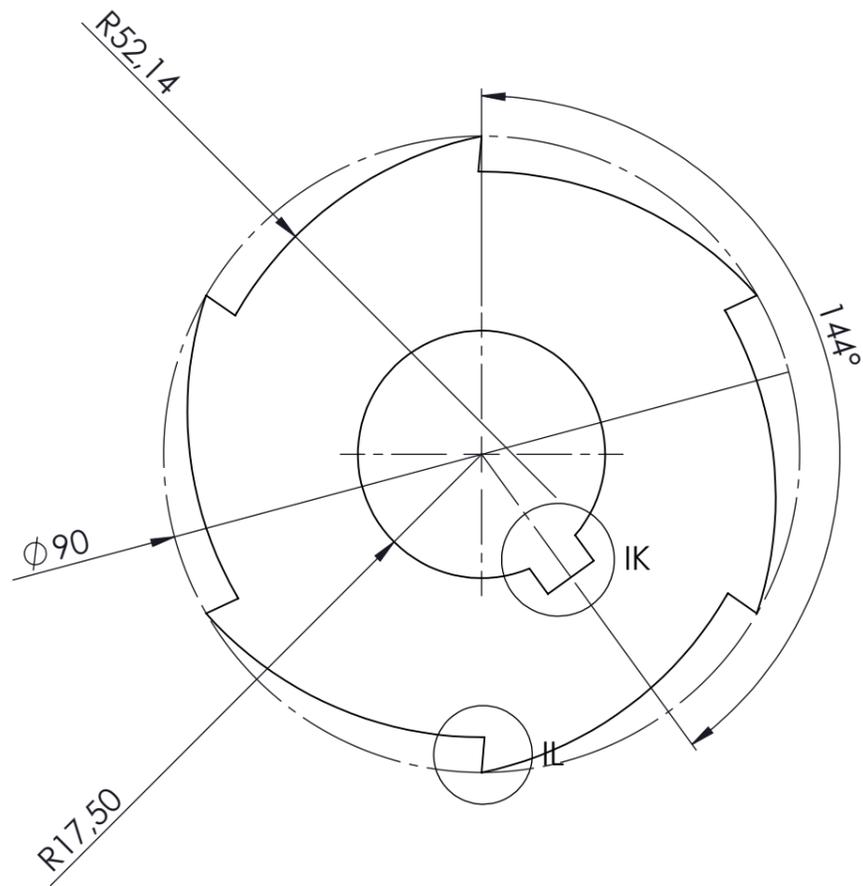
DETALLE IJ
ESCALA 5 : 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

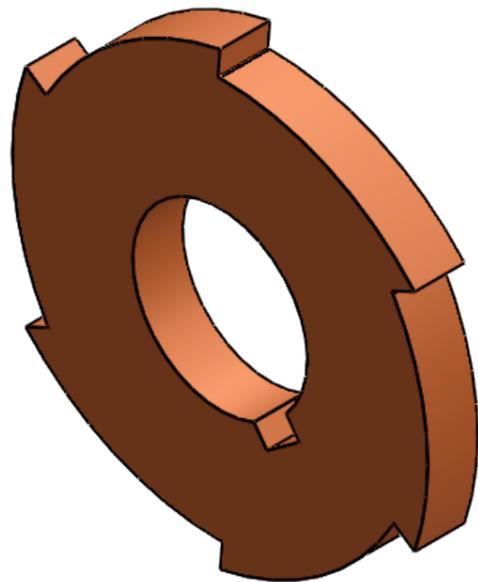


Dibu.	18/12/2020	Colimba, Sevilla	Escala: 1:1	UTC-MTA-R-Cuchilla 4 - 2005
Rev.	11/1/2021	Ing.Reinoso R.		
Apro.	9/2/2021	Ing.Reinoso R.		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
K100	±0.001	206	Cuchilla-4	



DETALLE IK
ESCALA 2 : 1

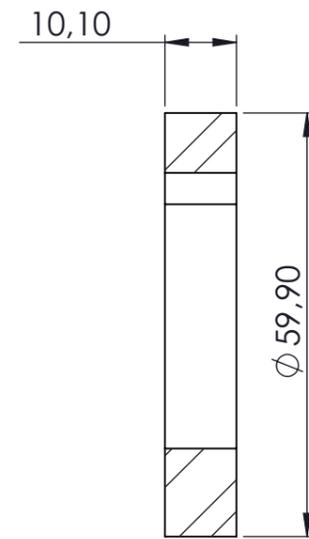
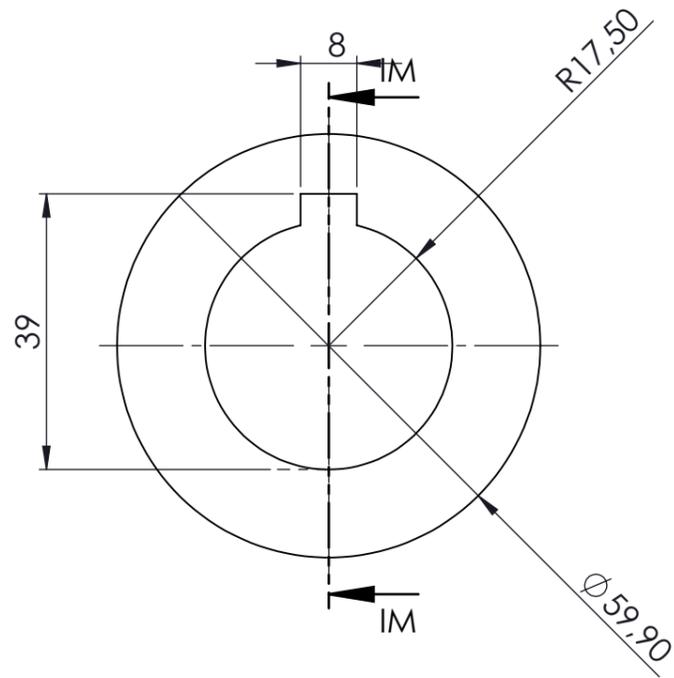
DETALLE IL
ESCALA 5 : 1



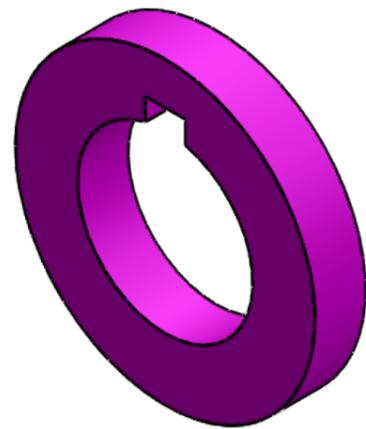
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibu.	18/12/2020	Colimba, Sevilla	Escala: 1:1	UTC-MTA-R-Cuchilla 5 - 2006
Rev.	11/1/2021	Ing.Reinoso R.		
Apro.	9/2/2021	Ing.Reinoso R.		
Materiales:	K100	Tolerancia: ± 0.001	N° de Plano 207	Denominación: Cuchilla-5



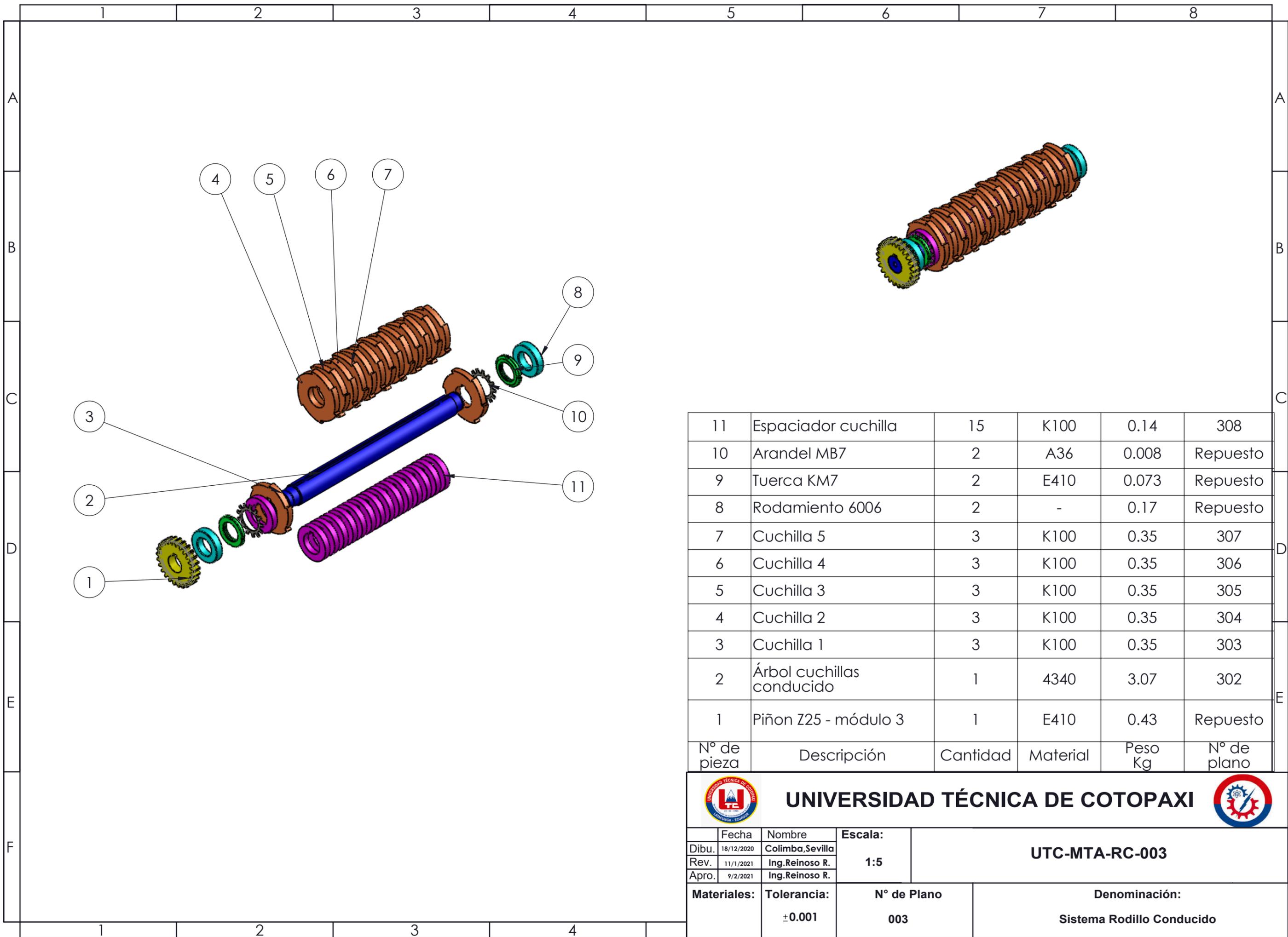
SECCIÓN IM-IM



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibu.	18/12/2020	Colimba, Sevilla	Escala: 1:1	UTC-MTA-R-Espaciador Cuchilla - 2007
Rev.	11/1/2021	Ing.Reinoso R.		
Apro.	9/2/2021	Ing.Reinoso R.		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
K100	±0.001	208	Espaciador Cuchilla	



11	Espaciador cuchilla	15	K100	0.14	308
10	Arandel MB7	2	A36	0.008	Repuesto
9	Tuerca KM7	2	E410	0.073	Repuesto
8	Rodamiento 6006	2	-	0.17	Repuesto
7	Cuchilla 5	3	K100	0.35	307
6	Cuchilla 4	3	K100	0.35	306
5	Cuchilla 3	3	K100	0.35	305
4	Cuchilla 2	3	K100	0.35	304
3	Cuchilla 1	3	K100	0.35	303
2	Árbol cuchillas conducido	1	4340	3.07	302
1	Piñon Z25 - módulo 3	1	E410	0.43	Repuesto
Nº de pieza	Descripción	Cantidad	Material	Peso Kg	Nº de plano



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

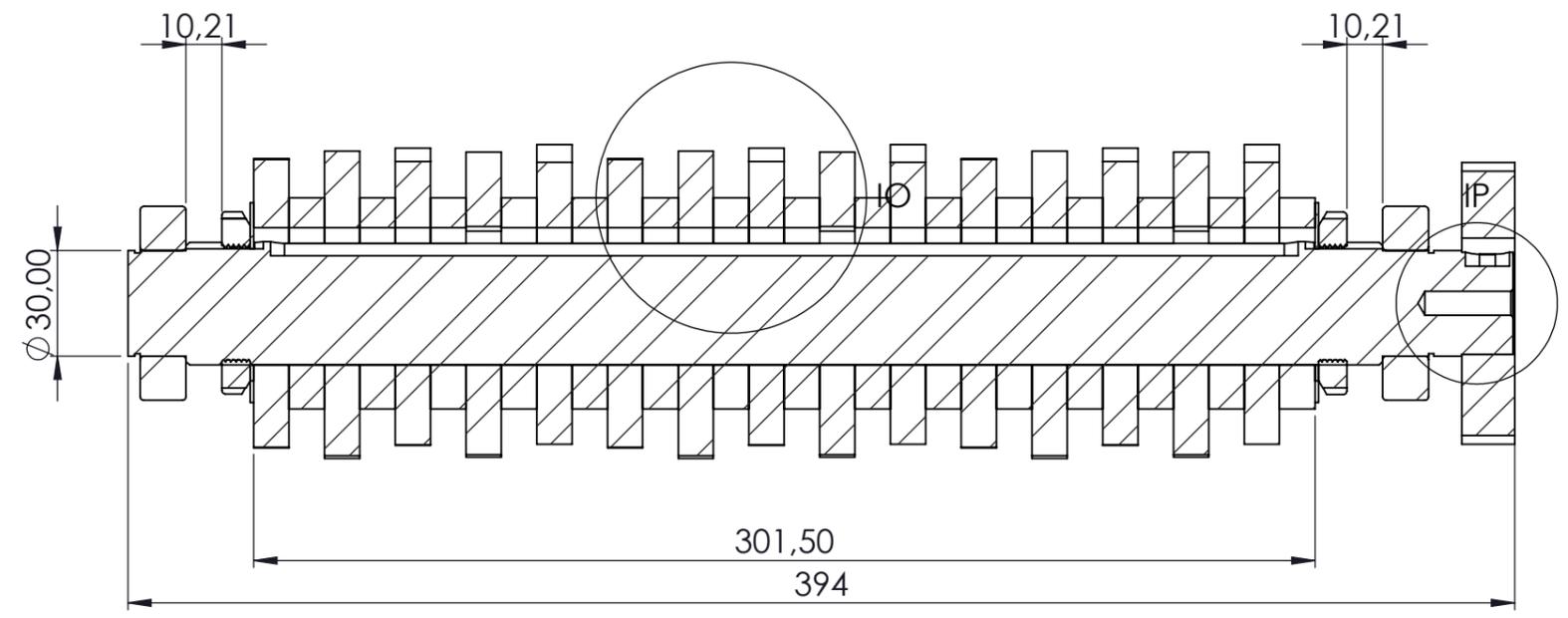
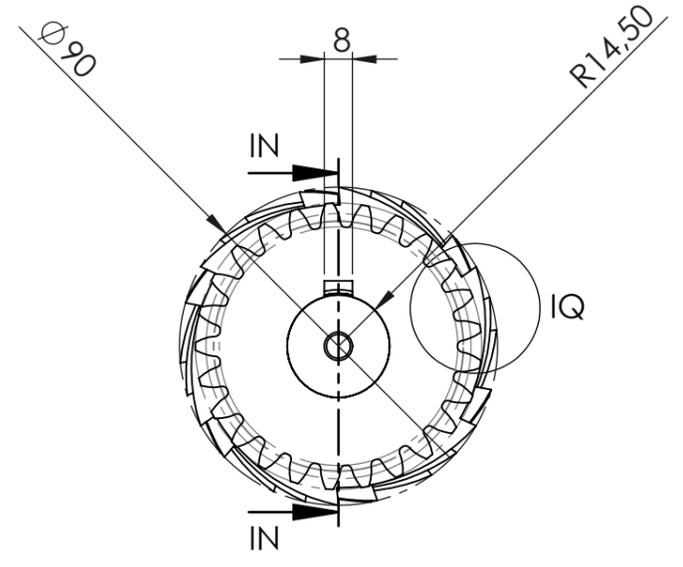


Dibu.	18/12/2020	Nombre	Colimba, Sevilla	Escala: 1:5	UTC-MTA-RC-003
Rev.	11/1/2021	Ing. Reinoso R.			
Apro.	9/2/2021	Ing. Reinoso R.			
Materiales:		Tolerancia:		Nº de Plano	Denominación:
		±0.001		003	Sistema Rodillo Conducido

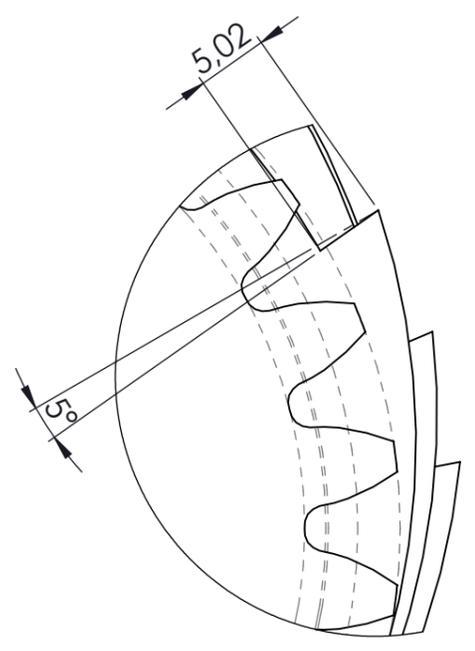
1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F

