



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

### **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

#### **PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**Diseño y construcción de una máquina peletizadora que elabore  
alimentos balanceados para ganado bovino**

Proyecto de titulación presentado previo a la obtención del título de Ingeniero  
Electromecánico

#### **AUTORES:**

Chicaiza Molina Bryan Stalyn

Moreno Armas Gino Ismael

#### **TUTOR:**

Ing. MSc. Cevallos Betún Segundo Ángel

**LATACUNGA-ECUADOR**

**MARZO 2023**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros **Bryan Stalyn Chicaiza Molina**, con cédula de ciudadanía N° **050385484-6** y **Gino Ismael Moreno Armas**, con cédula de ciudadanía N° **050428763-2**, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: Diseño y construcción de una máquina peletizadora que elabore alimentos balanceados para ganado bovino, siendo el Ing. MSc. Segundo Ángel Cevallos Betún, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....  
Bryan Stalyn Chicaiza Molina  
Número de C.I. 050385484-6

.....  
Gino Ismael Moreno Armas  
Número de C.I. 050428763-2



## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

“Diseño y construcción de una máquina peletizadora que elabore alimentos balanceados para ganado bovino”, de Chicaiza Molina Bryan Stalyn y Moreno Armas Gino Ismael de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos 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, Febrero 2023

El Tutor:

Ing. M.Sc. Segundo Ángel Cevallos Betún

C.C: 0501782437



## 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 Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Chicaiza Molina Bryan Stalyn y Moreno Armas Gino Ismael con el título de Proyecto de titulación: "Diseño y construcción de una máquina peletizadora que elabore alimentos balanceados para ganado bovino" 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, Febrero 2023

Para constancia firman:

**Lector 1 (Presidente)**  
Nombre: Cristian Fabian Gallardo Molina  
CC: 050284769-2

**Lector 2**  
Nombre: Luis Miguel Navarrete López  
CC: 180374728-4

**Lector 3**  
Nombre: Carlos Francisco Pacheco Mena  
CC: 050307290-2



## **AGRADECIMIENTO**

*Inicialmente agradezco a Dios por brindar salud a mi familia y a la vez la oportunidad de permanecer junto a ellos ya que sin ellos nada de esto sería posible, agradezco a mi familia por el cariño y la motivación brindada para culminar este camino con muchas dificultades, pero a la vez lleno de satisfacción ya que en este proyecto se ve reflejado noches sin dormir y mucho empeño por seguir superándome y a la vez aprendiendo.*

*A mis padres y a mis hermanas por siempre estar a mi lado y apoyarme a lo largo de mi carrera universitaria que hoy culmina con el presente proyecto de titulación, realizado con mucho esfuerzo y dedicación.*

*A mi querida universidad técnica de Cotopaxi, en especial a la carrera de ingeniería electromecánica, agradecerle infinitamente por permitirme formarme en sus aulas en estos 4 años, ahora como profesional enalteceré el prestigioso nombre de la universidad demostrando que la misma es parte del pueblo y que de ella surgen colaboradores con gran coeficiente intelectual y capaces de asumir cualquier reto.*

*A mis docentes expresarles mi más sincero reconocimiento ya que ellos son pilares fundamentales en nuestra formación como profesionales.*

*A mis compañeros de clase agradecerles por todos los momentos buenos y malos vividos a lo largo de la carrera, desearles éxito en sus futuros y bendiciones a cada uno de ellos.*

*Gino Moreno*



## **AGRADECIMIENTO**

*Quisiera empezar por agradecer a dios por la salud y la vida que me brinda a mí y a mi familia, también agradecer a mis padres quienes son un pilar fundamental para mí, siendo ellos quienes siempre me han apoyado hasta el momento en cada uno de los pasos que voy dando en mi vida.*

*Quisiera también agradecer a mis hermanas quienes han estado ahí dándome siempre el aliento y las palabras que necesitaba para seguir adelante en los momentos difíciles que se presentan en el diario vivir.*

*También porque no agradecer a mis amigos y compañeros de aula que siempre estuvieron ahí para apoyarnos en todas las materias durante la carrera compartiendo conocimientos entre nosotros en lo más buenos éramos y al resto nos costaba un poco más.*

*Quisiera agradecer a cada una de las personas como amigos, familiares, docentes, jefes y compañeros de trabajo que siempre tenían una palabra de aliento o un buen consejo para dar tanto en el campo educativo como en el campo personal.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme la oportunidad de ser parte de ella permitiéndome pasar en sus aulas y laboratorios durante 8 muy productivos semestres para mi futura carrera profesional.*

*También quisiera agradecer a mi tutor Ing. Ms.C. Segundo Cevallos quien con su acertada dirección nos ayudó a culminar de manera correcta con este trabajo de titulación.*

*Bryan Chicaiza*



## **DEDICATORIA**

*A mis padres Klever Moreno y Nelly Armas, por enseñarme que con esfuerzo y dedicación somos capaces de realizar grandes hazañas, a la vez que con el valor del respeto, humildad y educación se puede formar un gran ser humano.*

*A mis hermanas Naomy y Sofia que siempre me alentaron en seguir adelante, que nunca dudaron de mis capacidades y que a pesar de las dificultades siempre estuvieron en el momento indicado.*

*Este trabajo de titulación se lo dedico a Dios, a mis padres, hermanas, abuelos. A mis dos ángeles que desde el cielo me echan sus bendiciones cada amanecer: Mami Laura, Mami Martha y a toda mi familia que siempre estuvo ahí aportando su granito de arena a lo largo de mi carrera universitaria.*

*Gino Moreno*



## **DEDICATORIA**

*A mis padres Lincoln Heriberto Chicaiza Yauli y Blanca Cecilia Molina es para mí un orgullo poderles dedicar todo este esfuerzo a las personas que fueron los principales autores de mi destino hasta el día de hoy quienes con su apoyo incondicional nunca me dejaron caer y guiaron por el camino del bien hasta lograr varios de mis propósitos hasta el día de hoy.*

*Bryan Chicaiza*



## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE GENERAL .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xvii
INFORMACIÓN GENERAL .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.2 EL PROBLEMA .....	2
1.2.1 Planteamiento del problema .....	2
1.2.1.1 Diagrama de Ishikawa .....	2
1.2.2 Formulación del problema.....	3
1.3 BENEFICIARIOS .....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.5 HIPÓTESIS.....	3
1.6 OBJETIVOS.....	3
1.6.1 General .....	3
1.6.2 Específicos .....	4
1.7 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	4
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1 ANTECEDENTES .....	5
2.2 MARCO REFERENCIAL .....	6
2.2.1 Máquina peletizadora .....	6
2.2.1.1 Tipos de peletizadoras .....	7
2.2.1.2 Peletizadora de matriz plana .....	7
2.2.1.3 Peletizadora de matriz anular.....	8

2.2.1.4 Partes de una peletizadora de matriz plana .....	8
2.2.1.4.1 Estructura.....	9
2.2.1.4.2 Motor .....	9
2.2.2.4.3 Matriz .....	9
2.2.2.4.4 Tolva.....	9
2.2.2.4.5 Rodillos de compactación .....	9
2.2.2 Alimentación en ganado bovino .....	9
2.2.2.1 Ensilaje .....	10
2.2.2.2 Hierba.....	11
2.2.2.3 Heno .....	11
2.2.2.4 Granos .....	12
2.2.3 Peletizado .....	12
2.2.3.1 Calidad del pellet .....	13
2.2.3.2 Características del pellet .....	13
2.2.3.2.1 Dimensión de un pellet .....	13
2.2.4 Sistema de potencia .....	14
2.2.4.1 Sistema de transmisión de potencia .....	14
2.2.4.1.1 Sistema de transmisión por banda.....	14
2.2.4.1.2 Bandas transmisoras de potencia .....	15
2.2.4.1.3 Poleas .....	16
2.2.5 Motores eléctricos monofásicos de inducción .....	17
2.2.5.1 Arranque de motores monofásicos.....	17
2.2.5.1.1 Devanados de fase partida .....	17
2.2.5.1.2 Devanados con capacitor .....	18
2.2.6 Sistema de alimentación .....	18
2.2.7 Sistema de compresión .....	18
2.2.8 Sistema de corte del pellet .....	19
2.2.9 Material en el que está construida la máquina .....	19
2.2.9.1 Acero al carbono a36.....	19
2.2.9.2 Acero AISI/SAE 1045 .....	19
3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	20
3.1 METODOLOGÍA .....	20
3.1.1 Métodos.....	20
3.1.1.1 Método bibliográfico .....	20

3.1.1.2 Método Cuantitativo .....	20
3.1.1.3 Método experimental .....	20
3.1.2 Instrumentos de medición.....	21
3.1.2.1 Software de diseño y simulación .....	21
3.1.2.2 Calibrador Vernier .....	21
3.1.2.3 Tacómetro digital.....	21
3.1.2.4 Cámara termográfica .....	21
3.1.2.5 Pirómetro .....	21
3.1.3 Declaración de variables.....	21
3.1.4 Diseño conceptual .....	22
3.1.5 Funciones de la máquina peletizadora .....	22
3.1.6 Software de diseño mecánico SolidWorks.....	23
3.1.7 Elementos para la construcción de la máquina peletizadora .....	24
3.1.8 Requerimientos de diseño.....	27
3.1.8.1 Condiciones generales .....	27
3.1.8.2 Condiciones específicas.....	27
3.1.9 Diseño mecánico de la máquina peletizadora .....	29
3.1.9.1 Diseño del sistema de alimentación .....	29
3.1.9.2 Diseño del sistema de compresión .....	30
3.1.9.3 Diseño del sistema de transmisión .....	34
3.1.9.4 Diseño del sistema eléctrico de la maquina .....	37
3.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	38
3.2.1 Determinación del alcance.....	38
3.2.2 Diseño mecánico de la máquina peletizadora .....	39
3.2.2.1 Diseño del sistema de alimentación .....	39
3.2.2.2 Diseño del sistema de compresión .....	40
3.2.2.3 Diseño del sistema de transmisión .....	49
3.2.2.4 Simulaciones de la máquina .....	54
3.2.2.4.1 Simulación de la matriz .....	54
3.2.2.4.2 Simulación de la estructura .....	55
3.2.2.5 Diseño del sistema eléctrico de la maquina .....	56
3.2.2.5.1 Ensayos de la máquina voltaje vs corriente.....	58
3.2.2.5.2 Análisis de consumo energético de la maquina.....	60
3.2.3 Análisis de producción de la maquina .....	61

3.3 EVALUACIÓN TÉCNICO SOCIAL, AMBIENTAL, Y/O ECONÓMICA: .....	62
3.3.1 Costo de materiales .....	62
3.3.2 Costo de maquinaria .....	62
3.3.4 Costo del material eléctrico .....	63
3.3.5 Costo de mano obra .....	63
3.3.6 Costos directos .....	64
3.3.7 Costos indirectos .....	64
3.3.8 Costo total del sistema.....	64
4 CONCLUSIONES DEL PROYECTO .....	65
4.1 CONCLUSIONES .....	65
4.2 RECOMENDACIONES .....	65
BIBLIOGRAFÍA .....	66
ANEXOS .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Tareas a cumplir .....	4
Tabla 2.1: Características del pellet [4] .....	13
Tabla 3.1: Variable independiente .....	21
Tabla 3.2: Variable dependiente .....	22
Tabla 3.3: Necesidades y requerimientos de la máquina peletizadora .....	22
Tabla 3.4: Materiales para la construcción de la máquina peletizadora .....	24
Tabla 3.5: Elementos principales de la máquina peletizadora.....	28
Tabla 3.6: Datos de diseño de la maquina peletizadora .....	39
Tabla 3,7: Características del motor .....	57
Tabla 3,8: Ensayo en el arranque de la máquina .....	58
Tabla 3.9: Ensayo en vacío de la máquina .....	59
Tabla 3.10: Ensayo a plena carga de la máquina.....	60
Tabla 3.11: Consumo de energía de la máquina.....	60
Tabla 3.12: Estimación del costo de consumo energético.....	61
Tabla 3.13: Tiempos de producción .....	61
Tabla 3.14: Costo de materiales .....	62
Tabla 3.15: Costo de maquinaria.....	62
Tabla 3.16: Costo de movilización.....	63
Tabla 3.17: Costo de material eléctrico y consumible.....	63

Tabla 3.18: Costo mano de obra.....	63
Tabla 3.19: Costos directos. ....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Diagrama de Ishikawa.....	2
Figura 2.1: Peletizadora de matriz plana [6].....	8
Figura 2.2: Peletizadora de matriz anular [6] .....	8
Figura 2.3: Alimento para ganado bovino .....	10
Figura 3.1: Plancha de acero A36.....	24
Figura 3.2: Rodamiento.....	24
Figura 3.3 Platina acero A36.....	25
Figura 3.4: Polea .....	25
Figura 3.5: Eje de acero AISI 1045 .....	25
Figura 3.6: Tubo cuadrado de acero A36 .....	25
Figura 3.7: Banda Trapezoidal .....	26
Figura 3.8: Interruptor termomagnético .....	26
Figura 3.9: Pulsadores.....	26
Figura 3.10: Cable concéntrico.....	27
Figura 3.11: Motor Monofásico .....	27
Figura 3.12: Plano isométrico camara de aglutinamiento .....	28
Figura 3.13: Plano isométrico eje principal .....	28
Figura 3.14: Plano isométrico estructura .....	28
Figura 3.15: Plano isométrico rodillos de compresión .....	29
Figura 3.16 Plano isométrico matriz de peletizado.....	29
Figura 3.17: Plano isométrico tolva de alimentación.....	30
Figura 3.18: Plano isométrico cámara de aglutinamiento .....	31
Figura 3.19: Sistema de transmisión por banda [10] .....	35
Figura 3.20: Cámara de aglutinamiento.....	40
Figura 3.21: Rodillos de compresión.....	41
Figura 3.22: Rodillo compactador .....	42
Figura 3.23: Proceso de peletización .....	43
Figura 3.24: Coeficientes de fricción .....	44
Figura 3.25: Rodillos de compactación sobre la matriz de peletizado .....	45
Figura 3.26: Tabla de selección de bandas .....	53
Figura 3,27: Tipo de bandas .....	53
Figura 3,28: Simulación de tensión en la matriz.....	54
Figura 3,29: Simulación de deformaciones en la matriz.....	54
Figura 3,30: Simulación de tensiones en la estructura .....	55
Figura 3,31: Simulación desplazamiento de la estructura.....	56
Figura 3,32: Simulación factor de seguridad .....	56
Figura 3,33: Placa de características del motor .....	57
Figura 3.34: Comportamiento de la corriente en el arranque de la máquina.....	59

Figura 3.35: Comportamiento de la corriente con la máquina funcionando en vacío .....	59
Figura 3,36: Comportamiento de la corriente con la máquina funcionando a plena carga.....	60



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TÍTULO:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA QUE ELABORE ALIMENTO BALANCEADO PARA GANADO BOVINO”

**Autores:**

Chicaiza Molina Bryan Stalyn

Moreno Armas Gino Ismael

#### RESUMEN

Este proyecto de titulación tiene la finalidad de diseñar y construir una máquina peletizadora, la cual permita elaborar alimento balanceado para ganado bovino en pequeños cuerpos cilíndricos llamados pellets con una longitud de 1 cm a 3cm y un diámetro de 0,6 a 0,8 cm ,por tal razón la maquina estará compuesta por cuatro sistemas : sistema de alimentación, sistema de extrusión el cual está conformado por los rodillos que comprimen la materia prima y la hacen circular a través de la matriz la cual brinda la forma de los orificios que están distribuidos sobre ella en los 360°, sistema de corte el mismo se encarga de realizar el corte del pellet de una determinada longitud y diámetro y el sistema de potencia quien se encarga de transmitir movimiento a la máquina y a sus componentes. Pará su diseño se utilizó el software de dibujo SolidWorks con licencia estudiantil el mismo que permitió elaborar el proyecto a la vez en el mencionado programa se elaboraron simulaciones a las partes fundamentales de la maquina sometiendo los a cargas y esfuerzos con el fin de determinar si sus propiedades son aptas para la construcción de la máquina.

Pará su construcción se utilizaron dos clases de aceros los cuales son: Acero ASTM A36, el mismo que por sus características y su reducido costo económico lo hace ideal para la construcción de ciertos elementos entre ellos están la tolva la cual se encarga en recibir la materia prima otro elemento fundamental es la cámara de aglutinado superior la cual albergará la materia prima receptada por la tolva previa a su extrusión de igual manera la cámara de aglutinado inferior la misma que recibe el pellet ya extruido y cortado a determinada longitud y diámetro dependiendo el tipo de animal para el que se lo requiera por último la estructura misma que soportará el peso de los componentes de la maquina y el motor, en simultáneo se usó el acero AISI 1045 ya que es un acero ideal para la construcción de diversas piezas mecánicas en este caso se hizo uso del mismo para la construcción del eje principal el cual brindará movimiento giratorio a la matriz que estará construida del mismo material al igual que el eje que albergará a los rodillos los cuales conformarán una sola pieza, la cual cumplirá la función de comprimir la materia prima. Por último, el sistema de transmisión de potencia estará constituido por un motor de 3HP el cual brindará movimiento a una transmisión por poleas la cual tiene la función de reducir y transmitir movimiento al eje principal a una velocidad adecuada.