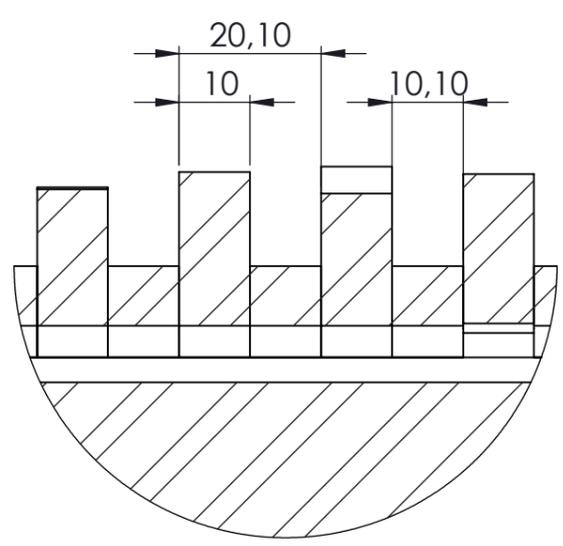
A
B
C
D
E
F



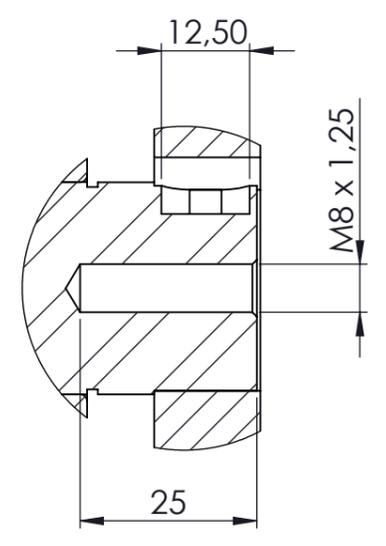
SECCIÓN IN-IN
ESCALA 1 : 2



DETALLE IQ
ESCALA 2 : 1



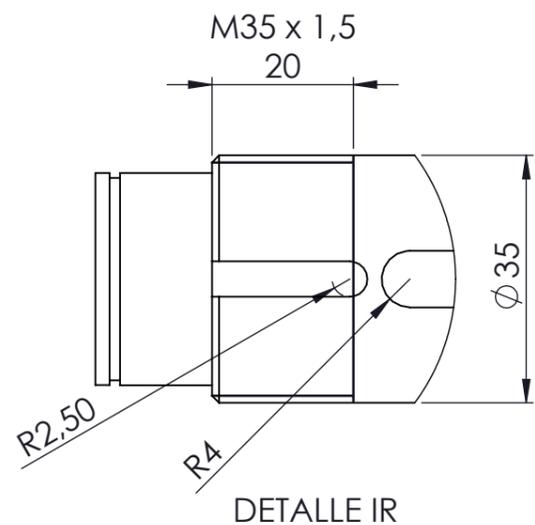
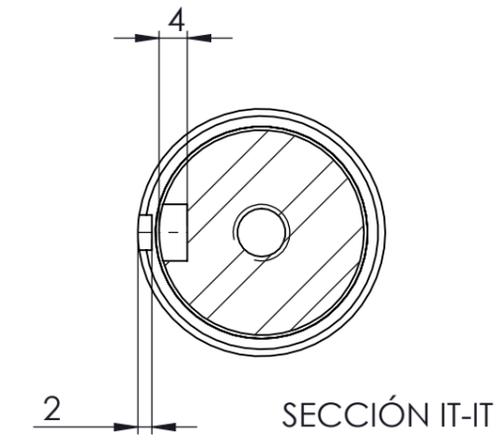
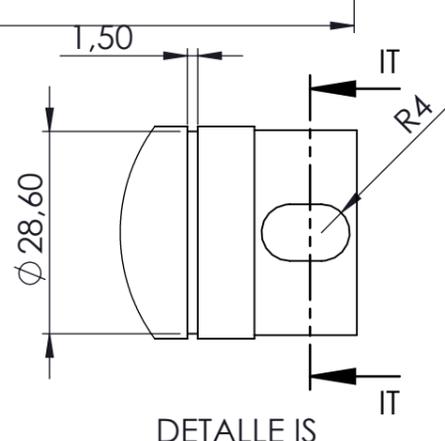
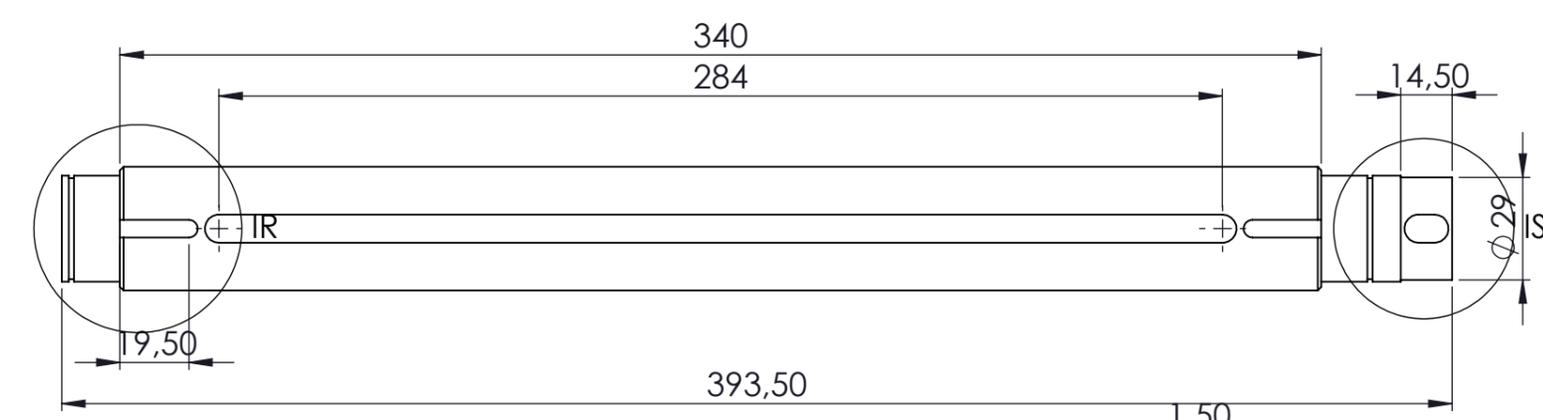
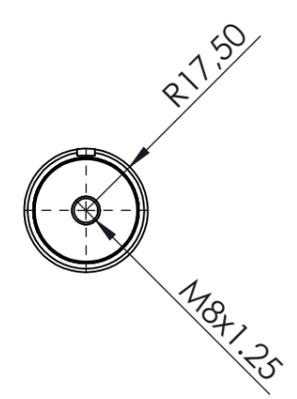
DETALLE IO



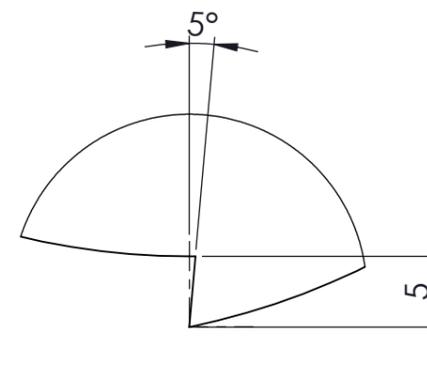
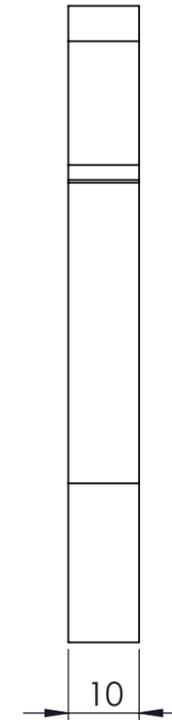
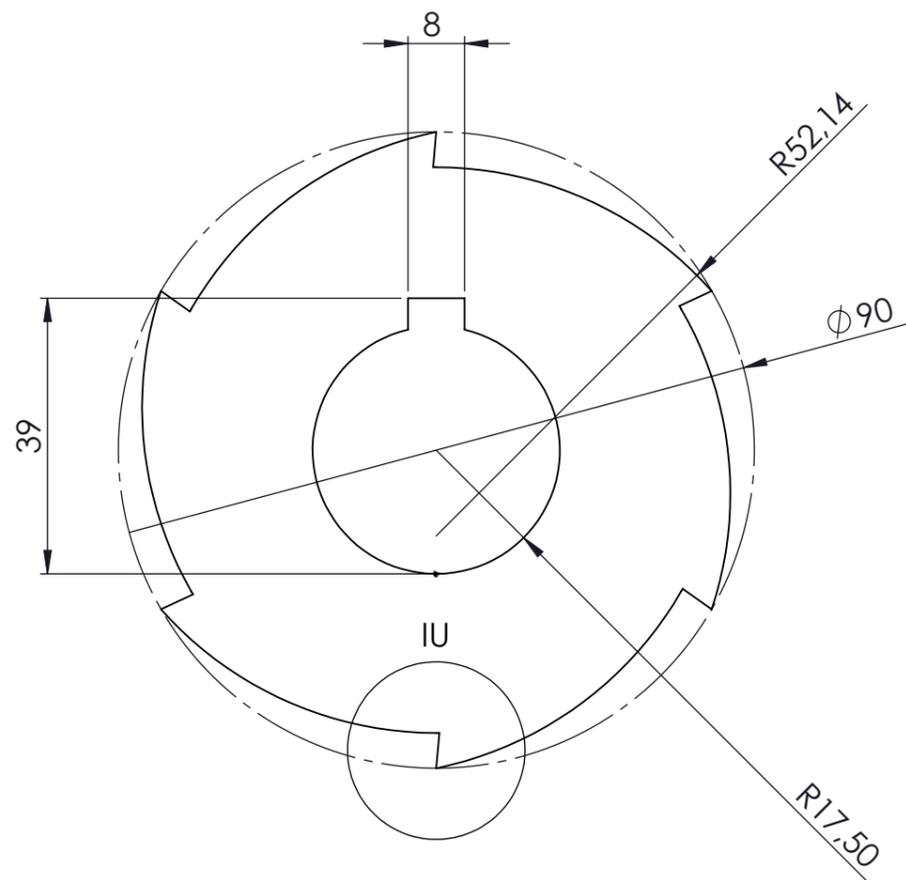
DETALLE IP

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 	
Dibu.: 18/12/2020 Rev.: 11/1/2021 Apro.: 9/2/2021	Ing. Reinoso R. Ing. Reinoso R.	N° de Plano: 301	Denominación: Sistema Rodillo Conducido
Materiales:		Tolerancia: ±0.001	

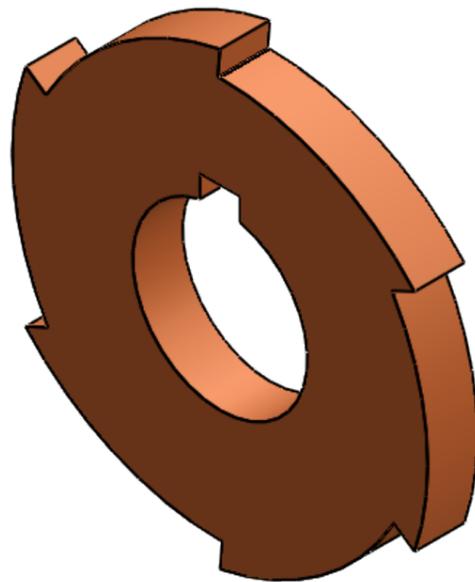
1 2 3 4



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 														
<table border="1"> <tr> <td>Fecha</td> <td>Nombre</td> <td rowspan="3">Escala:</td> <td rowspan="3">UTC-MTA-RC-Árbol Cuchillas Conducido - 3001</td> </tr> <tr> <td>Dibu. 18/12/2020</td> <td>Colimba, Sevilla</td> </tr> <tr> <td>Rev. 11/1/2021</td> <td>Ing. Reinoso R.</td> </tr> <tr> <td>Apro. 9/2/2021</td> <td>Ing. Reinoso R.</td> <td>1:2</td> <td></td> </tr> </table>	Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MTA-RC-Árbol Cuchillas Conducido - 3001	Dibu. 18/12/2020	Colimba, Sevilla	Rev. 11/1/2021	Ing. Reinoso R.	Apro. 9/2/2021	Ing. Reinoso R.	1:2			
Fecha	Nombre	Escala:			UTC-MTA-RC-Árbol Cuchillas Conducido - 3001									
Dibu. 18/12/2020	Colimba, Sevilla													
Rev. 11/1/2021	Ing. Reinoso R.													
Apro. 9/2/2021	Ing. Reinoso R.	1:2												
<table border="1"> <tr> <td>Materiales:</td> <td>Tolerancia:</td> <td>Nº de Plano</td> <td>Denominación:</td> </tr> <tr> <td>AISI 4340</td> <td>±0.001</td> <td>302</td> <td>Árbol Cuchillas Conducido</td> </tr> </table>	Materiales:	Tolerancia:	Nº de Plano	Denominación:	AISI 4340	±0.001	302	Árbol Cuchillas Conducido						
Materiales:	Tolerancia:	Nº de Plano	Denominación:											
AISI 4340	±0.001	302	Árbol Cuchillas Conducido											



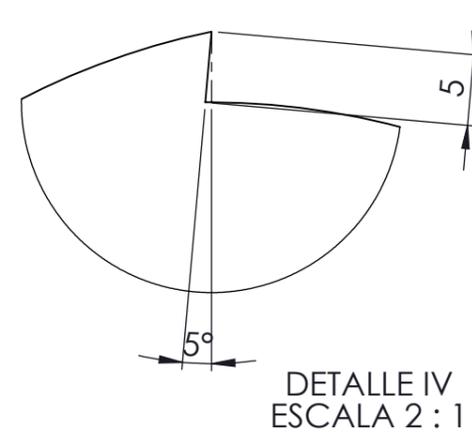
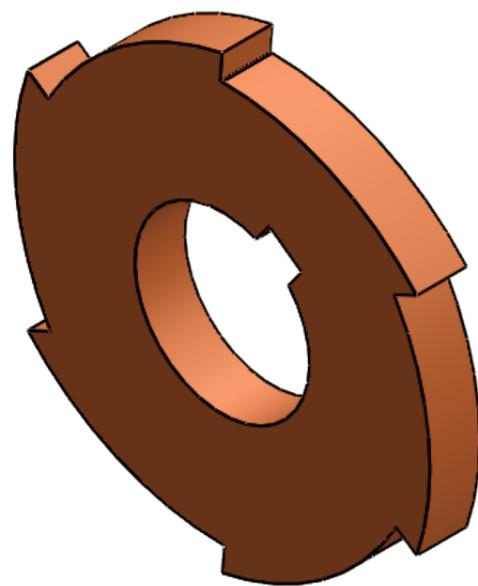
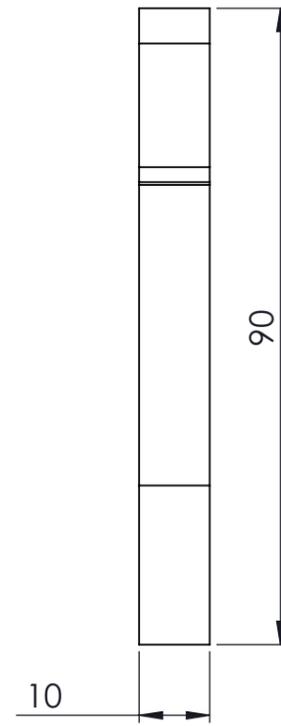
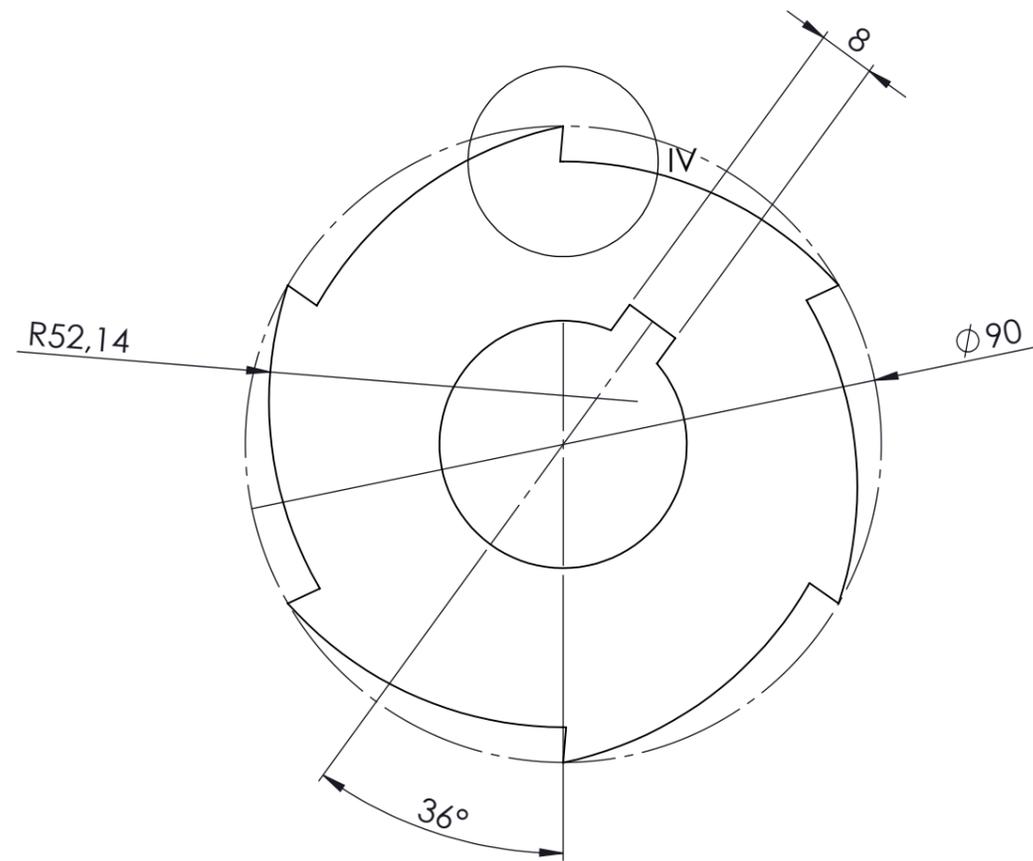
DETALLE IU
ESCALA 2 : 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