**Palabras clave:** Máquina, Peletizadora, Diseño, Capacidad, Acero.



## TÉCHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

### FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**TITLE:** “DESIGN AND BUILD A PELLETIZING MACHINE THAT ALLOWS MAKING BALANCED FOOD FOR CATTLE”

**Authors:**

Chicaiza Molina Bryan Stalyn

Moreno Armas Gino Ismael

#### ABSTRACT

This project is intended to design and build a pelletizing machine that allows making balanced food for cattle in small cylindrical bodies called pellets with a length of 1 cm to 3cm and a diameter of 0.6 to 0.8 cm; so the machine will consist of four systems: food system , extrusion system which is made up of the rollers that compress the raw material and make it circulate through the matrix which provides the shape of the holes that are distributed over it in the 360 °, cutting system which is responsible for cutting the pellet of a certain length and diameter and the power system that is responsible for transmitting movement to the machine and its components. Solidworks drawing software with a student license was used for its design, which allowed the project to be prepared; simulations were developed for the fundamental parts of the machine by subjecting those to charges and efforts to determine if its properties were suitable for the construction of the machine.

Two classes of steel were used for its construction which are: ASTM A36 steel, whose characteristics and economical cost make it ideal for the construction of certain elements, among them: the hopper, which is entrusted to receive the raw material, another fundamental element is the upper agglutinated chamber which will house the raw material received by the prior hop and diameter depending on the type of animal for which the same structure itself will support the weight of the components and the engine will be required, simultaneously the AISI 1045 steel was used since it is an ideal steel for the construction of various mechanical pieces, in this case, was used for the construction of the central axis which will provide rotating movement to the matrix that will be built with the same material as well as the axis that will house the rollers which will form a single piece, which will fulfill the function of compressing the raw material. Finally, the power transmission system will be constituted by a 3HP engine which will provide movement to a pulley transmission that reduces and transmits movement to the main axis at an adequate speed.

Keywords: Machine, Pelletizer, Design, Capacity, Steel.





## ***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 del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PELETIZADORA QUE ELABORE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA GANADO BOVINO”** presentado por: **Moreno Armas Gino Ismael y Chicaiza Molina Bryan Stalyn**, egresados de la Carrera de Electromecánica, perteneciente a la **facultad de ciencias de la ingeniería y aplicadas**, 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 aval para los fines académicos legales.

Latacunga, marzo del 2023

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:  
**WILMER PATRICIO  
COLLAGUAZO VEGA**



**CENTRO  
DE IDIOMAS**

MBA. Wilmer Patricio Collaguazo Vega  
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC  
CI: 172241757-1

## INFORMACIÓN GENERAL

**Título:** Diseño y construcción de una máquina peletizadora que elabore de alimentos balanceados para ganado bovino

**Fecha de inicio:** Octubre 2022

**Fecha de finalización:** Febrero 2023

**Lugar de ejecución:** Universidad Técnica De Cotopaxi

**Facultad que auspicia:** Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Electromecánica

### Equipo de Trabajo:

Tutor del proyecto de investigación

- Nombre: Ingeniero MSc. Segundo Ángel Cevallos Betún
- Celular: 0994793325
- Correo electrónico: segundo.cevallos@utc.edu.ec

Coordinador del Proyecto:

- Nombre: Bryan Stalyn Chicaiza Molina
- Celular:0987718922
- Correo electrónico: bryan.chicaiza4846@utc.edu.ec

Coordinador del Proyecto:

- Nombre: Gino Ismael Moreno Armas
- Celular:0995154772
- Correo electrónico: gino.moreno7632@utc.edu.ec

### Área Conocimiento:

<b>Campo Amplio</b>	<b>Campo Especifico</b>
07 Ingeniería, Industria Construcción.	072 Industria y Producción.

### Línea de investigación:

Procesos Industriales.

### Sub líneas de investigación de la Carrera:

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

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.2 EL PROBLEMA

### 1.2.1 Planteamiento del problema

En la zona central del Ecuador específicamente en la provincia de Cotopaxi, gran parte de la población rural se dedica a la crianza de ganado bovino y derivados de los mismos por lo cual el crecimiento de los animales debe ser el adecuado para que la producción y desarrollo sea de una mayor calidad, la principal causa de un desarrollo deficiente es debido a la alimentación ya que en dichas zonas el acceso a alimentos con un alto contenido nutritivo como lo es el balanceado resulta complicado por su condición geográfica ya que conlleva una alta inversión de dinero así mismo adquirir una maquina peletizadora resulta una tarea compleja ya que debido a su alto costo es una opción inviable , por lo cual para solventar aquellas dificultades se implementará una máquina peletizadora de alimentos para elaborar pellets a partir de diferente materia prima previamente molida y a un costo de fabricación accesible.

#### 1.2.1.1 Diagrama de Ishikawa

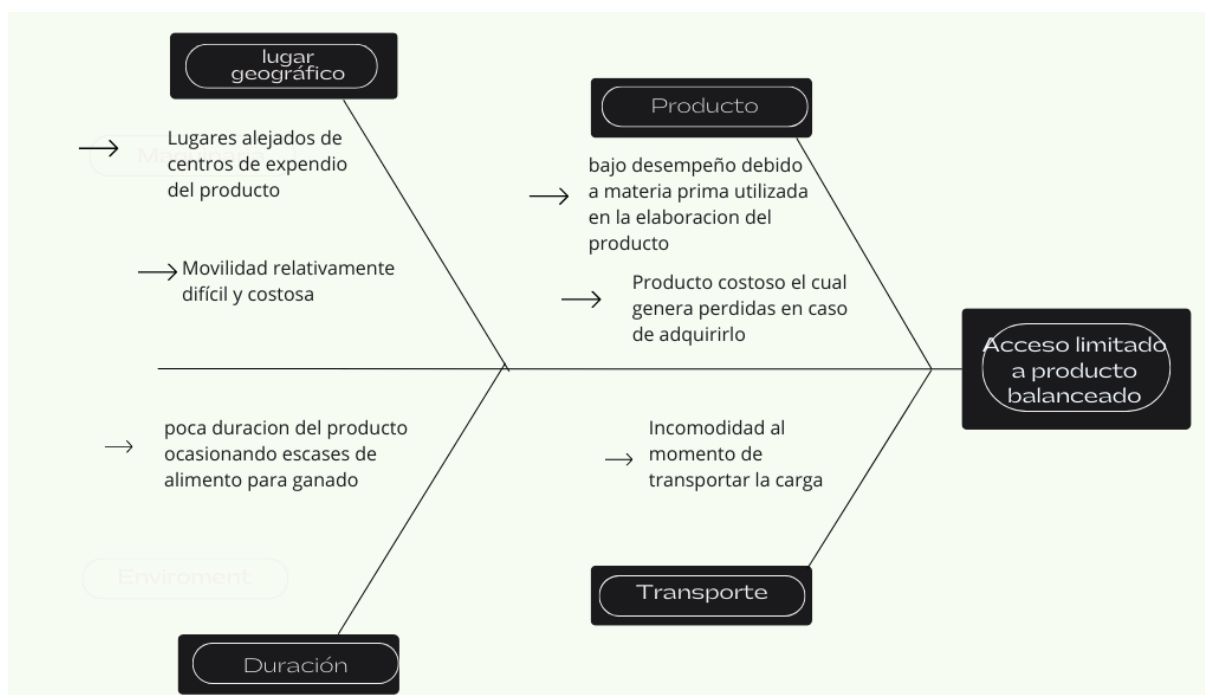


Figura 1.1: Diagrama de Ishikawa

### **1.2.2 Formulación del problema**

El difícil acceso ha alimento balanceado ocasiona un pobre desarrollo de los animales, por ende, sus productos derivados no son de buena calidad, por tal motivo se requiere la implementación de una maquina peletizadora que elabore alimento balanceado que supla aquella necesidad y optimice los procesos de producción de los pobladores del barrio Tilipulo perteneciente al cantón Latacunga.

### **1.3 BENEFICIARIOS**

DIRECTOS: Estudiantes de la carrera de ingeniería electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

INDIRECTOS: Moradores del sector de Tilipulo en el cantón Latacunga.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

El presente proyecto tiene como objetivo principal, resolver el problema del acceso al producto balanceado, para lo cual se implementará una maquina peletizadora que facilitará la elaboración de alimento para ganado bovino. Esta clase de proyectos tecnológicos ayuda a los pequeños y medianos productores de ganado del país brindándoles un acceso al producto balanceado, abaratando costos de producción, mejorando el desarrollo de los animales y favoreciendo su economía. En este caso se ha beneficiado a los moradores del barrio Tilipulo del cantón Latacunga.

### **1.5 HIPÓTESIS**

La construcción de una máquina peletizadora ayudará a obtener alimento balanceado para ganado bovino al sector de Tilipulo.

### **1.6 OBJETIVOS**

#### **1.6.1 General**

- Diseñar una máquina peletizadora para alimento balanceado mediante un diseño computacional, la misma que será construida e implementada en el sector de Tilipulo en el cantón Latacunga.

### 1.6.2 Específicos

- Identificar la metodología adecuada, formulas y cálculos necesarios para el diseño de máquinas.
- Realizar el diseño estructural de cada una de las partes de la máquina peletizadora con la ayuda de herramientas de tipo CAD para la simulación de la misma.
- Construir cada una de las partes diseñadas en el software para posteriormente ensamblarlas.

### 1.7 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1.1: Tareas a cumplir

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Resultados esperados</b>	<b>Medios de verificación</b>
Identificar la metodología adecuada, formulas y cálculos necesarios para el diseño de máquinas.	Recopilación de información, fórmulas de diseño de máquinas.	Análisis de fuentes de información, bibliografías.	Investigación. Bibliográfica. Papers. Libros.
Realizar el diseño estructural de cada una de las partes de la máquina peletizadora con la ayuda de herramientas de tipo CAD para la simulación de la misma.	Revisión de cursos en línea de manejo de softwares de modelado, ensamblaje y simulación.	Adquirir las habilidades necesarias para el modelado de la máquina y su simulación antes de la	Software de simulación. Datos arrojados posterior a la simulación.

	n.	construcción n.	
Construir cada una de las partes diseñadas en el software para posteriormente ensamblarlas.	Elaboración de partes y piezas con la ayuda de planos ya obtenidos en el software.	Armado correcto de la estructura de la máquina. Partes móviles de la máquina no presenten dificultad para realizar su trabajo.	Verificación de funcionamiento de la máquina mediante técnica VOSOA.

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1 ANTECEDENTES

En el año 2015, Carreño en su tesis de grado presentada concluye que después de obtener información sobre las máquinas peletizadoras, se pudo apreciar que una máquina con rodillos giratorios tiende a ser más efectiva en la producción de alimentos balanceados en forma de pellets [1].

En el año 2018, Mejía y Pérez en su trabajo de grado presentado concluyen que la utilización de softwares de diseño y simulación es de gran ayuda, porque se logró medir mediante una simulación las deformaciones en zonas críticas y el desplazamiento máximo que puede tener la estructura, logrando así denotar si puede o no soportar las cargas aplicada sobre ella para seleccionar el tipo de material adecuado. A su vez el estudio térmico permitió observar el

comportamiento de las piezas que están sometidas a altas temperaturas, logrando prevenir dilataciones o deformaciones en la pieza, la cual afecta en la funcionalidad de la máquina [2].

En el año 2019, Morales en su trabajo de grado presentado concluye que se realizaron los cálculos necesarios para el diseño de una maquina peletizadora que garantizan resultados óptimos en su producción y operación de acuerdo a una necesidad específica [3].

En el año 2019, Albán y Arias en su trabajo de titulación concluyen que las pruebas de fabricación de balanceado dieron como resultado un nivel de producción de 160kg/h de producto, por lo cual se satisface las necesidades iniciales de producción requeridas por la empresa. El estudio económico revela que la maquina posee un “Pay-Back” o retorno de inversión de 5 meses aproximadamente, por lo cual el proyecto resulta viable [4].

En el año 2020, Taica en su tesis de grado presentada concluye que la determinación correcta de los 4 parámetros principales involucrados en el proceso de peletizado permite tener un enfoque sobre los futuros mecanismos y dimensiones de la máquina. Al tener en cuenta la fricción (0.45) o densidad (700 kg/m<sup>3</sup>) del alimento balanceado, permite generar una visión sobre las fuerzas que tienen que brindar los elementos del proceso de peletizado para una buena compresión [5].

## **2.2 MARCO REFERENCIAL**

### **2.2.1 Máquina peletizadora**

Una peletizadora es una máquina, la cual se encarga en crear pellets mediante un proceso de compresión de materia convertida en polvo dando como resultado de aquel proceso una pequeña masa cilíndrica llamada pellet la cual puede estar constituido por diferentes balanceados por ende su contenido nutritivo será alto y muy beneficioso para el crecimiento del ganado bovino.

Son máquinas utilizadas generalmente para procesar distintos productos, obteniendo como producto final pequeñas porciones de la mezcla de distintos productos. Estas porciones son conocidas como gránulos o pellets. Se utilizan en varios procesos industriales tales como en la agroindustria para la elaboración de alimentos para animales y elaboración de fertilizantes, en la industria farmacéutica para elaborar medicamentos en tabletas o capsulas, manufactura de cosméticos además de convertir madera o paja en biocombustibles en pellets. [4]

### **2.2.1.1 Tipos de peletizadoras**

En el mercado existen varios tipos de máquinas peletizadoras generalmente de tamaño industrial las cuales no están a disposición de los pequeños y medianos productores por su elevado costo y su adquisición es realmente difícil ya que ellos no perciben las ganancias que las grandes empresas generan y a la vez su producción es menor a las de ellas, por ende en el mercado actual se ha implementado maquinaria de un tamaño proporcional a la cantidad de producción que se desea obtener a su vez orientada al pequeño y mediano productor de animales o derivados de ellos y a un costo accesible al pequeño empresario, las mismas se emplean en la elaboración de pellets de diferente materia prima como: polímero, madera, balanceados u alimentos, entre otros, la maquina está constituida por un sistema de alimentación, extrusión y corte.

Su principal fuente de fuerza motriz es el motor ya sea eléctrico o de combustión interna a la vez se incorpora un sistema de transmisión el cual toma la energía eléctrica del motor y la transforma en energía mecánica rotatoria con el fin de brindar fuerza a los componentes de la máquina. Se las puede clasificar en dos modelos las cuales son de matriz plana y anular. [4]

### **2.2.1.2 Peletizadora de matriz plana**

Este tipo de peletizadora está constituida por una matriz plana cilíndrica en la cual existen un número determinado de perforaciones circulares a ciertas distinciones en los 360° de la circunferencia, los mismos se los realiza con el fin de que la materia prima se deposite en los orificios para moldear el balanceado y con ayuda de los rodillos de compresión que giran en torno a las manecillas del reloj se compacte la molienda para formar un cuerpo solido cilíndrico llamado pellet.

La peletizadora de matriz giratoria y rodillo estático o mejor llamada peletizadora de matriz plana es la más eficiente en cuanto a la producción de mediana y baja escala la misma fue seleccionada para su construcción por consiguiente consta de cuatro sistemas los cuales se detallan a continuación. [6]



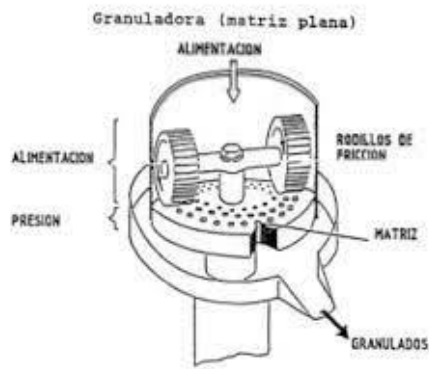


Figura 2.1: Peletizadora de matriz plana [6]

### 2.2.1.3 Peletizadora de matriz anular

Este tipo de maquina peletizadora está constituida por un cilindro hueco la cual en toda su longitud existen perforaciones las mismas que actúan como una cámara de aglutinado de materia prima, la misma es peletizada mediante unos rodillos separados entre si 180° desde el interior hasta el exterior de la matriz. [6]

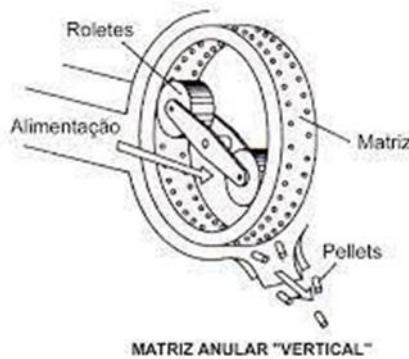


Figura 2.2: Peletizadora de matriz anular [6]

### 2.2.1.4 Partes de una peletizadora de matriz plana

Específicamente una maquina peletizadora para alimentación animal está conformada por componentes y piezas las cuales al estar incorporadas entre sí en un solo mecanismo realizan la función de compactar materia prima y extruirla en forma cilíndrica en una determinada longitud y diámetro para la necesidad previamente mencionada, por lo cual se describirá brevemente las partes que la conforman:

#### **2.2.1.4.1 Estructura**

Es la parte sólida de la máquina la cual está construida de acero ASTM A36, sobre la cual los diferentes componentes y accionamientos se fijarán brindando un apoyo por ende la misma debe ser una estructura con una alta resistencia a impactos además que reduzca vibraciones producidas por la máquina.