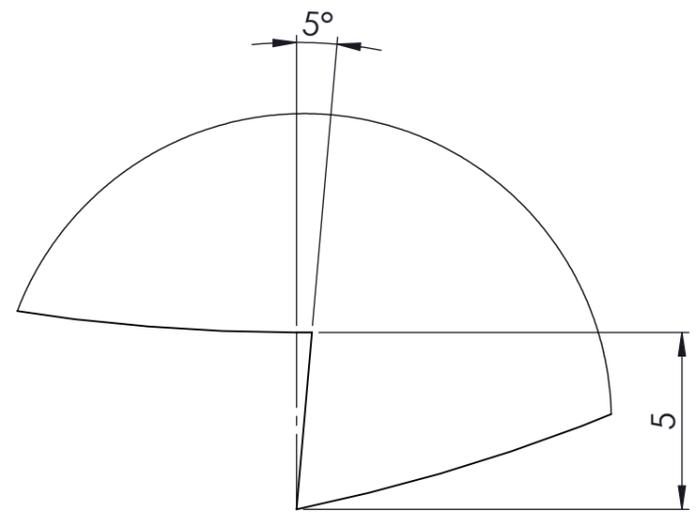
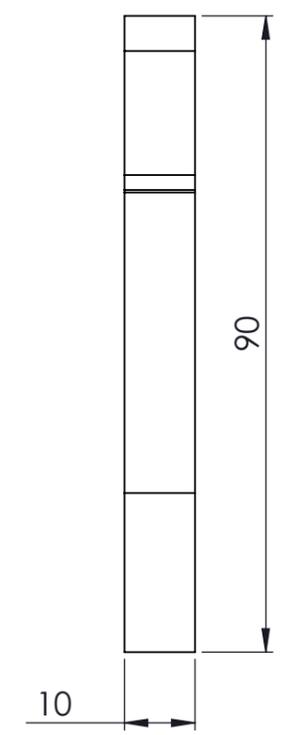
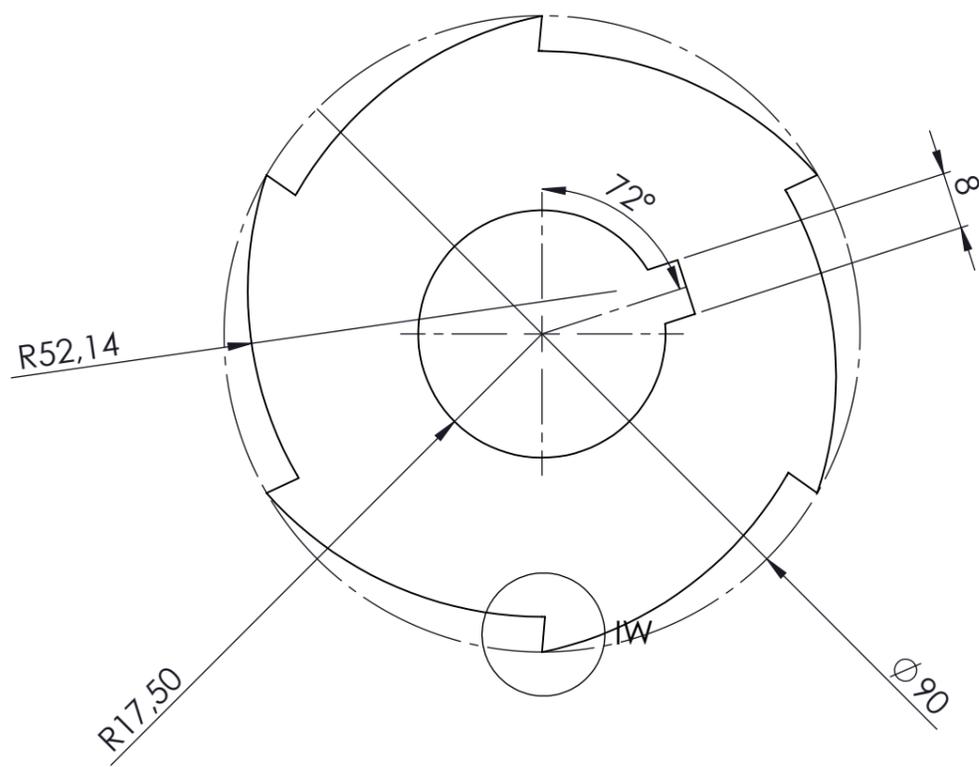
Dibu.	18/12/2020	Colimba, Sevilla	Escala: 1:1	UTC-MTA-RC-Cuchilla 1- 3002
Rev.	11/1/2021	Ing.Reinoso R.		
Apro.	9/2/2021	Ing.Reinoso R.		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
K100	±0.001	303	Cuchilla-1	



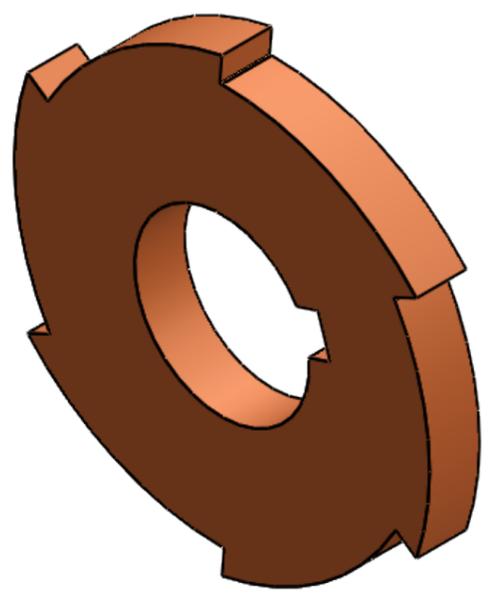
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibu.	18/12/2020	Colimba, Sevilla	Escala: 1:1	UTC-MTA-R-Cuchilla 2- 3003
Rev.	11/1/2021	Ing.Reinoso R.		
Apro.	9/2/2021	Ing.Reinoso R.		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
K100	±0.001	304	Cuchilla-2	



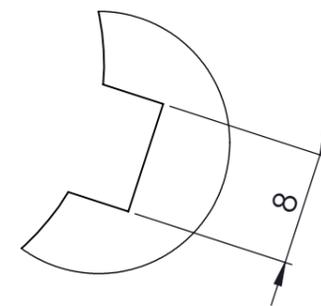
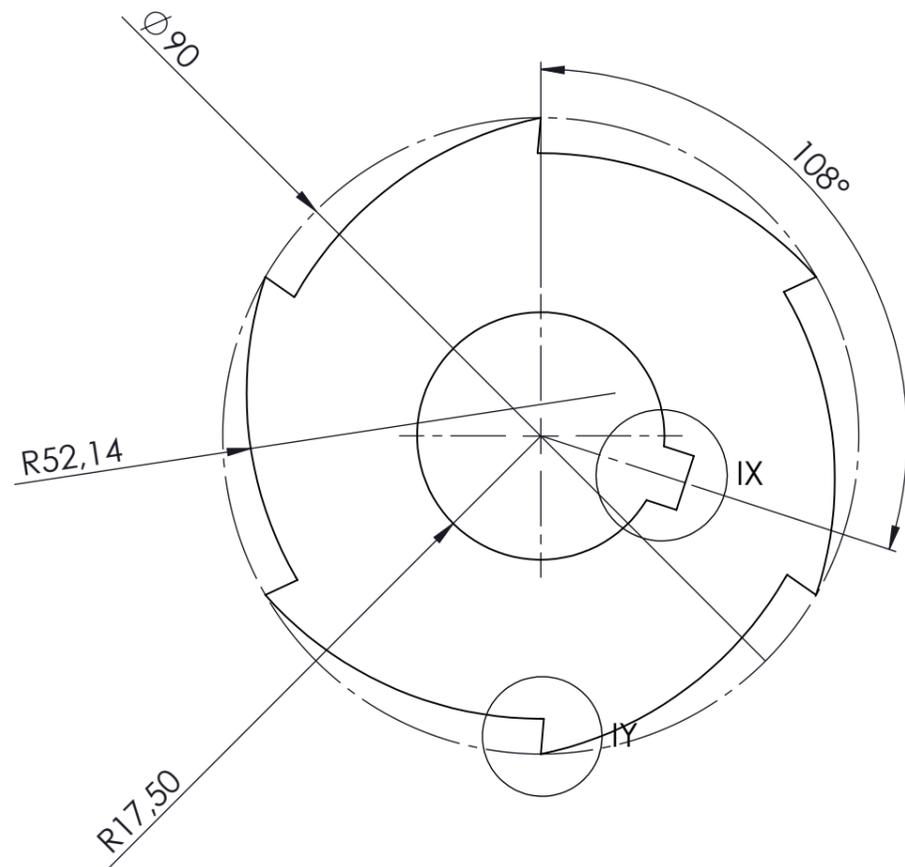
DETALLE IW
ESCALA 5 : 1



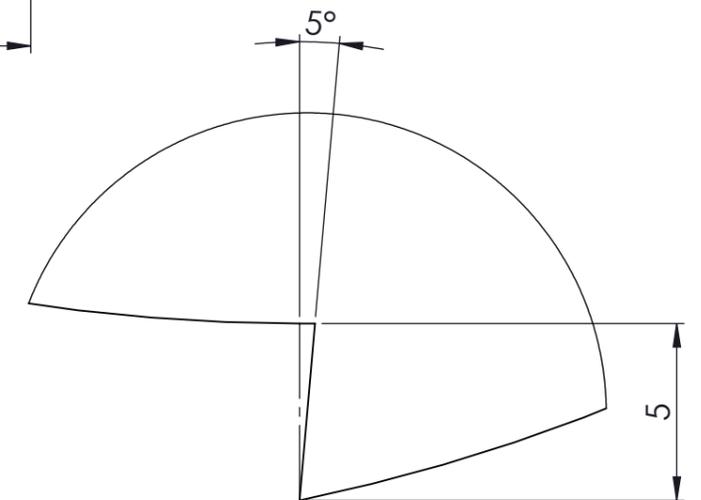
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



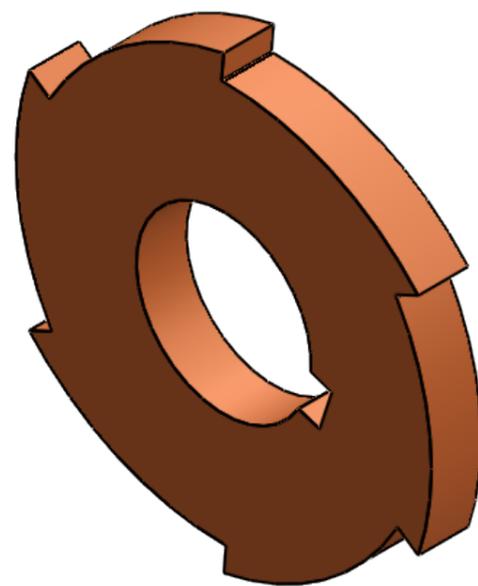
Dibu.	18/12/2020	Colimba, Sevilla	Escala: 1:1	UTC-MTA-R-Cuchilla 3 - 3004
Rev.	11/1/2021	Ing.Reinoso R.		
Apro.	9/2/2021	Ing.Reinoso R.		
Materiales:	K100	Tolerancia: ±0.001	N° de Plano 305	Denominación: Cuchilla-3



DETALLE IX
ESCALA 2 : 1



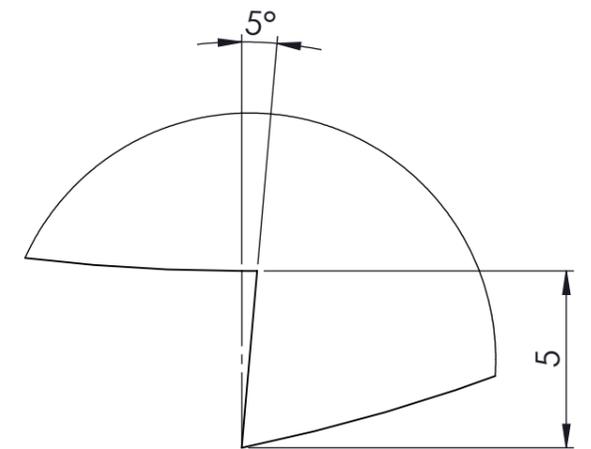
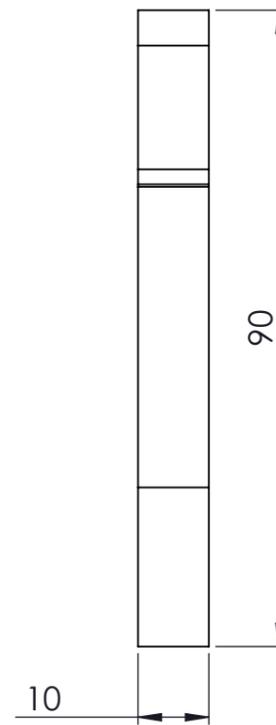
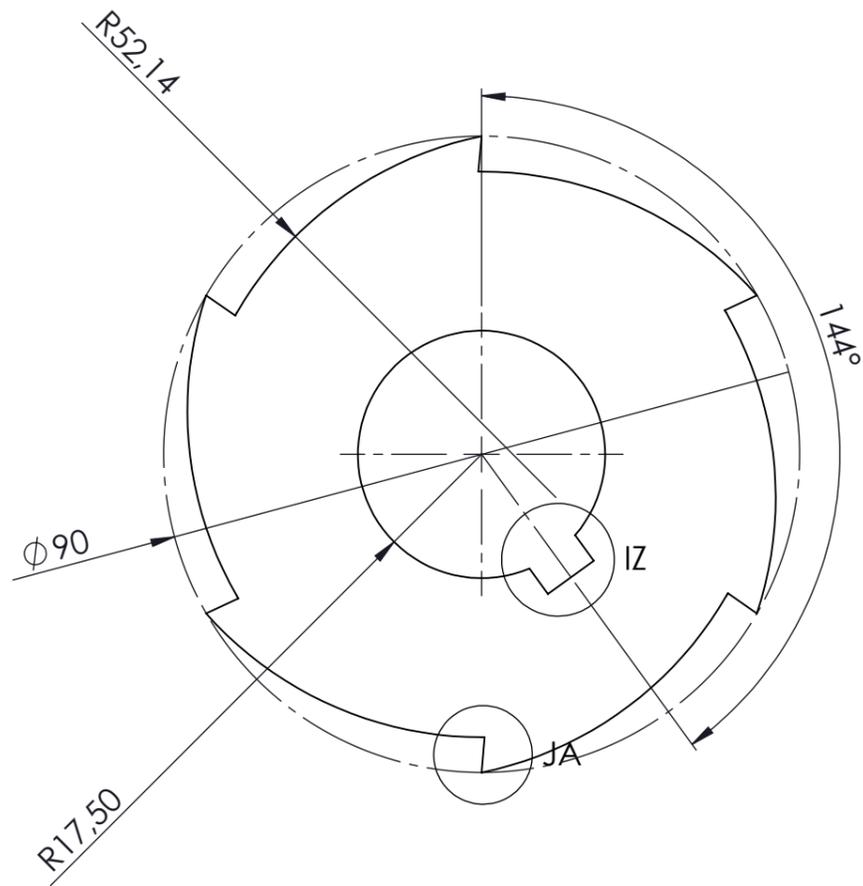
DETALLE IY
ESCALA 5 : 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

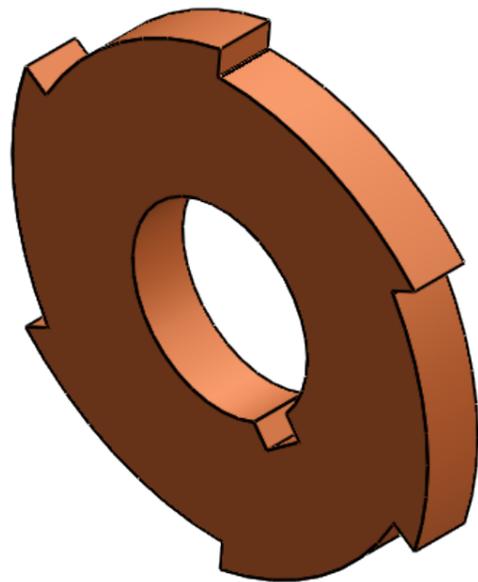


Dibu.	18/12/2020	Colimba, Sevilla	Escala: 1:1	UTC-MTA-R-Cuchilla 4 - 3005
Rev.	11/1/2021	Ing. Reinoso R.		
Apro.	9/2/2021	Ing. Reinoso R.		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
K100	±0.001	306	Cuchilla-4	



DETALLE IZ
ESCALA 2 : 1

DETALLE JA
ESCALA 5 : 1

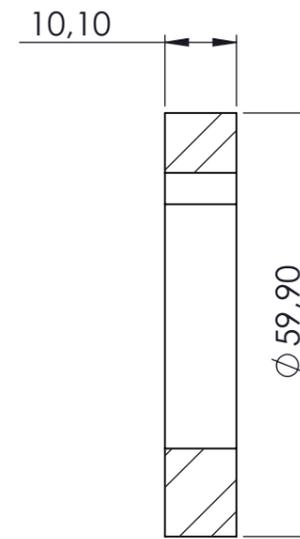
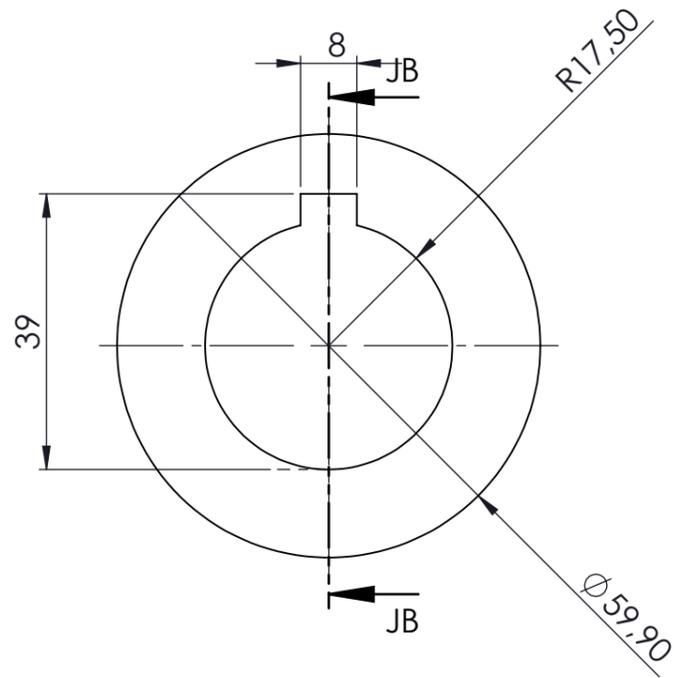


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

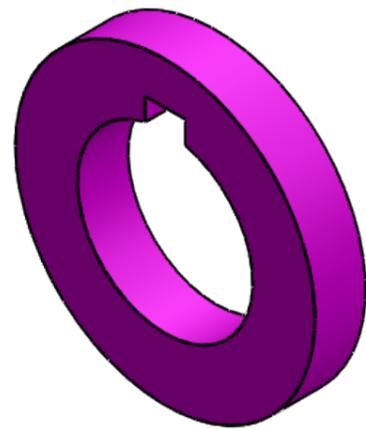


Dibu.	18/12/2020	Nombre	Colimba, Sevilla	Escala:	1:1	N° de Plano	Denominación:
Rev.	11/1/2021	Ing. Reinoso R.					
Apro.	9/2/2021	Ing. Reinoso R.					
Materiales:		Tolerancia:		N° de Plano		Denominación:	
K100		± 0.001		307		Cuchilla-5	

UTC-MTA-R-Cuchilla 5 - 3006



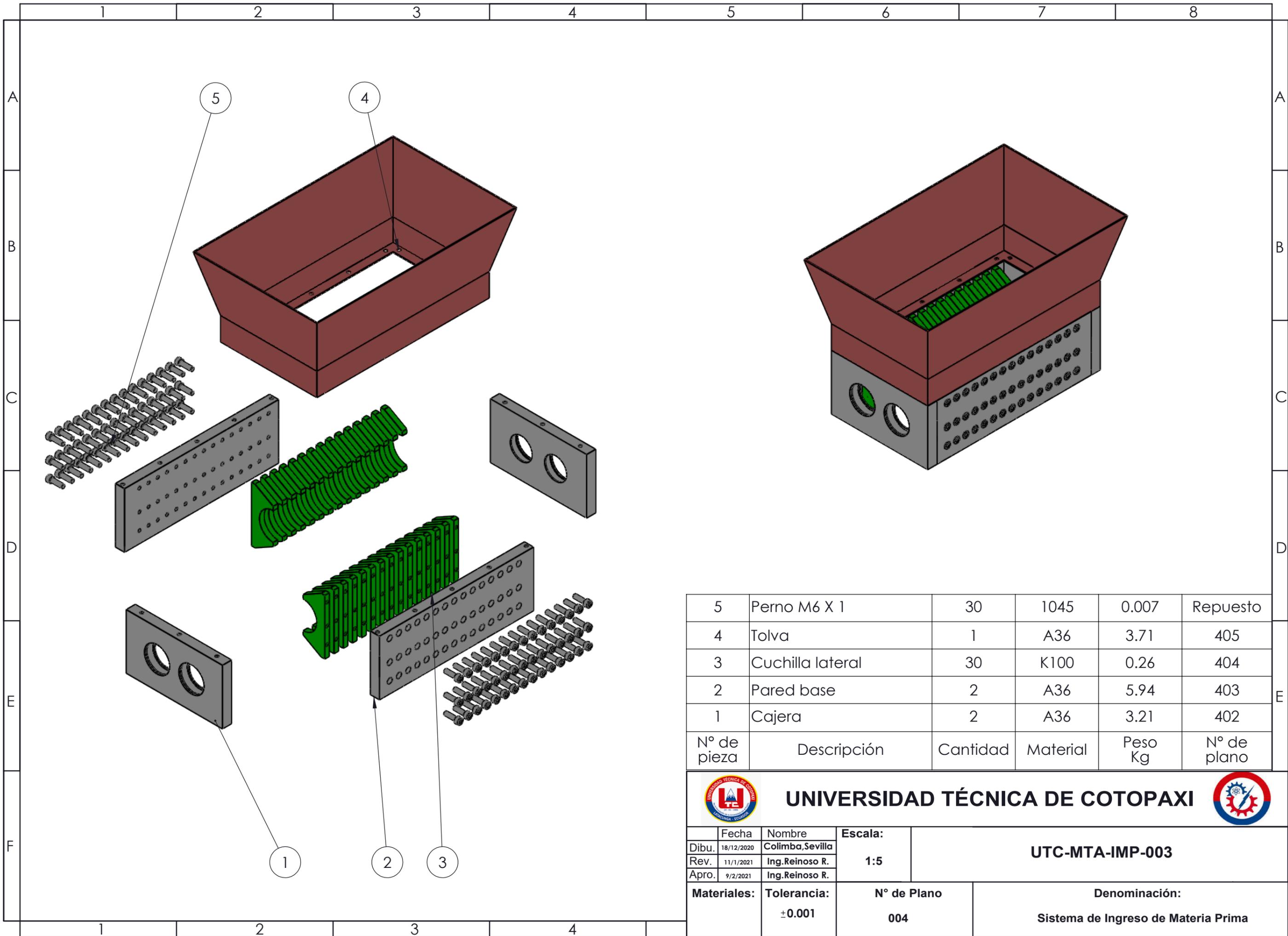
SECCIÓN JB-JB



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibu.	18/12/2020	Colimba, Sevilla	Escala: 1:1	UTC-MTA-R-Espaciador Cuchilla - 3007
Rev.	11/1/2021	Ing. Reinoso R.		
Apro.	9/2/2021	Ing. Reinoso R.		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
K100	± 0.001	308	Espaciador Cuchilla	



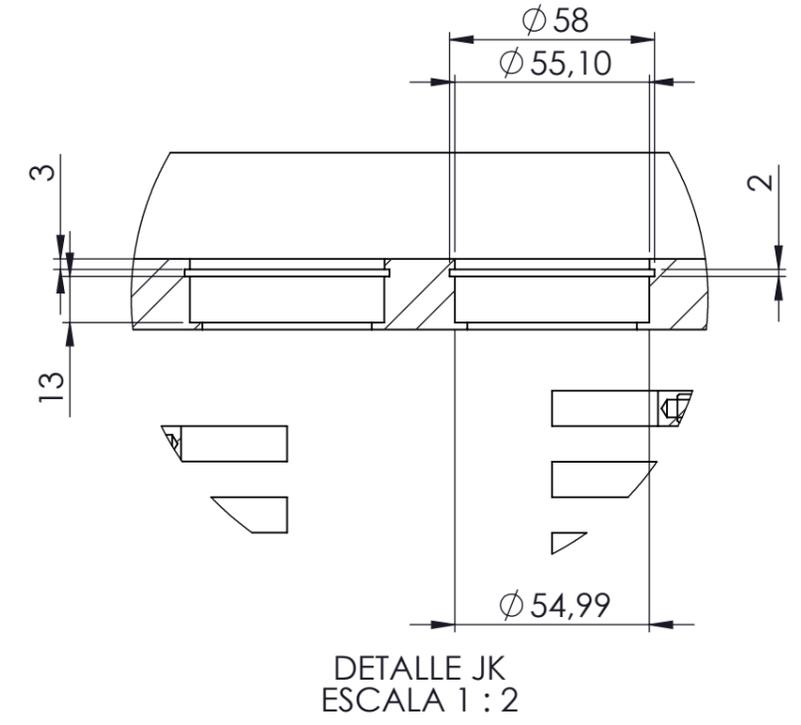
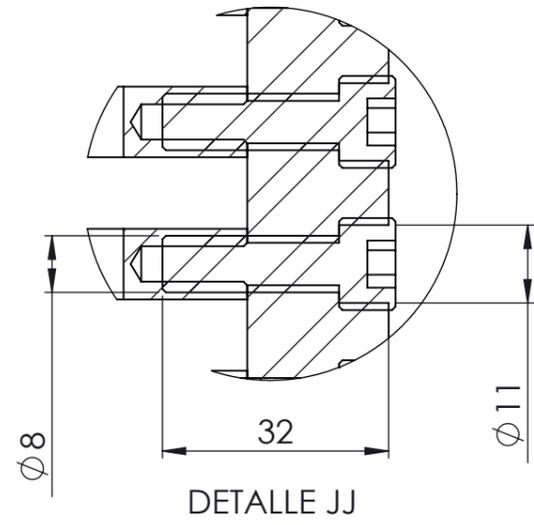
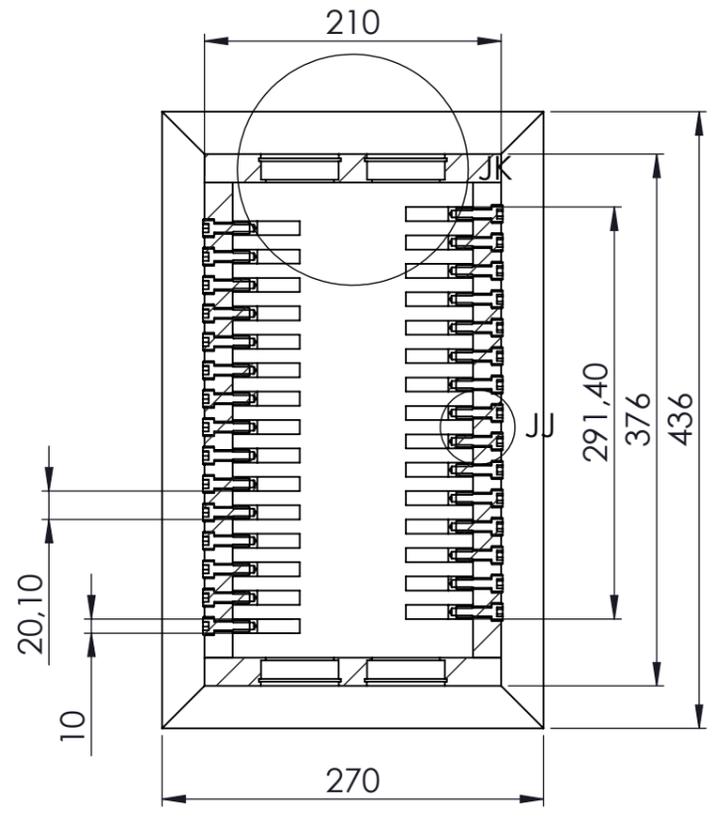
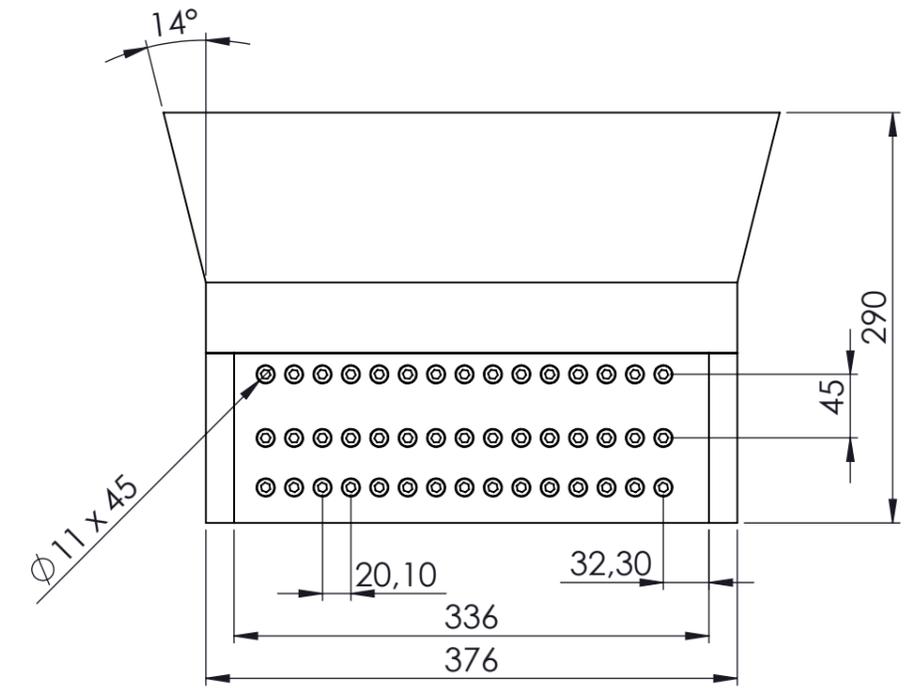
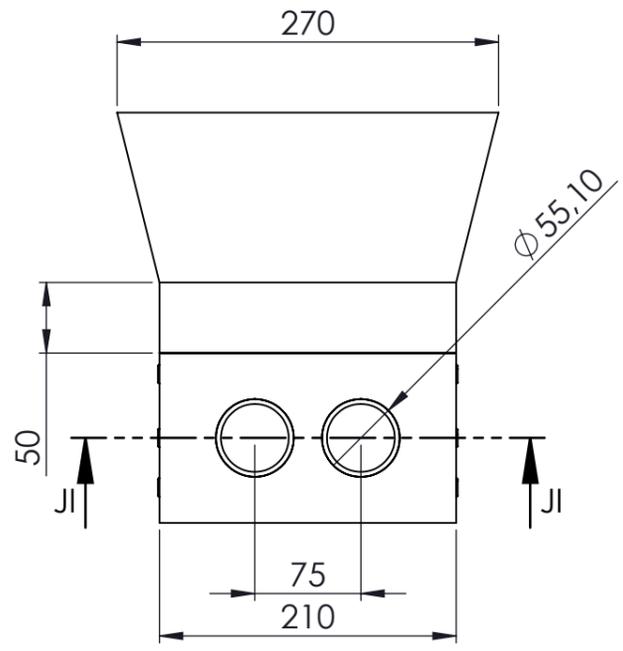
N° de pieza	Descripción	Cantidad	Material	Peso Kg	N° de plano
5	Perno M6 X 1	30	1045	0.007	Repuesto
4	Tolva	1	A36	3.71	405
3	Cuchilla lateral	30	K100	0.26	404
2	Pared base	2	A36	5.94	403
1	Cajera	2	A36	3.21	402



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibu.	18/12/2020	Nombre	Colimba, Sevilla	Escala:	UTC-MTA-IMP-003
Rev.	11/1/2021	Ing. Reinoso R.		1:5	
Apro.	9/2/2021	Ing. Reinoso R.			
Materiales:		Tolerancia:		N° de Plano	Denominación:
		±0.001		004	Sistema de Ingreso de Materia Prima