#### **2.2.1.4.2 Motor**

Es la fuente principal de fuerza y entregará potencia a la máquina receptora para producir movimiento en los elementos y accionamientos de la máquina para producir pellets.

#### **2.2.2.4.3 Matriz**

Es el molde sobre el cual se depositará la materia prima hasta llegar a los orificios de determinado diámetro y llenarlos para su posterior extrusión mediante los rodillos de compactación los cuales, al ejercer la presión adecuada sobre el aglutinante, el mismo adquirirá su forma característica llamada pellet.

#### **2.2.2.4.4 Tolva**

Es una estructura la cual está conformada por acero y su forma, su principal función es recibir la materia prima que gracias por la acción de la gravedad caerá por sus paredes hacia la cámara de aglutinamiento para posteriormente depositarse en la matriz de extrusión donde se genera el proceso de peletizado.

#### **2.2.2.4.5 Rodillos de compactación**

Son los encargados de ejercer una fuerza de compresión, la misma que en conjunción con la matriz será capaz de transformar la materia previamente molida en un producto denso de determinado diámetro y longitud. [1]

### **2.2.2 Alimentación en ganado bovino**

La alimentación de ganado bovino puede ser específica como variada ya que los animales se pueden adaptar a diversos tipos de dieta por su aparato digestivo los cuales realizan el proceso de digestión de cualquier alimento, la dieta del forraje se ha mantenido por un prolongado tiempo ya que se la obtiene de manera muy económica y no conlleva gran esfuerzo sembrarla y cosecharla o a la vez llevar al ganado a pastorear el forraje este posee nutrientes necesarios y es una fuente de alimento para los animales herbívoros así como es esencial para una crianza

en óptimas condiciones del ganado a su vez existen diversas clases de alimentos para ganado bovino los cuales pueden ser:



Figura 2.3: Alimento para ganado bovino

Se puede observar que el ganado bovino se puede adaptar a diferentes categorías de alimentos las cuales pueden ser: forraje, granos o a su vez harinas o mejor conocidas como balanceado las cuales se obtienen de materia prima como: maíz, trigo o soja. Las cuales luego de someterlas a un proceso de molienda están en óptimas condiciones para satisfacer alimentariamente al animal. Por otro lado, los pellets han venido tomando gran importancia en la industria alimentaria ya que los mismos poseen muchos beneficios como la capacidad de saciar al animal con menor cantidad de alimento ya que al ser un producto que contiene una composición de diferentes aglutinantes sacia con menor cantidad a su vez su transporte y almacenamiento es mucho menor comparado con los demás tipos de alimentos. [7]

### 2.2.2.1 Ensilaje

Este proceso está centrado en la conservación del forraje en su estado por un determinado tiempo, el ensilado tiene como fin el contar con un determinado stock de forraje para suministrarlo al ganado en épocas de sequía donde el forraje escasea y por ende el animal no se alimenta de manera adecuada lo cual ocasiona una producción menor de lácteos y derivados del ganado bovino.

Para llevar a cabo este proceso inicialmente se corta la materia prima en una determinada longitud y se la comprime con el fin de eliminar el oxígeno lo cual da paso a comenzar una fermentación láctica del forraje en la cual los microorganismos obtienen los azúcares de la

materia prima a ensilar y lo transforman en ácido láctico el cual disminuye su PH y crea un espacio en donde algunos microorganismos no pueden subsistir y por ende no pueden descomponer el forraje, mientras la materia no sea expuesta al oxígeno esta se conservará en buen estado. [8]

#### **2.2.2.2 Hierba**

La hierba es un alimento de origen vegetal el cual crece en el suelo de un terreno y que se destina a la alimentación de los animales.

El ganado bovino tiene su sustento en la hierba. Ya que este alimento permite nutrir al ganado de forma más económica y sencilla: las ovejas, las cabras, las vacas y el restante de animales pueden pastorear bajo el cuidado de un pastor. El maíz, la soja, la alfalfa y la avena son algunas de las plantas que, al desarrollarse, crean hierba.

Precisamente algunos rincones del mundo son reconocidos porque cuentan con unos pastos de gran calidad, por lo cual son espacios propicios para que el ganado que allí se cría posea un desarrollo envidiable., por ejemplo, en los páramos de la serranía Ecuatoriana.

De tal manera, se debe especificar que dentro del sector de la ganadería se suele tratar de ciertas especies de hierba. Entre las más valoradas se encuentran:

Pasto verde, con el que se alimentan los caballos y demás animales al pastorear en el campo o bien en las explotaciones donde viven durante los meses de primavera y verano.

Pasto seco. Bajo esta característica aparece este alimento con que el ganado se alimenta durante la temporada de invierno. Hay que recalcar que viene compuesto por frutos secos como por paja. [9]

#### **2.2.2.3 Heno**

Este tipo de alimento se lo obtiene de una mezcla de diferentes plantas cortado y expuesto al sol por un determinado número de días en el cual se seca y sirve como alimento del ganado durante la época invernal donde el pasto verde escasea por la consecuencia del clima, este tipo de alimento tiene menor beneficio nutritivo para el ganado ya que al ser sometido a un proceso de secado se elimina sus sustancias nutritivas a su vez la producción disminuye. [10]

#### **2.2.2.4 Granos**

Los granos han sido y serán una parte fundamental en la dieta de los animales de granja ya que mediante los mismos el animal consigue una gran cantidad de energía, aunque poseen un menor contenido en fibra, pero un alto porcentaje en proteínas por ende su valor alimenticio es muy alto y aporta en el desarrollo del animal y sus derivados.

#### **2.2.3 Peletizado**

La producción de pellets es un proceso el cual consiste en dar forma a harinas, aglutinantes con el fin de crear a una masa de particular de materia de determinado tamaño mediante procesos mecánicos.

Los procesos que interviene en la formación del pellet están dispuestos por diferentes etapas de compresión y extrusión para así obtener las mejores propiedades.

#### **Ventajas**

- La alimentación animal con pellets brinda diferentes beneficios como la mejor absorción de los nutrientes ya que al ser de una concentración altamente nutritiva se aprovecha al máximo su composición elevando el desarrollo del animal.
- Mediante el proceso de paletización se puede disminuir la presencia de gérmenes los cuales pueden causar enfermedades en los animales y por ende disminuir su capacidad de desarrollo hasta la muerte, por lo cual es muy beneficioso peletizar los alimentos para animales
- Mejora la densidad del alimento ya que gran parte de los nutrientes están comprimidos y concentrados en el moldeo durante el proceso.
- A su vez es de fácil almacenamiento ya que por su menor tamaño se pueden almacenar en grandes cantidades. [11]

#### **2.2.3.1 Pellet**

Es una pequeña masa de forma cilíndrica conformada por partículas de materia prima hecha polvo con el fin de unificarla mediante procesos mecánicos con el propósito de reducir desperdicio de alimento y hacerlo más apetecible y digerible para el animal para mejorar su desarrollo ya que conserva sus propiedades nutritivas prolongadamente.

Comúnmente, están conformados por balanceado y aglutinantes los cuales son encargados de hacer más densa la mezcla y esto facilita su compactación en una forma cilíndrica la cual se

logra mediante una matriz la cual moldea la materia prima a su vez su tamaño está determinado por una cuchilla la cual interfiere en el flujo continuo del material. [12]

### 2.2.3.1 Calidad del pellet

Los terneros, el ganado y las vacas lactantes poseen necesidades nutricionales diferentes, por lo que necesitarán diferentes formulaciones de alimentos. Las materias primas tienen un gran efecto en la calidad de la leche, por ejemplo, los residuos de colza, las escorias, la harina de pescado y el polvo de crisálida deben limitarse estrictamente; de lo contrario, puede que la leche tenga un olor peculiar. El acondicionamiento es un factor clave en la peletización para lograr la pasta de almidón, la esterilización, la mejora de la calidad del grano, la dureza del grano y la durabilidad, incluyendo el contenido de humedad del material, el tiempo de retención, y la temperatura [11].