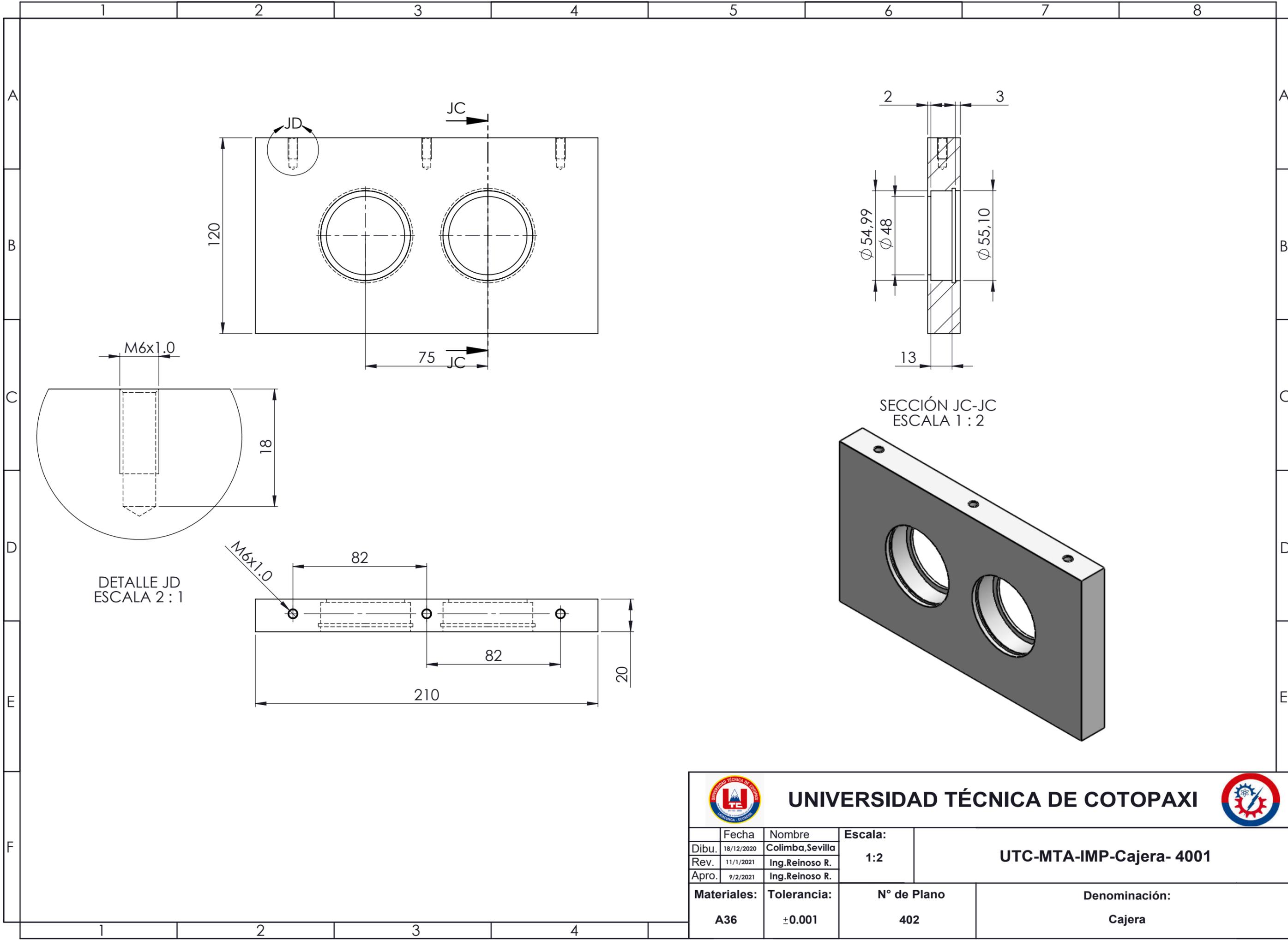


SECCIÓN JI-JI
ESCALA 1 : 5

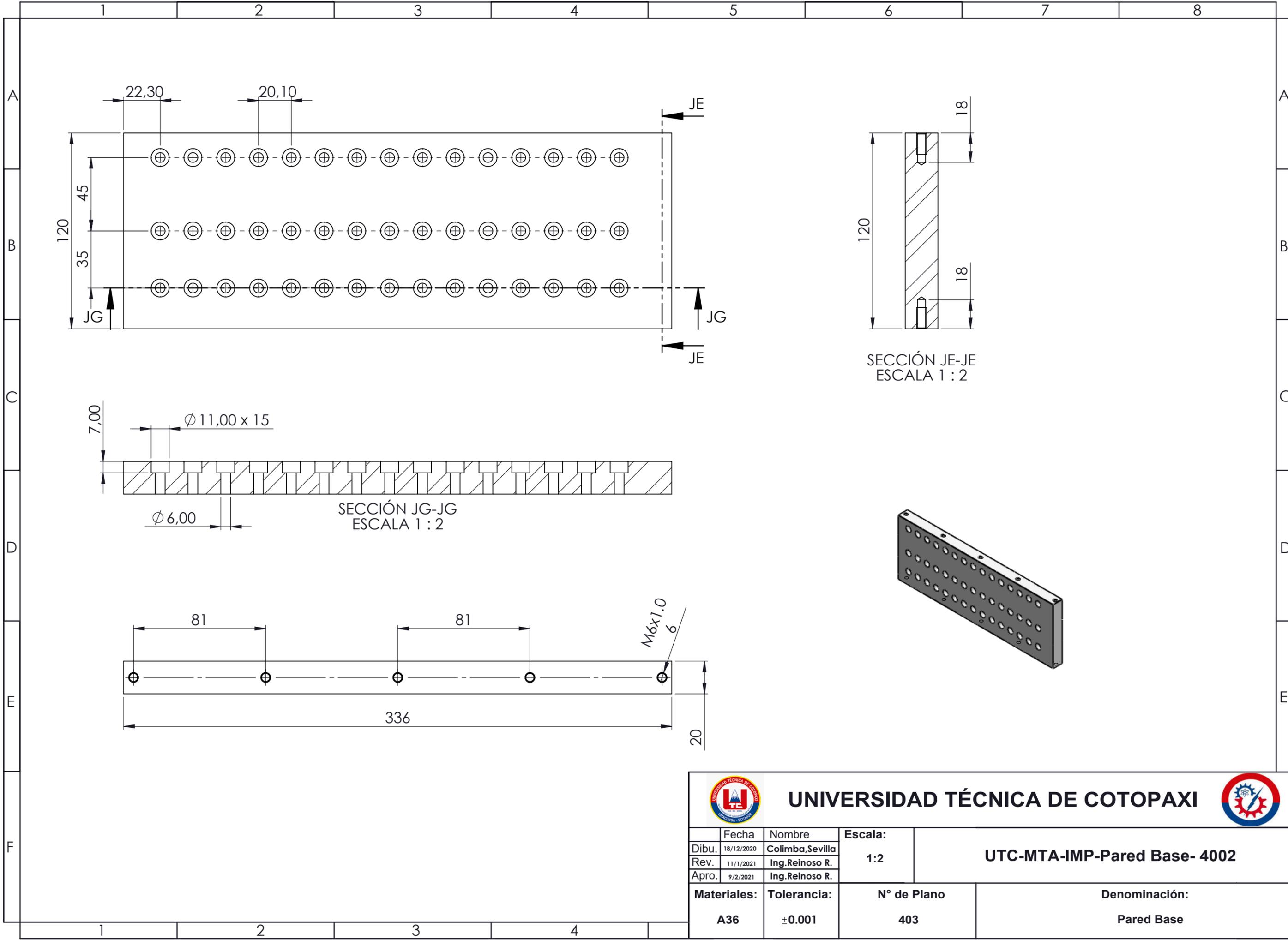
DETALLE JJ

DETALLE JK
ESCALA 1 : 2

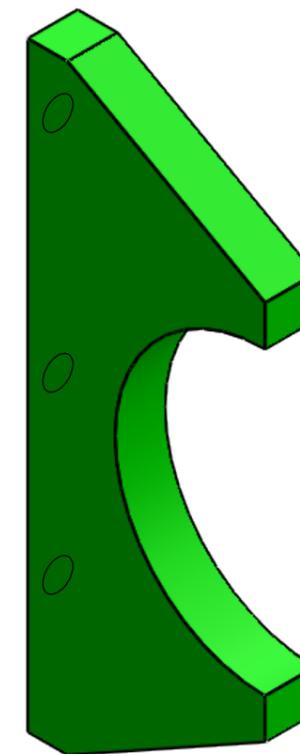
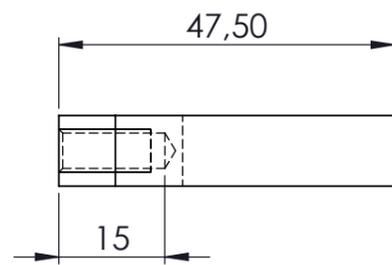
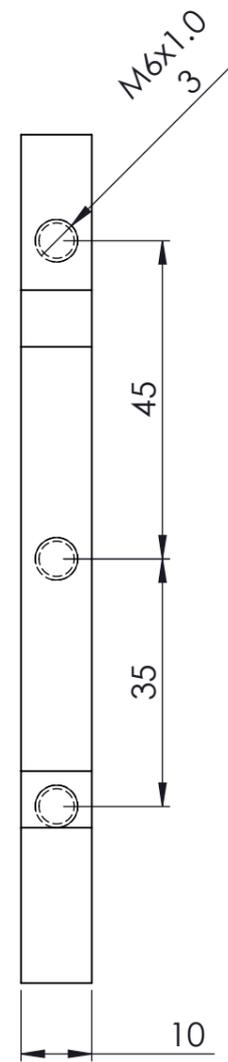
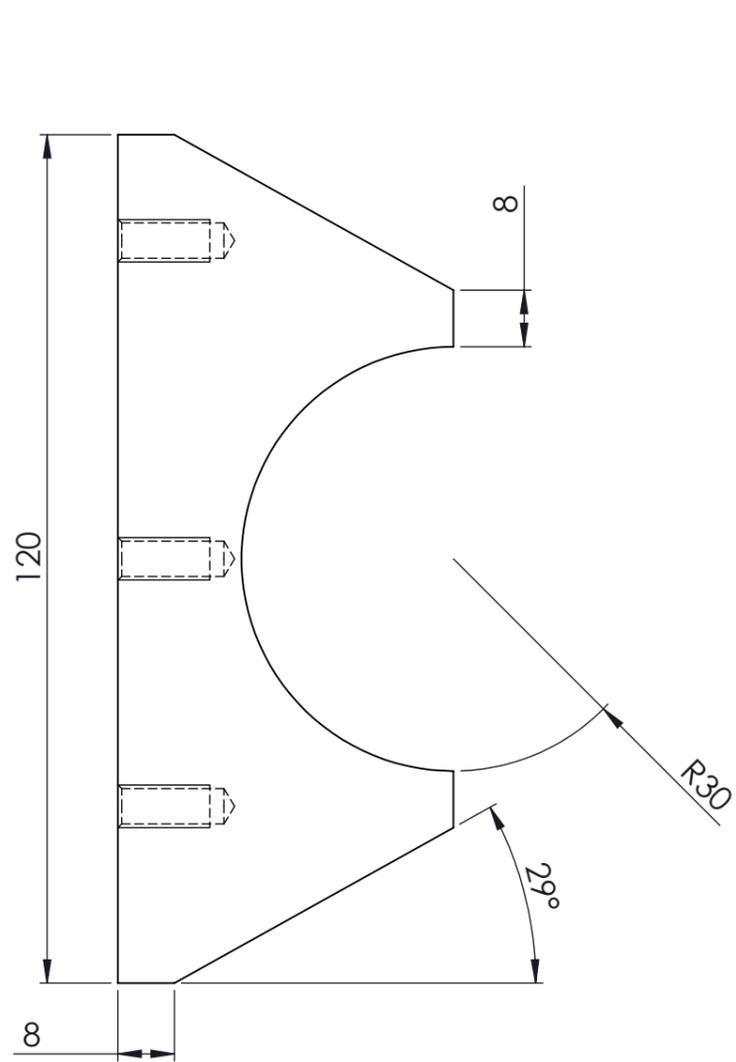
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 														
<table border="1"> <tr> <td>Fecha</td> <td>Nombre</td> <td rowspan="3">Escala:</td> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;">1:5</td> </tr> <tr> <td>Dibu. 18/12/2020</td> <td>Colimba, Sevilla</td> </tr> <tr> <td>Rev. 11/1/2021</td> <td>Ing. Reinoso R.</td> </tr> <tr> <td>Apro. 9/2/2021</td> <td>Ing. Reinoso R.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Fecha	Nombre	Escala:	1:5	Dibu. 18/12/2020	Colimba, Sevilla	Rev. 11/1/2021	Ing. Reinoso R.	Apro. 9/2/2021	Ing. Reinoso R.			UTC-MTA-IMP-004-2	
Fecha	Nombre	Escala:			1:5									
Dibu. 18/12/2020	Colimba, Sevilla													
Rev. 11/1/2021	Ing. Reinoso R.													
Apro. 9/2/2021	Ing. Reinoso R.													
<table border="1"> <tr> <td>Materiales:</td> <td>Tolerancia:</td> <td>N° de Plano</td> <td>Denominación:</td> </tr> <tr> <td></td> <td>±0.001</td> <td style="text-align: center;">401</td> <td style="text-align: center;">Sistema de Ingreso de Materia Prima</td> </tr> </table>	Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:		±0.001	401	Sistema de Ingreso de Materia Prima						
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:											
	±0.001	401	Sistema de Ingreso de Materia Prima											



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 		
				Fecha 18/12/2020
Dibu. 11/1/2021	Ing.Reinoso R.	N° de Plano 402	Denominación: Cajera	
Rev. 9/2/2021	Ing.Reinoso R.			Materiales: A36



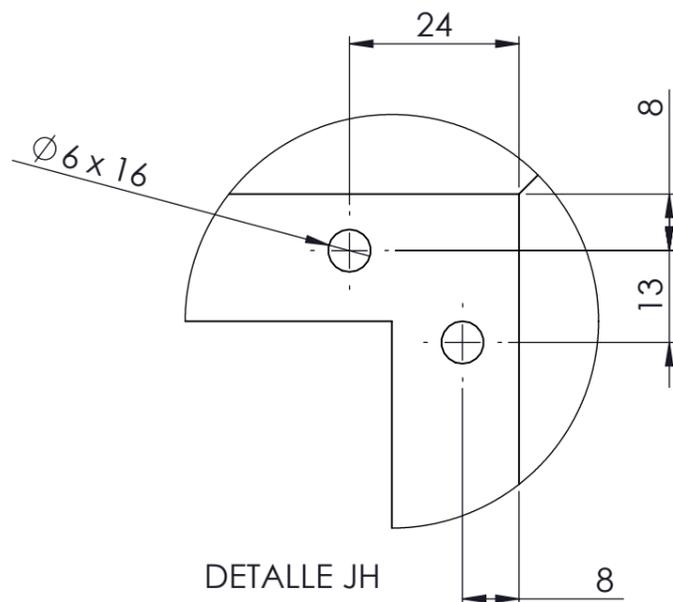
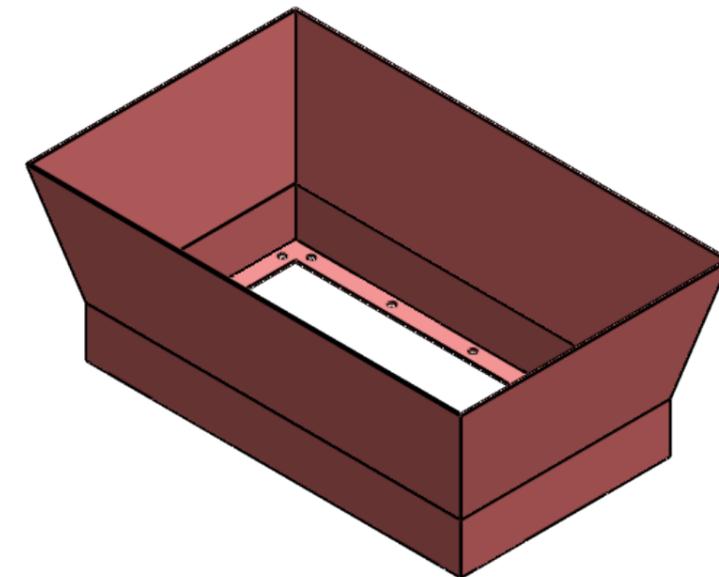
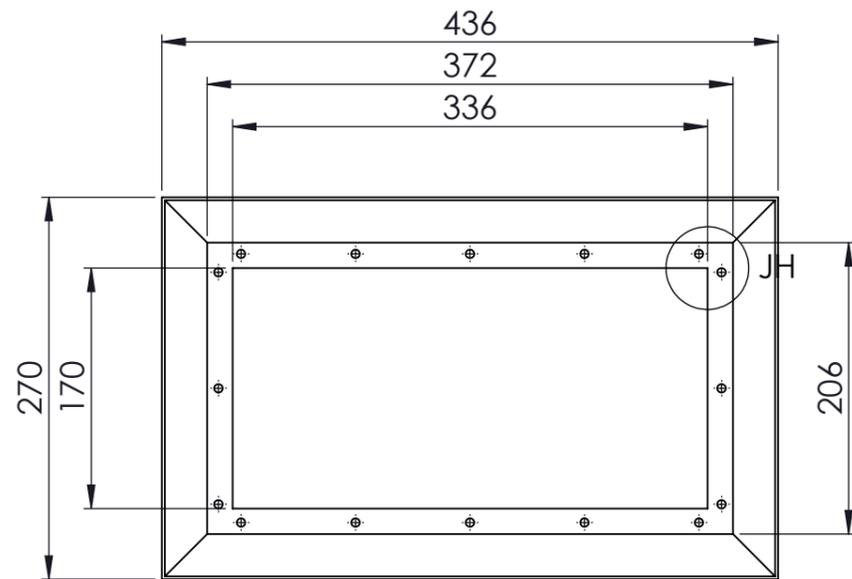
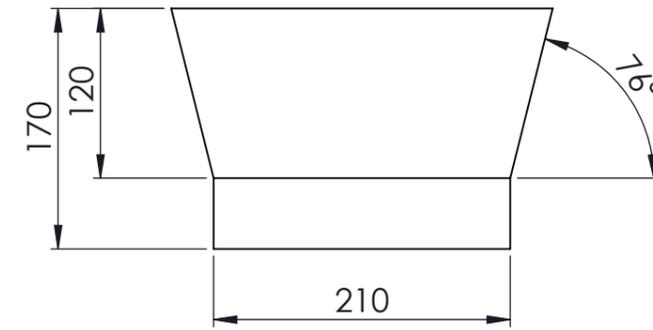
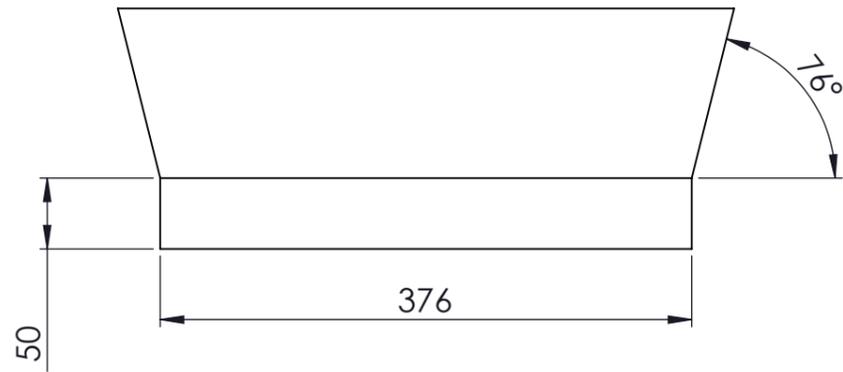
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 														
<table border="1"> <tr> <td>Fecha</td> <td>Nombre</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Escala: 1:2</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">UTC-MTA-IMP-Pared Base- 4002</td> </tr> <tr> <td>Dibu.</td> <td>Colimba, Sevilla</td> </tr> <tr> <td>Rev.</td> <td>Ing. Reinoso R.</td> </tr> <tr> <td>Apro.</td> <td>Ing. Reinoso R.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Fecha	Nombre	Escala: 1:2	UTC-MTA-IMP-Pared Base- 4002	Dibu.	Colimba, Sevilla	Rev.	Ing. Reinoso R.	Apro.	Ing. Reinoso R.				
Fecha	Nombre	Escala: 1:2			UTC-MTA-IMP-Pared Base- 4002									
Dibu.	Colimba, Sevilla													
Rev.	Ing. Reinoso R.													
Apro.	Ing. Reinoso R.													
<table border="1"> <tr> <td>Materiales:</td> <td>Tolerancia:</td> <td>N° de Plano</td> <td>Denominación:</td> </tr> <tr> <td>A36</td> <td>±0.001</td> <td>403</td> <td>Pared Base</td> </tr> </table>	Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	A36	±0.001	403	Pared Base						
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:											
A36	±0.001	403	Pared Base											