### 2.2.3.2 Características del pellet

#### 2.2.3.2.1 Dimensión de un pellet

La dimensión de un pellet por lo general en la alimentación de animales de granja no varía, sin embargo, su espesor cambia dependiendo al tamaño del animal que va a ser alimentado con el sólido de balanceado, tal que mientras más grande sea el animal mayor será el diámetro del pellet.

Por lo cual teniendo en cuenta que el ganado bovino tiene un tamaño considerable a continuación se describe sus características en la siguiente tabla. [4]

Tabla 2.1: Características del pellet [4]

<b>Tipo Ganado</b>	<b>Longitud (mm)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Humedad (%)</b>
<b>BOVINO</b>	10-15	8	0,008	700/750	<15
<b>AVES</b>	4-8	4	0,005	650/700	<10
<b>CERDOS</b>	5-10	6	0,008	700/750	<15
<b>CONEJOS</b>	5-10	5	0,009	600/650	<8

## **2.2.4 Sistema de potencia**

Como principal fuente de potencia existente es el motor el cual es el encargado de proporcionar la fuerza mecánica rotativa o torque a la maquina necesaria para poner en funcionamiento los diferentes mecanismos de la máquina, pueden ser eléctricos como de combustión, para un mayor rendimiento en este proceso se sugiere utilizar motores de inducción trifásica ya que tiene un menor tamaño y proporcionan una mayor potencia.

### **2.2.4.1 Sistema de transmisión de potencia**

Una de las tareas más comunes que se asignan a una maquinaria es la transmisión de potencia a partir de una fuente que puede ser un motor o un mecanismo diseñado donde se obtiene un impulso de salida. Existen varios medios de transmisión de potencia siendo el más eficiente transmitir la potencia a través del movimiento rotatorio de un eje que es soportado por cojinetes también conocidos como rodamientos. A estos ejes se puede incorporar engranajes, bandas, poleas o catalinas de cadena para lograr cambios de velocidad y par de torción entre los ejes.

Para diseñar un sistema de transmisión de potencia se requiere prestar atención en el diseño y en la selección de los componentes del sistema como pueden ser engranajes, rodamientos, ejes, poleas entre otros. Para el diseño es importante conocer los materiales a utilizar, conocer variables que deben soportar como el esfuerzo y la deflexión y las fuerzas que deben transmitirse en los ejes [13].

#### **2.2.4.1.1 Sistema de transmisión por banda**

Este sistema que transmite potencia entre ejes y árboles se caracteriza por el uso de bandas y desde dos poleas en adelante, estas poleas son fijadas a los ejes o árboles en los que se desea transmitir el movimiento. Este sistema transmite la potencia desde una polea conductora a una conducida por el rozamiento entre la banda y la polea, sin embargo, se pueden utilizar correas sincronizadas en donde la transmisión se produce por el empuje de los dientes de las bandas dentadas [14].

#### **Ventajas**

- Funcionamiento más silencioso en comparación a la transmisión por cadenas o engranajes.
- Absorbe choques en el sistema por la elasticidad de la banda.
- Economiza la transmisión de potencia entre árboles a distancias relativamente grandes.
- Ocupa poco mantenimiento.

- El costo de adquisición es menor en comparación a otros sistemas.
- El acople y desacople es mucho más fácil.
- Permite cambiar la relación de transmisión fácilmente.
- Alcanza velocidades elevadas.
- Asegura que no se produzcan daños en una máquina en el caso de que uno de los árboles quede bloqueado.

#### **2.2.4.1.2 Bandas transmisoras de potencia**

Estas bandas son componentes de tipo flexibles dentro de la transmisión de potencia, se utilizan generalmente en cualquier proceso de industrial, por su facilidad de aplicación y además de las ventajas ya mencionadas [15].

#### **Tipos de bandas**

En el mercado local existen varios tipos de bandas usadas en distintas aplicaciones industriales donde se requiera la transmitir potencia para un proceso.

#### **Bandas planas**

Utilizadas para transmitir movimientos de dos ejes en paralelo o también cruzados con un máximo de 90°. Estas son el primer tipo de bandas que se inventaron, aunque en la actualidad su uso ha disminuido por la gran variedad de bandas y sus mejores resultados obtenidos.

El material usado para su construcción en la actualidad son algunos materiales sintéticos como nylon, poliéster, y caucho sintético. Estas bandas son cintas abiertas que usan broches especiales para cerrarlas sobre las poleas

#### **Bandas trapezoidales**

Caracterizadas porque presentan una figura de trapecio regular. Sus tamaños se encuentran normalizados. Se utilizan principalmente para evitar el patinamiento esto se garantiza de manera que la banda no tenga contacto con el fondo de la polea y solo se asegura un contacto firme en las paredes laterales de la polea.



### **Bandas múltiples en “v”**

Son una derivación de las correas trapecoidales, se utilizan para transmitir torques elevados en donde se montan varias bandas sobre poleas con varios canales garantizando así una correcta transmisión de potencia con bandas en buen estado.

### **Bandas dentadas**

Este tipo de banda transmisora es capaz de transmitir el movimiento sincronizadamente, por la presencia de un dentado transversal en la cara interna que se va acoplando a ranuras similares presentes en las poleas conductoras y conducidas. Estas bandas por estas características se usan en muchos casos reemplazando a otros tipos de transmisiones sincronizadas siendo más eficientes y de menor costo [16].

#### **2.2.4.1.3 Poleas**

Las poleas son ruedas con una hendidura en su centro para ser acopladas a un eje el que les proporciona el giro, posee un canal o garganta en la parte exterior para asegurar el contacto de la polea y la banda y garantizar la transmisión del movimiento. En este tipo de sistema de transmisión existen principalmente dos poleas [17].

Una conductora también conocida como de entrada o motora que va sujeta a un eje que es movido por la fuerza de un motor.

Una conducida también conocida como de salida o arrastrada se encuentra acoplada a un eje donde se encuentra la resistencia que hay que vencer.

### **2.1.1. Motores eléctricos monofásicos**

Es una máquina rotativa encargada de transformar la energía eléctrica en energía mecánica. Estos motores son similares en su composición a los motores trifásicos sin embargo la diferencia principal que presentan es la necesidad de un bobinado auxiliar que ayuda en el inicio del giro.

En este tipo el par motor es más bajo que en los motores trifásicos por lo que son de baja potencia alcanzando un máximo de 10 HP, pueden funcionar hasta una tensión de 440 V, Debido a la presencia de una única tensión alterna a diferencia de la triple honda que se presentan en los trifásicos [18].

La ventaja de utilizar este tipo de motores esta principalmente en que la las fuentes monofásicas son las de mayor presencia en las instalaciones residenciales de la localidad.

### **2.2.5 Motores eléctricos monofásicos de inducción**

El motor monofásico de inducción es una máquina asincrónica en la que el devanado del estator funciona con la conexión a una red monofásica.

En el Teorema de Leblanc se describe que en un devanado monofásico al ser recorrido por una corriente alterna monofásica se crea un campo magnético pulsante, el mismo que hace la función de dos campos magnéticos giratorios de las mismas características que rotan en sentido contrario. En estos campos giratorios se origina un par similar a los que se encuentran en una máquina asíncrona polifásica [19].

#### **2.2.5.1 Arranque de motores monofásicos**

Un motor monofásico de inducción no obtiene con par de arranque intrínseco. En este caso se tiene tres técnicas diferentes para poder arrancar esta clase de motores están clasificadas por el método usado para producir su par de arranque, estos tipos de arranque se pueden diferenciar uno de otro por el costo y la cantidad del par producido [20].

Las técnicas utilizadas para el arranque son métodos para alcanzar que uno de los dos campos magnéticos presentes sea más fuerte que el otro de esta manera se brinda un apoyo inicial en una dirección.

Las técnicas utilizadas son:

##### **2.2.5.1.1 Devanados de fase partida**

Es un tipo de motor de inducción monofásico que consta de dos devanados estatóricos siendo el uno principal y el otro auxiliar, estos devanados se encuentran separados  $90^\circ$  por encima del estator, el devanado auxiliar está diseñado de tal manera que se desconecta del circuito a una velocidad dada por un interruptor centrifugo. Este devanado se diseña con una relación resistencia/reactancia mayor que la que se encuentra en el devanado principal, así se logra que la corriente del devanado primario adelante a la corriente del devanado principal [20].

### **2.2.5.1.2 Devanados con capacitor**

#### **Motor con arranque por condensador**

Este tipo de motores con arranque por condensador poseen dentro de su estator dos devanados que se encuentran desfasados  $90^\circ$  eléctricos, a uno de estos se le llama principal y cubre  $2/3$  de las ranuras totales del estator y otro llamado auxiliar y cubre la parte restante del estator. Se conecta un condensador en serie al devanado auxiliar para garantizar que las intensidades que circulan por los dos devanados aproximadamente estén desfasadas  $90^\circ$  en el tiempo y sean iguales sus módulos.

A la circular corriente de valores eficaces iguales y desfasadas  $90^\circ$  entre sí por unos devanados desfasados  $90^\circ$  en el espacio hace que la máquina se comporte como un motor bifásico creando un campo magnético que hace girar al motor. El devanado auxiliar se desconecta una vez que el motor se ha arrancado y sigue funcionando [19].

#### **Motores de capacitor permanente dividido y motores de capacitor de arranque-capacitor de marcha**

Se utiliza un condensador de arranque para mejorar las características par-velocidad de un motor de inducción a veces se incorpora un condensador al devanado auxiliar. Si el valor de los condensadores es escogido adecuadamente el motor tendrá un campo magnético rotacional uniforme así se comporta como un motor trifásico de inducción. Estos motores con capacitor dividido permanente son más sencillos que los motores de arranque por capacitor ya que no necesitan de un interruptor de arranque. Son más eficientes y poseen un factor de potencia más alto y par más suave que los motores de inducción sencillos [20].

### **2.2.6 Sistema de alimentación**

El sistema de alimentación es aquel en donde se deposita el alimento en partículas pequeñas y es el encargado de suministrar la cantidad correcta de mezcla hacia los rodillos de compresión y la matriz para dar paso al proceso de extrusión.

### **2.2.7 Sistema de compresión**

El siguiente paso en el proceso se logra gracias a los rodillos giratorios que se encuentran en la cámara de aglutinado, la materia prima debe estar previamente molida ya que la maquina no cumple aquella función de moler la materia prima, la misma debe ser depositada en el sistema

de alimentación para posteriormente caer en la matriz en la cual la materia hecha polvo adquirirá la forma característica del pellet para que finalmente los rodillos la compriman, gracias a la fricción generada en este paso existe la presencia de calor la cual logra que las partículas de balanceado se mantengan unidas al finalizar el proceso de extrusión.

### **2.2.8 Sistema de corte del pellet**

Este sistema tiene la función de recortar el pellet en un determinado tamaño una vez finalizado el proceso de formación del pellet, el mismo se lo puede regular según la necesidad que se tenga, este compuesto por una cuchilla que está ubicada debajo de la matriz, este sistema debe conservar su filo ya que los balanceados debido a su densidad son muy abrasivos.

### **2.2.9 Material en el que está construida la máquina**

#### **2.2.9.1 Acero al carbono a36**

El acero al carbono, también conocido como “acero de construcción”, es uno de los materiales más usados en la industria. Sus propiedades como resistencia y durabilidad, de ahí que el acero al carbono sea usado en casi el 90% de las construcciones del mundo.

Los aceros de construcción se caracterizan por tener propiedades mecánicas superiores al resto de los aceros. Algunas de ellas son alargamiento o elongación, facilidad de fabricación, límite elástico, resistencia a la fatiga y a la tracción y tenacidad.

Este tipo de acero se usa en la elaboración de diferentes herramientas o equipo de máquinas para construcciones e instalaciones, y para crear elementos estructurales que soportan grandes cargas y acciones mecánicas de servicio.

Aceros de bajo carbono (% carbono < 0.25 o 1016 a 1030 SAE). Presentan buenas características de ductilidad, maleabilidad, maquinabilidad y soldabilidad. Son idóneos para soldadura. Sus principales aplicaciones se implementan en la fabricación de alambres, barras, clavos, tornillos y varillas [21].

#### **2.2.9.2 Acero AISI/SAE 1045**

Es un acero de grado de ingeniería con un amplio campo de aplicación por las propiedades que presenta como un nivel medio de resistencia mecánica y tenacidad y el costo relativamente bajo en comparación con aceros de bala aleación.

Se utiliza en la industria automotriz en productos que son forjados y estampados. Se usa también en algunas partes de máquinas cuyos requerimientos son dureza y tenacidad por ejemplo: manivelas, chavetas, pernos, bulones, engranajes de baja velocidad, acoplamientos, árboles, bielas, cigüeñales, ejes de maquinaria de resistencia media, piezas de armas, cañones de fusiles, espárragos, barras de conexión, tornillería grado 5, pernos de anclaje, fabricación de herramientas agrícolas, mecánicas y de mano forjadas de todo tipo como: hachas, azadones, rastrillos, picas, martillos, palas, barretones, llaves, etc. [22].

### **Características**

Posee una baja soldabilidad y una buena maquinabilidad, responde de excelente manera al tratamiento térmico, así como también al endurecimiento por llama o inducción, Por su dureza y tenacidad es excelente para la fabricación de partes de varias maquinarias [23].

Por su temple es utilizado en una gran variedad de aplicaciones en la industria automotriz.

## **3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

### **3.1 METODOLOGÍA**

#### **3.1.1 Métodos**

##### **3.1.1.1 Método bibliográfico**

Previo al diseño de la máquina peletizadora se realizó una exhaustiva investigación en libros, tesis y artículos referentes al diseño de máquinas en los cuales se encontró varios datos a tomar en cuenta en el diseño de la peletizadora de matriz plana giratoria.

##### **3.1.1.2 Método Cuantitativo**

Este método también influye de manera significativa dentro del proyecto ya que es necesario tener en cuenta algunas variables necesarias para el diseño inicial de la máquina.

##### **3.1.1.3 Método experimental**

Este método se consideró como el más relevante ya que con la ayuda del mismo se puso a prueba la máquina constatando que los valores de diseño se acercó mecho a los valores obtenidos en las pruebas iniciales de la máquina.

### 3.1.2 Instrumentos de medición

#### 3.1.2.1 Software de diseño y simulación

En este caso es el de más relevancia en el proyecto, ya que el mismo nos permite diseñar de manera correcta todas y cada una de las partes de la máquina, así como también permite la simulación del funcionamiento de la máquina pudiendo obtener varios cálculos necesarios para realizar los cambios necesarios en el diseño de la máquina.

#### 3.1.2.2 Calibrador Vernier

El calibrador vernier también conocido como calibrador pie de rey se utilizó para realizar la toma de medidas del espesor del material de la matriz, el diámetro de los orificios de peletizado y profundidad, así como también los diámetros de los ejes necesarios para la construcción de la máquina. Así como también se utilizó un flexómetro para la toma de medidas lineales.

#### 3.1.2.3 Tacómetro digital

Este medidor fue usado para la medición de las revoluciones por minuto que tiene la matriz giratoria al igual que las revoluciones de los rodillos compactadores los mismo que son conducidos por efecto del rozamiento entre los mismo y la matriz giratoria.

#### 3.1.2.4 Cámara termográfica

Esta cámara se utilizó ya en las pruebas de funcionamiento de la máquina para identificar las zonas en donde se produce calor por la fricción existente en el proceso de compactación del material de entrada en este caso el alimento ingresa en polvo y se obtienen los pellets.

#### 3.1.2.5 Pirómetro

Este aparato se usó para tomar las medidas de temperatura en la matriz y en los rodillos en pleno funcionamiento, para tener en cuenta el calor que se genera en el proceso de compresión del material.

### 3.1.3 Declaración de variables

Tabla 3.1: Variable independiente

Variables	Unidades	Técnicas o Instrumentos.
Diseño de la maquina peletizadora.	Milímetros	Flexómetro, Software de dibujo computacional para diseño mecánico

Tabla 3.2: Variable dependiente

Variables	Unidades	Técnicas e Instrumentos
Tiempo de la peletización	Minutos	Cronometro

### 3.1.4 Diseño conceptual

En esta etapa nos referimos a las necesidades (N) y los requerimientos (R), que deberá tener la maquina peletizadora, por lo que se procederá a recopilar información acerca de tipos y diseños de máquinas peletizadoras.

### 3.1.5 Funciones de la máquina peletizadora

En esta etapa se tomará en cuenta las funciones que cumplen diferentes tipos maquinas peletizadoras existentes, su funcionamiento y modelo varía de acuerdo a las necesidades del consumidor, en la siguiente tabla se detalla las necesidades y requerimientos de los parámetros que existen en una maquina peletizadora.