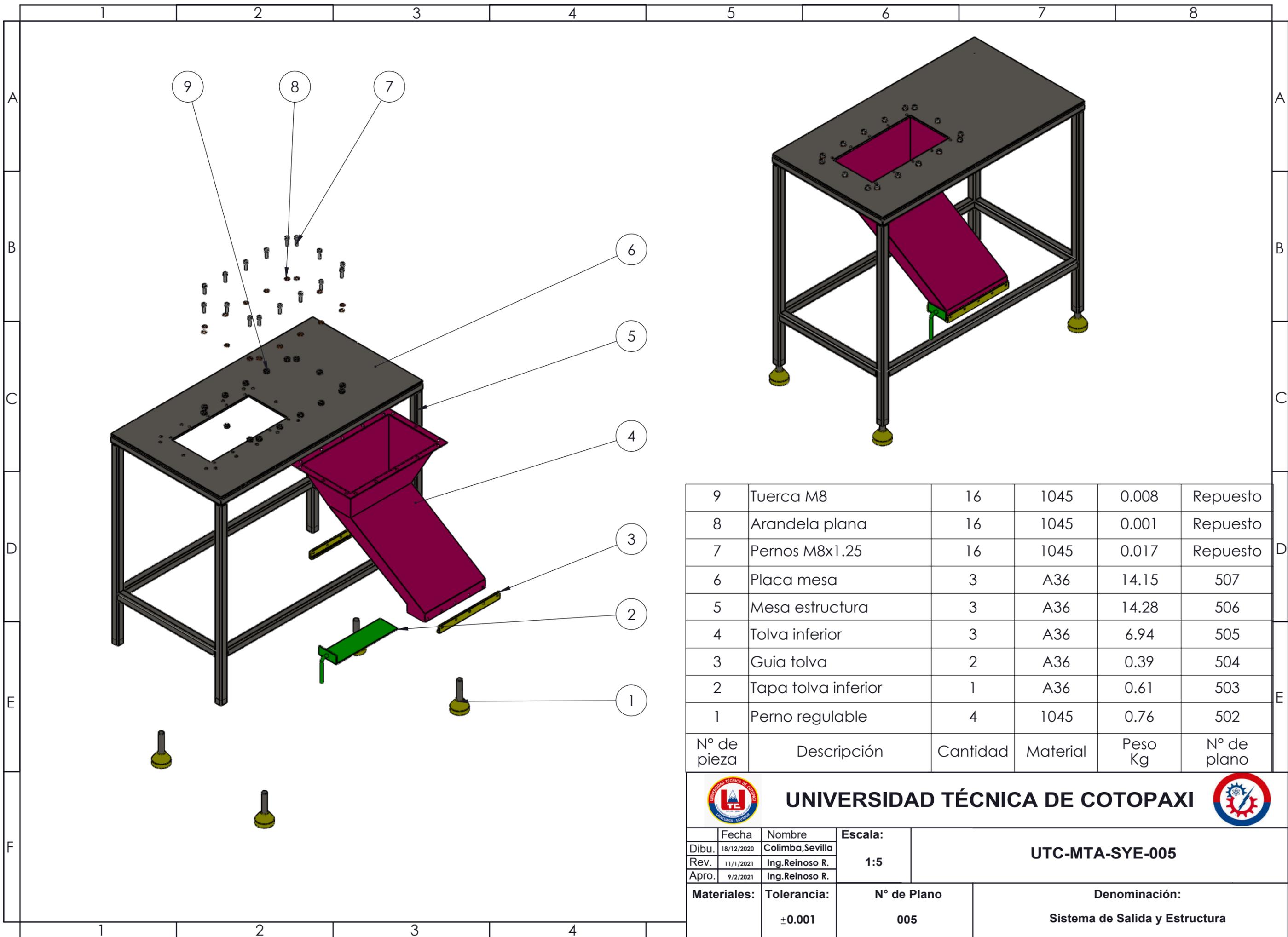
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibu.	18/12/2020	Colimba, Sevilla	Escala: 1:1	UTC-MTA-IMP-Cuchilla Lateral- 4003
Rev.	11/1/2021	Ing. Reinoso R.		
Apro.	9/2/2021	Ing. Reinoso R.		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
K100	±0.001	404	Cuchilla Lateral	



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 																							
<table border="1"> <tr> <td>Fecha</td> <td>Nombre</td> <td rowspan="3">Escala:</td> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;">UTC-MTA-IMP-Tolva- 4004</td> </tr> <tr> <td>Dibu.</td> <td>Colimba, Sevilla</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">1:5</td> </tr> <tr> <td>Rev.</td> <td>Ing. Reinoso R.</td> </tr> <tr> <td>Apro.</td> <td>Ing. Reinoso R.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MTA-IMP-Tolva- 4004	Dibu.	Colimba, Sevilla	1:5	Rev.	Ing. Reinoso R.	Apro.	Ing. Reinoso R.			<table border="1"> <tr> <td>Materiales:</td> <td>Tolerancia:</td> <td>N° de Plano</td> <td>Denominación:</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A36</td> <td style="text-align: center;">±0.001</td> <td style="text-align: center;">405</td> <td style="text-align: center;">Tolva</td> </tr> </table>		Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	A36	±0.001	405	Tolva
Fecha	Nombre	Escala:			UTC-MTA-IMP-Tolva- 4004																		
Dibu.	Colimba, Sevilla					1:5																	
Rev.	Ing. Reinoso R.																						
Apro.	Ing. Reinoso R.																						
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:																				
A36	±0.001	405	Tolva																				



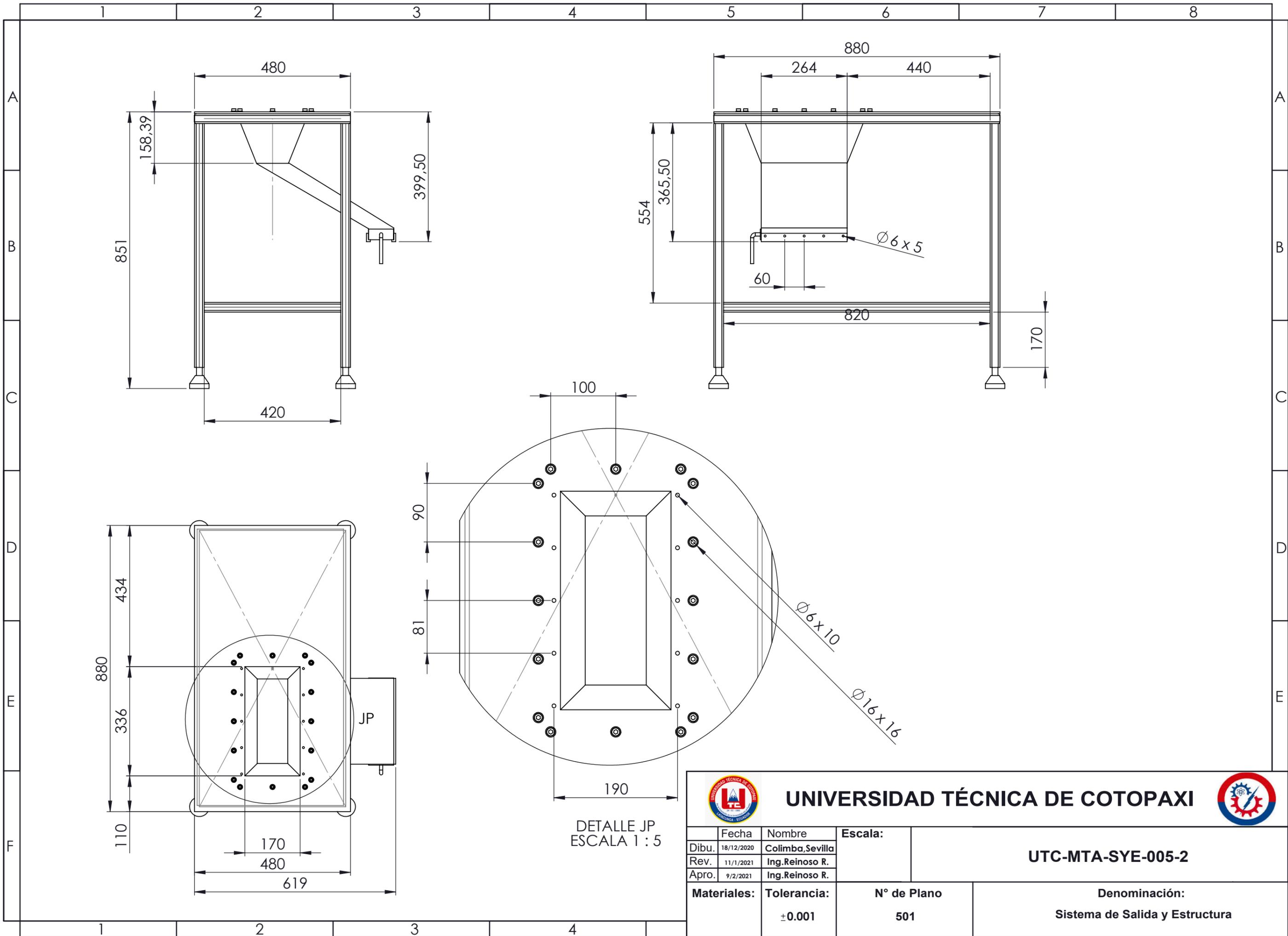
9	Tuerca M8	16	1045	0.008	Repuesto
8	Arandela plana	16	1045	0.001	Repuesto
7	Pernos M8x1.25	16	1045	0.017	Repuesto
6	Placa mesa	3	A36	14.15	507
5	Mesa estructura	3	A36	14.28	506
4	Tolva inferior	3	A36	6.94	505
3	Guia tolva	2	A36	0.39	504
2	Tapa tolva inferior	1	A36	0.61	503
1	Perno regulable	4	1045	0.76	502
N° de pieza	Descripción	Cantidad	Material	Peso Kg	N° de plano



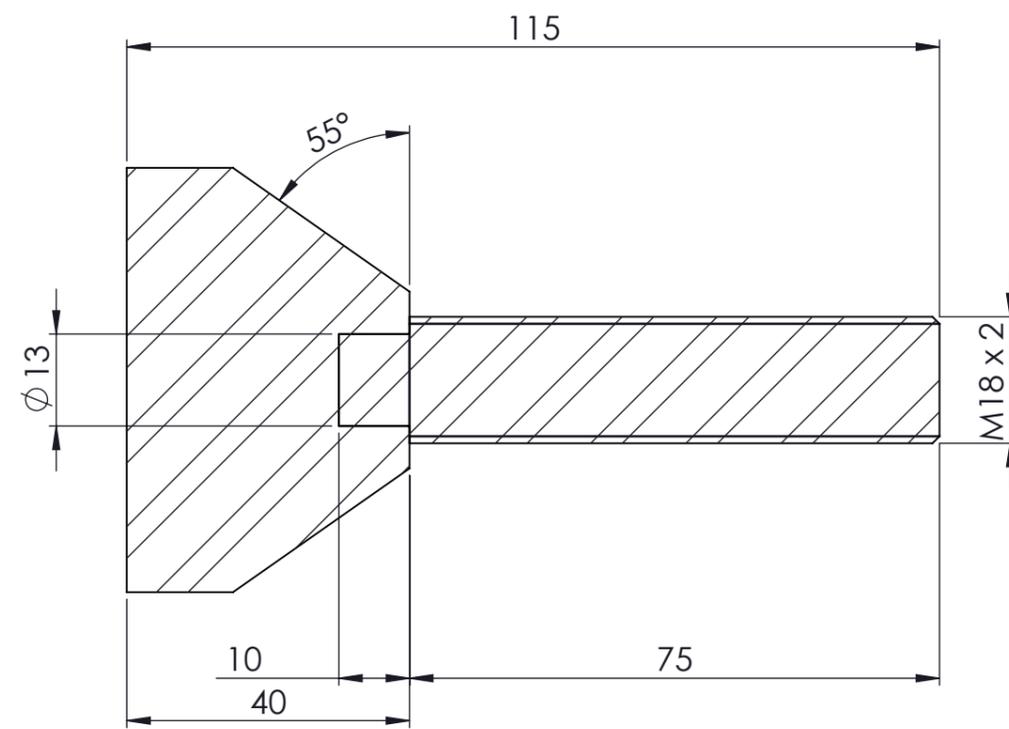
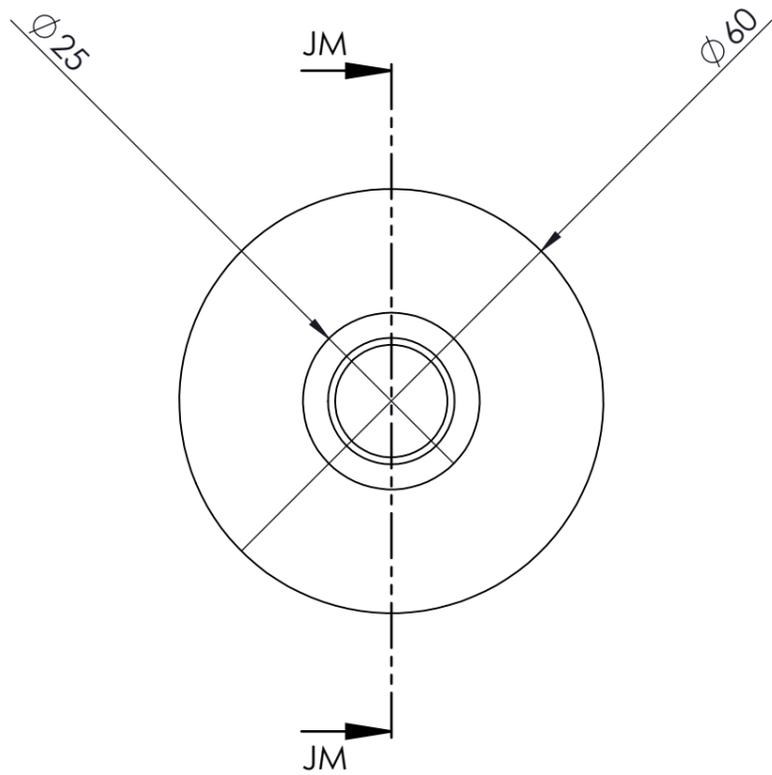
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



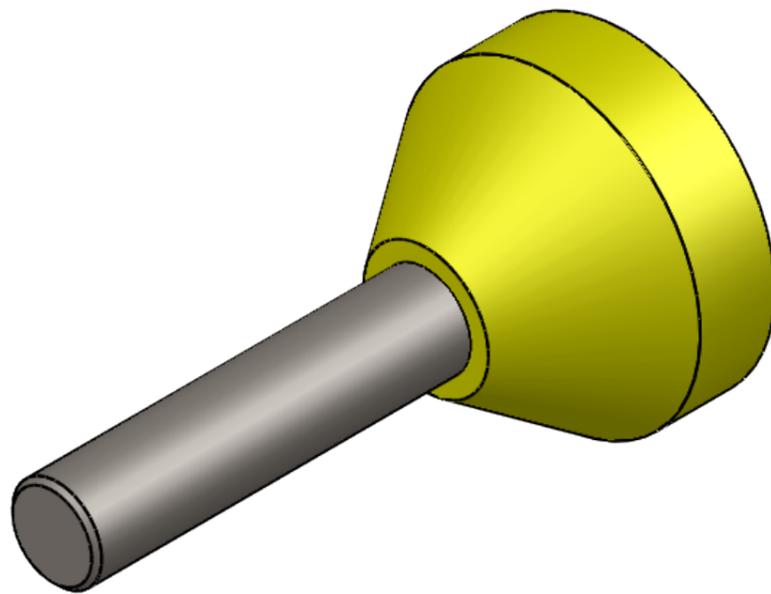
Fecha	18/12/2020	Nombre	Colimba, Sevilla	Escala:	UTC-MTA-SYE-005
Dibu.	11/1/2021	Rev.	Ing. Reinoso R.	1:5	
Apro.	9/2/2021		Ing. Reinoso R.		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano		Denominación:	
	±0.001	005		Sistema de Salida y Estructura	



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 												
<table border="1"> <tr> <td>Fecha</td> <td>Nombre</td> <td rowspan="3">Escala:</td> </tr> <tr> <td>Dibu. 18/12/2020</td> <td>Colimba, Sevilla</td> </tr> <tr> <td>Rev. 11/1/2021</td> <td>Ing. Reinoso R.</td> </tr> <tr> <td>Apro. 9/2/2021</td> <td>Ing. Reinoso R.</td> <td></td> </tr> </table>	Fecha	Nombre	Escala:	Dibu. 18/12/2020	Colimba, Sevilla	Rev. 11/1/2021	Ing. Reinoso R.	Apro. 9/2/2021	Ing. Reinoso R.		UTC-MTA-SYE-005-2	
Fecha	Nombre	Escala:										
Dibu. 18/12/2020	Colimba, Sevilla											
Rev. 11/1/2021	Ing. Reinoso R.											
Apro. 9/2/2021	Ing. Reinoso R.											
<table border="1"> <tr> <td>Materiales:</td> <td>Tolerancia:</td> <td>N° de Plano</td> <td>Denominación:</td> </tr> <tr> <td></td> <td>±0.001</td> <td>501</td> <td>Sistema de Salida y Estructura</td> </tr> </table>	Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:		±0.001	501	Sistema de Salida y Estructura				
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:									
	±0.001	501	Sistema de Salida y Estructura									



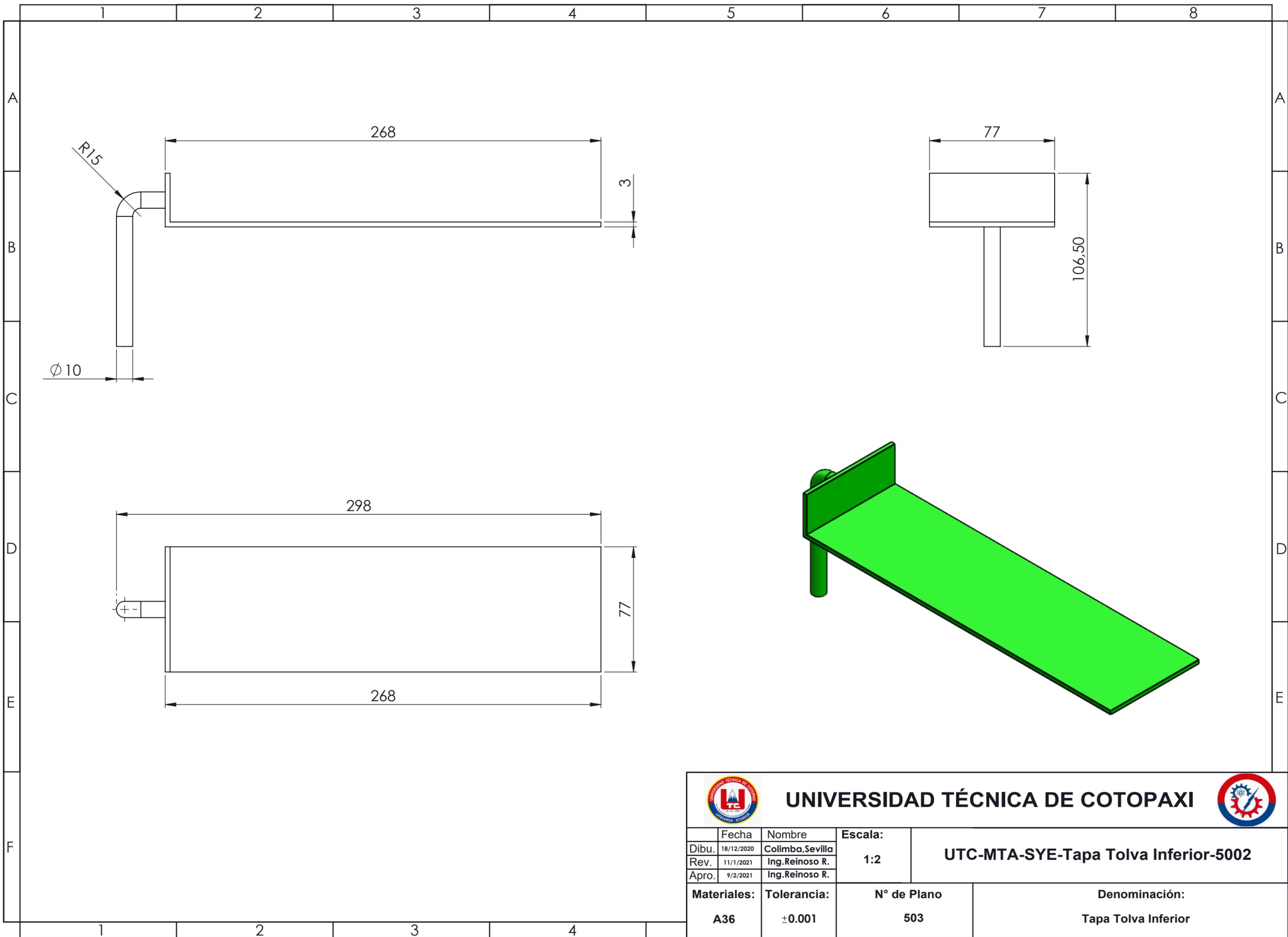
SECCIÓN JM-JM



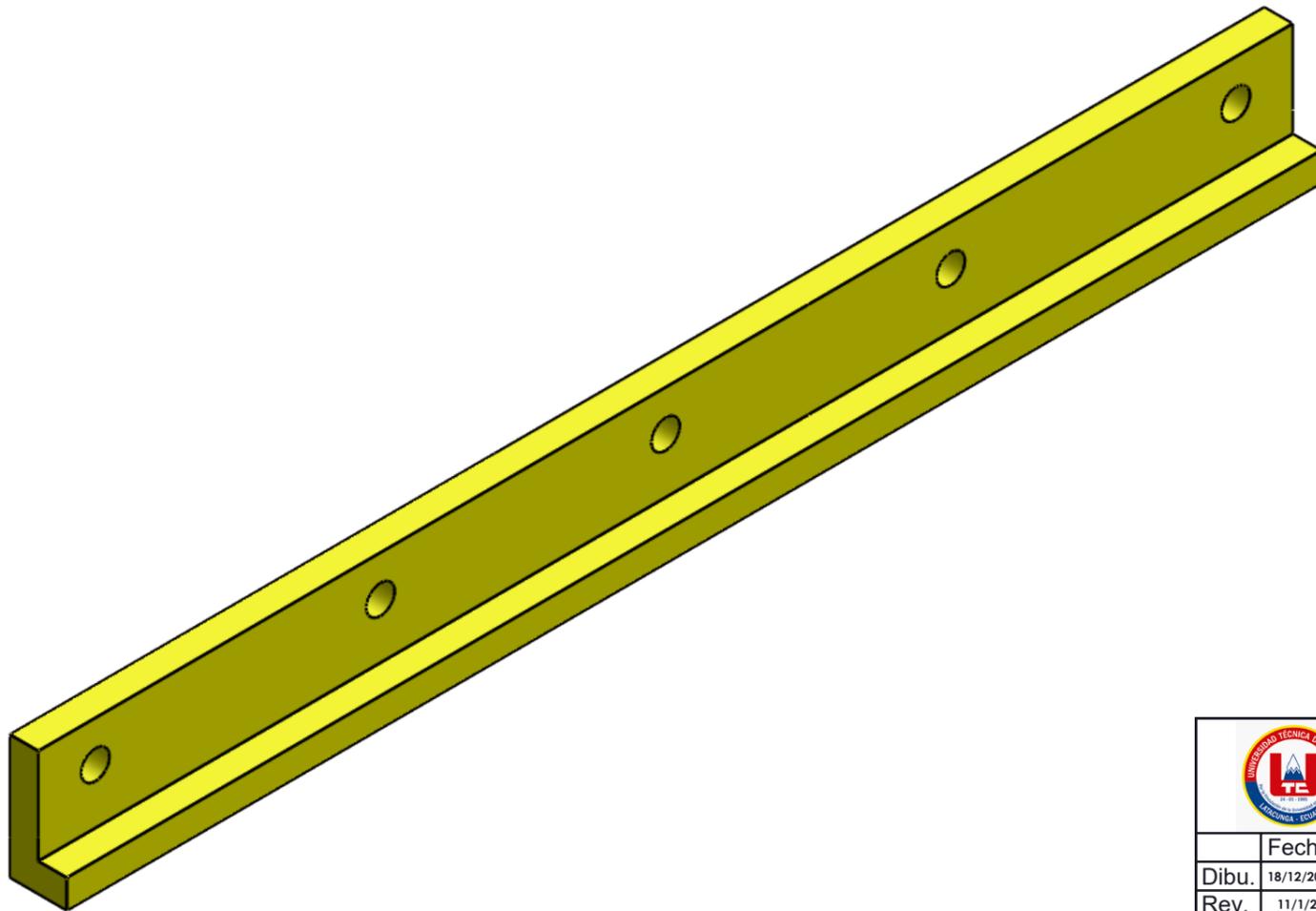
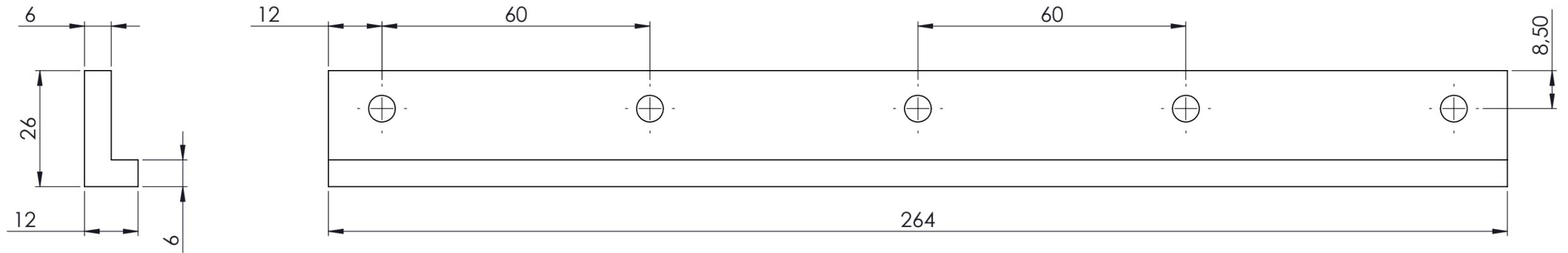
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



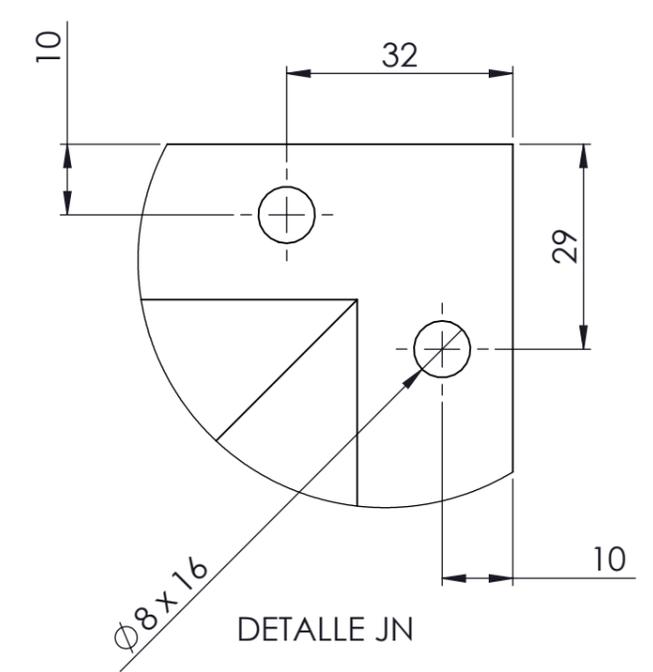
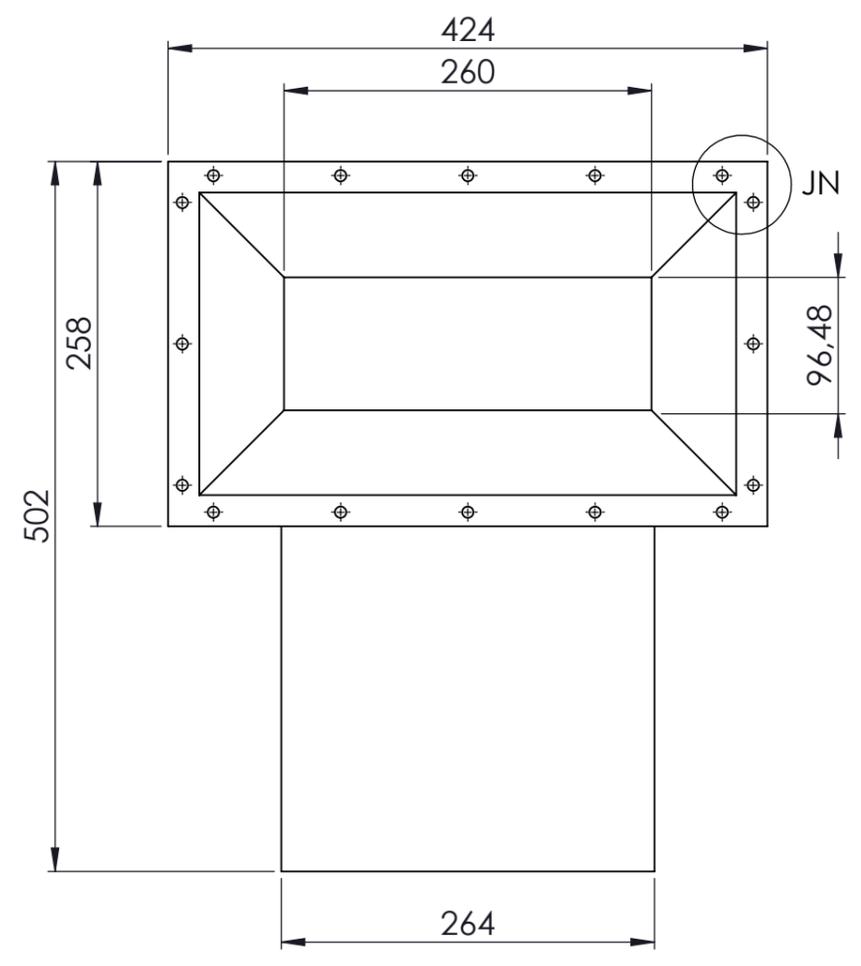
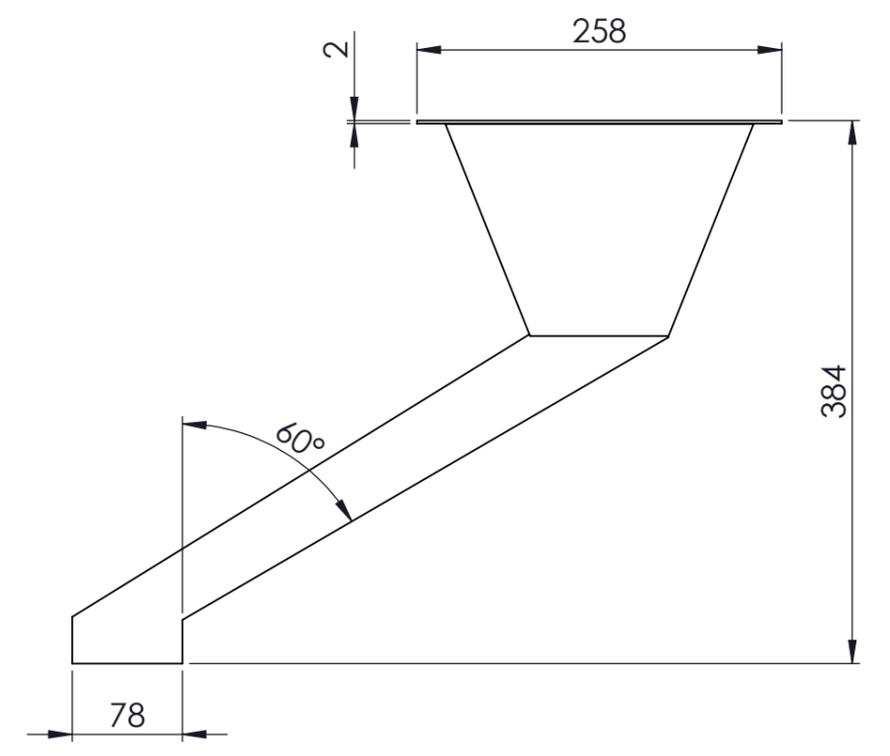
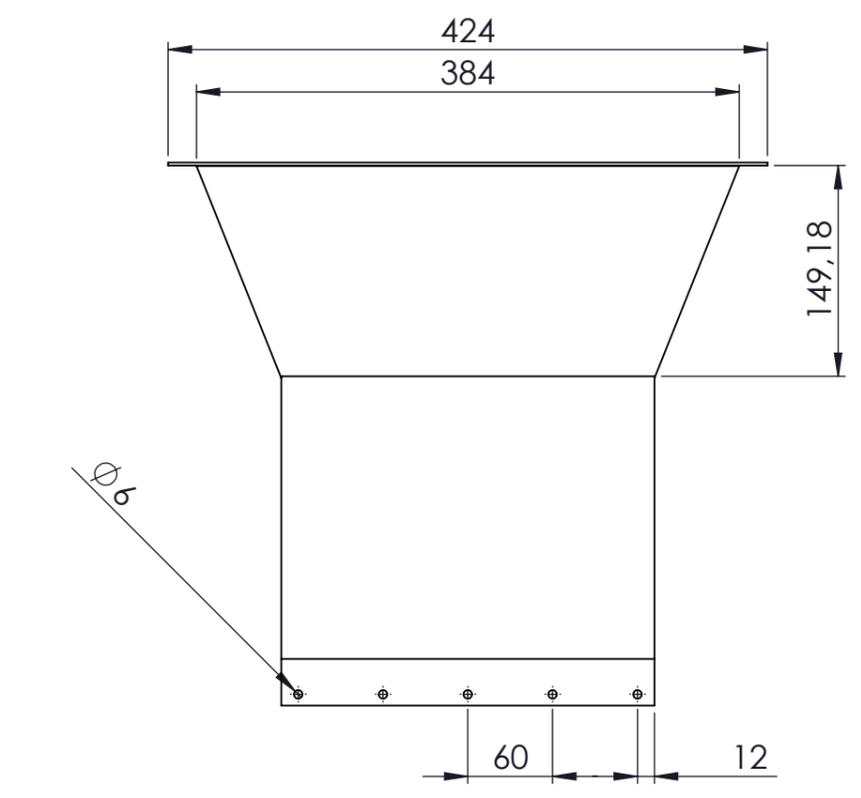
Dibu.	18/12/2020	Colimba, Sevilla	Escala: 1:1	UTC-MTA-SYE-Perno Regulable-5001
Rev.	11/1/2021	Ing. Reinoso R.		
Apro.	9/2/2021	Ing. Reinoso R.		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
1045	±0.001	502	Perno Regulable	



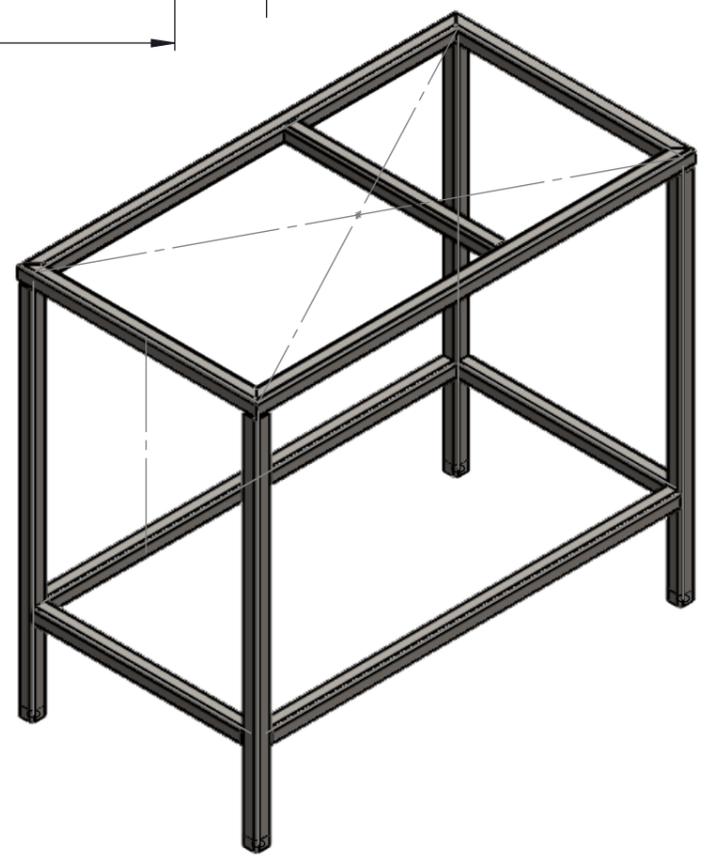
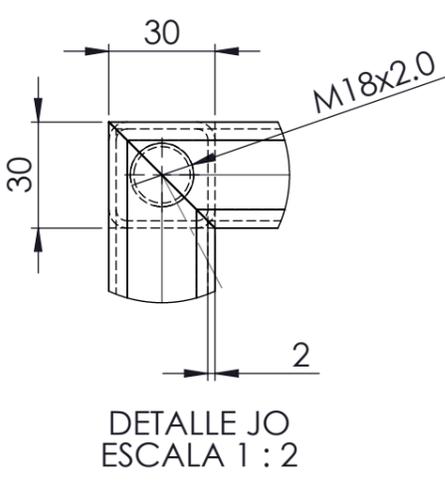
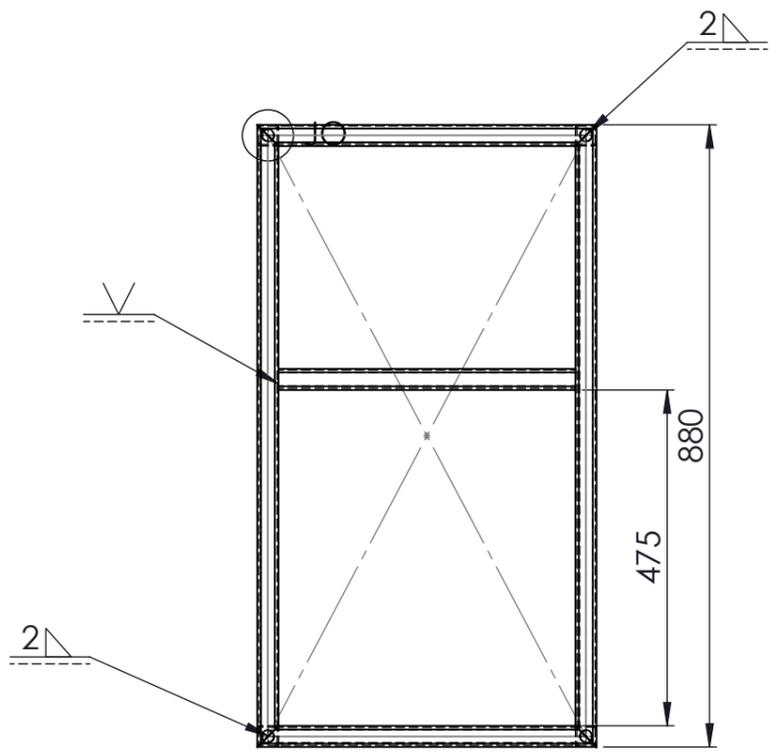
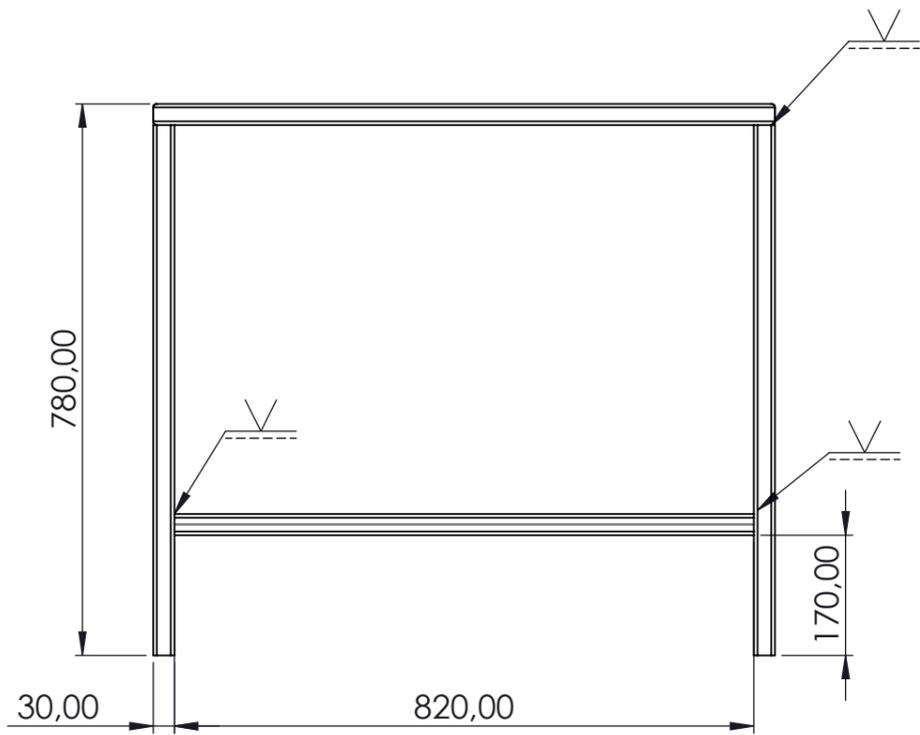
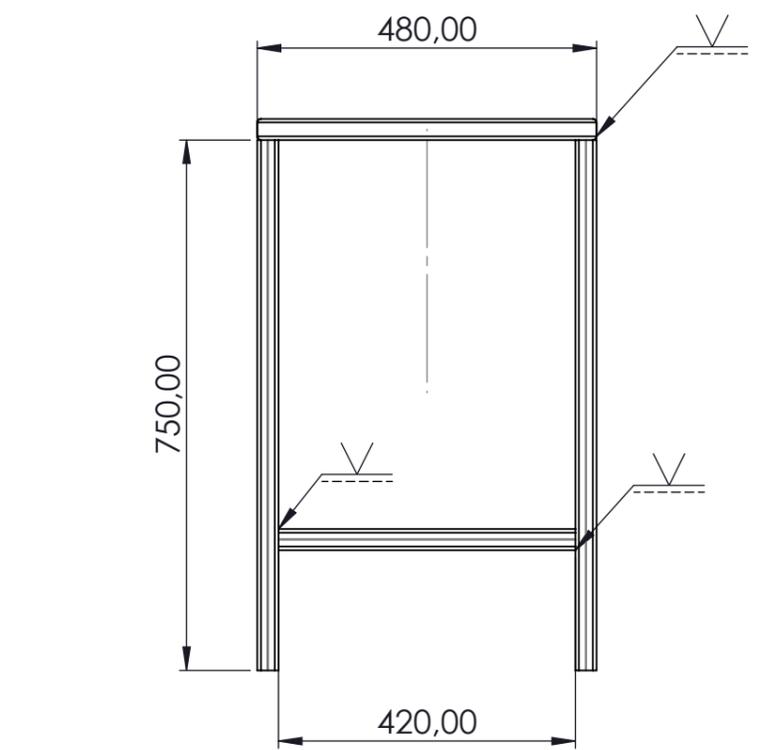
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 															
<table border="1"> <tr> <td>Fecha</td> <td>18/12/2020</td> <td>Nombre</td> <td>Colimba, Sevilla</td> </tr> <tr> <td>Rev.</td> <td>11/1/2021</td> <td>Ing. Reinoso R.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Apro.</td> <td>9/2/2021</td> <td>Ing. Reinoso R.</td> <td></td> </tr> </table>	Fecha	18/12/2020	Nombre	Colimba, Sevilla	Rev.	11/1/2021	Ing. Reinoso R.		Apro.	9/2/2021	Ing. Reinoso R.		Escala: 1:2	UTC-MTA-SYE-Tapa Tolva Inferior-5002	
Fecha	18/12/2020	Nombre	Colimba, Sevilla												
Rev.	11/1/2021	Ing. Reinoso R.													
Apro.	9/2/2021	Ing. Reinoso R.													
Materiales: A36	Tolerancia: ±0.001	N° de Plano 503	Denominación: Tapa Tolva Inferior												



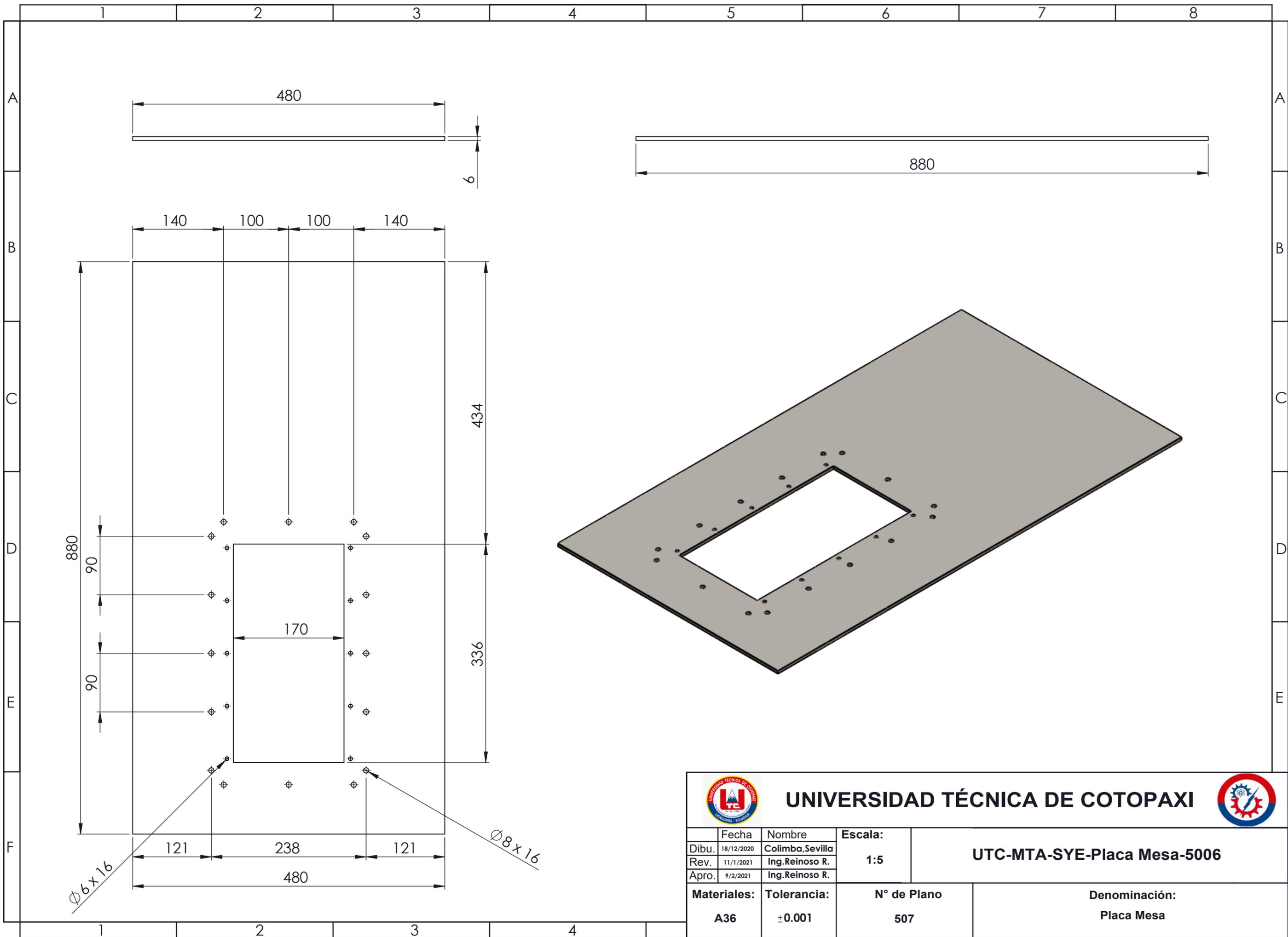
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 	
Materiales: A36	Tolerancia: ±0.001	N° de Plano 504	Denominación: Guia Tolva



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MTA-SYE-Tolva Inferior-5004		
Dibu. 18/12/2020	Colimba, Sevilla	1:5			
Rev. 11/1/2021	Ing. Reinoso R.				
Apro. 9/2/2021	Ing. Reinoso R.				
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:		
A36	±0.001	505	Tolva Inferior		



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 												
<table border="1"> <tr> <td>Fecha</td> <td>Nombre</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Escala: 1:10</td> </tr> <tr> <td>Dibu. 18/12/2020</td> <td>Colimba, Sevilla</td> </tr> <tr> <td>Rev. 11/1/2021</td> <td>Ing. Reinoso R.</td> </tr> <tr> <td>Apro. 9/2/2021</td> <td>Ing. Reinoso R.</td> <td></td> </tr> </table>	Fecha	Nombre	Escala: 1:10	Dibu. 18/12/2020	Colimba, Sevilla	Rev. 11/1/2021	Ing. Reinoso R.	Apro. 9/2/2021	Ing. Reinoso R.		UTC-MTA-SYE-Mesa Estructura-5005	
Fecha	Nombre	Escala: 1:10										
Dibu. 18/12/2020	Colimba, Sevilla											
Rev. 11/1/2021	Ing. Reinoso R.											
Apro. 9/2/2021	Ing. Reinoso R.											
Materiales: A36	Tolerancia: ±0.001	N° de Plano 506	Denominación: Mesa Estructura									



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 															
<table border="1"> <tr> <td>Fecha</td> <td>18/12/2020</td> <td>Nombre</td> <td>Colimba, Sevilla</td> </tr> <tr> <td>Rev.</td> <td>11/1/2021</td> <td>Ing. Reinoso R.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Apro.</td> <td>9/2/2021</td> <td>Ing. Reinoso R.</td> <td></td> </tr> </table>	Fecha	18/12/2020	Nombre	Colimba, Sevilla	Rev.	11/1/2021	Ing. Reinoso R.		Apro.	9/2/2021	Ing. Reinoso R.		Escala: 1:5	UTC-MTA-SYE-Placa Mesa-5006	
Fecha	18/12/2020	Nombre	Colimba, Sevilla												
Rev.	11/1/2021	Ing. Reinoso R.													
Apro.	9/2/2021	Ing. Reinoso R.													
Materiales: A36	Tolerancia: ±0.001	N° de Plano 507	Denominación: Placa Mesa												