Tabla 3.3: Necesidades y requerimientos de la máquina peletizadora

<b>Funciones</b>	La máquina peletizadora tiene una capacidad de 100Kg/h de producción de pellets.	Requisito
	La máquina debe tener un sistema de control.	Requisito
<b>Energía</b>	La máquina peletizadora debe tener eficiencia energética (W/h)	Requisito
	La máquina peletizadora debe poseer un sistema de control.	Necesidad
	La máquina peletizadora deberá tener un sistema de protección contra sobrecargas.	Necesidad
<b>Seguridad</b>	La máquina peletizadora deberá optimizar y reducir el desperdicio de materia primas	Necesidad
	La máquina peletizadora debe poseer aislamientos eléctricos.	Necesidad
	La máquina peletizadora deberá tener protección a los cortocircuitos.	Requisito

<b>Ergonomía</b>	La máquina peletizadora deberá ser de operatividad intuitivas	Requisitos
	La máquina peletizadora deberá tener accesibilidad al mantenimiento.	Necesidad
	La máquina peletizadora debe ser fácil de ensamblar	Requisito
<b>Fabricación</b>	La máquina peletizadora debe estar constituida por componentes y repuestos comerciales.	Necesidades
	La máquina peletizadora debe estar construida con materiales resistentes.	Requisitos
	La máquina peletizadora deberá tener estabilidad, fuerza y potencia	Requisito
<b>Señales</b>	La máquina peletizadora deberá tener señales lumínicas de funcionamiento y seguridad.	Requisito
<b>Funcionamiento</b>	La máquina peletizadora tendrá mecanismos suficientes a las necesidades de producción de pellets en cortos y largos periodos de tiempo.	Necesidad
<b>Mantenimiento</b>	La máquina peletizadora deberá poseer un manual de mantenimiento	Requisito
	La máquina peletizadora deberá tener accesibilidad a limpieza.	Necesidad

### 3.1.6 Software de diseño mecánico SolidWorks

El software SolidWorks es un programa de diseño en 3D asistido por computadora, el cual permite diseñar piezas, ensambles y diversos equipos: mecánicos, eléctricos o cualquier prototipo que así lo requiera. El programa ofrece una variedad de herramientas que facilitan al diseñador la creación y simulación elementos o piezas de una máquina, a su vez permite realizar diseños de una manera rápida y económica optimizando el tiempo ya que hace algún tiempo las industrias realizaban el proceso de desarrollo de un producto nuevo de manera secuencial lo que conlleva un tiempo prolongado en cada fase en la que se necesita termina una etapa para iniciar la siguiente, SolidWorks permite llevar el proceso equivalentemente en lugar de secuencialmente lo cual genera una optimización del tiempo y recursos económicos.

Las características ofrecidas por el programa son las siguientes:



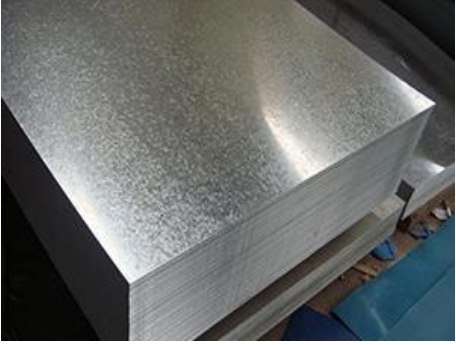

**Diseño:** creación de diseños en 2D con posibilidad de transformarlos en 3D con herramientas de herramientas de extrusión, etc.





**Animación:** posee herramientas de animación las cuales permiten dar movimiento a la pieza o ensamble con el fin de evaluar si el diseño satisface las necesidades.

**Simulación:** permite realizar estudios de esfuerzo a la pieza o ensamble con el fin de estimar su durabilidad a las condiciones medioambientales.

### 3.1.7 Elementos para la construcción de la máquina peletizadora

Tabla 3.4: Materiales para la construcción de la máquina peletizadora

Concepto	Figura
<p>La plancha utilizada para la construcción de la máquina en general es el acero ASTM A36, debido a su alta resistencia a la tracción y otras propiedades que posee el material el mismo que brindara a la maquina un correcto funcionamiento.</p> <p>Espesor: 3mm Largo: 122cm Ancho:244cm</p>	 <p>Figura 3.1: Plancha de acero A36</p> <p><b>Referencia:</b> Catalogo Dismetal.</p>
<p>Un rodamiento es un elemento utilizado para transmitir un movimiento giratorio el mismo se encuentra entre las piezas y el eje sobre el cual gira a su vez reduce la fricción entre los elementos mecánicos que estén conectados, para evitar cualquier desalineación.</p>	 <p>Figura 3.2: Rodamiento</p> <p><b>Referencia:</b> Catalogo NTN.</p>

<p>La platina fue utilizada para realizar el sistema de corte el cual permitirá que el producto final tenga un tamaño adecuado.</p>	 <p>Figura 3.3 Platina acero A36</p> <p><b>Referencia:</b> Comercial Constru Plaza</p>
<p>Una polea es una maquina simple la cual permite transmitir una fuerza con la cual se moverá una carga de forma cómoda</p> <p>Diámetro: 330,2 mm</p>	 <p>Figura 3.4: Polea</p> <p><b>Referencia:</b> Catalogo Servipolea.</p>
<p>Eje de acero AISI/SAE 1045 el cual servirá como base de apoyo para la matriz y se conectara el sistema de transmisión con el fin de que es utilizado ampliamente para toda fabricación ya que gracias a sus propiedades permiten</p>	 <p>Figura 3.5: Eje de acero AISI 1045</p> <p><b>Referencia:</b> Iván Bohman.</p>
<p>El tubo de acero NTE INEN 2415 utilizado para la construcción de la estructura de la máquina, la cual permitirá fijar los elementos que constituyen la maquina peletizadora.</p>	 <p>Figura 3.6: Tubo cuadrado de acero A36</p> <p><b>Referencia:</b> Aceros Cartago.</p>

La correa de transmisión es la encargada de unir mecánicamente dos o más poleas mediante un material flexible con el fin de brindar movimiento a la máquina.



Figura 3.7: Banda Trapezoidal

**Referencia:** Catalogo Molinaro.

Breaker de dos polos 220 V de cortar el paso de la corriente cuando sobrepasa el umbral requerido, el mismo cumple la función de proteger el equipo contra sobrecargas y cortocircuitos de los cables conductores y eléctricos de la maquina previniendo el daño.



Figura 3.8: Interruptor termomagnético

**Referencia:** Bate Ecuador.

Es importante tener nuestro sistema de control para cualquier maquina o elemento deseado, es importante tener la señalización de botones como lo son las luces piloto, los pulsadores y los selectores dentro de un circuito que nos permiten el control mediante un accionamiento manual, ya que siendo señalizada sería más fácil la tarea del operador.



Figura 3.9: Pulsadores

**Referencia:** Control y Señalización de luces piloto.

Los cables de potencia utilizados en nuestra amasadora son cable número 8 que llega desde él toma hasta el breaker trifásico. Ya que debe ser un calibre robusto dependiendo el ambiente donde se vaya a utilizar, a partir del breaker utilizamos un cable más delgado para la conexión de los contactores.



Figura 3.10: Cable concéntrico

**Referencia:** Revista Incable.

Es una maquina eléctrica la cual es utilizada para convertir la energía eléctrica en energía mecánica rotatoria, la potencia varía según su uso, son utilizados en un sinnúmero de máquinas como: molinos, bombas, teniendo en si una velocidad que varía en torno a las aplicaciones que se los desee emplear.



Figura 3.11: Motor Monofásico

**Referencia:** Catalogo WEG.

### 3.1.8 Requerimientos de diseño

#### 3.1.8.1 Condiciones generales

Los materiales utilizados en el proceso de producción de pellets, dependen mucho del tipo de materia prima que es utilizada y empleada en la máquina. Todos los equipos mecánicos a emplearse deben ser diseñados, construidos e instalados correctamente ya que de los mismos dependerá su buen funcionamiento.

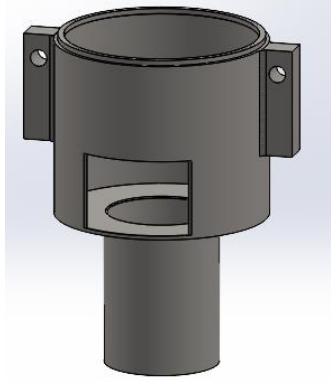
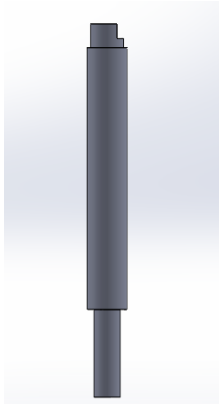

#### 3.1.8.2 Condiciones específicas

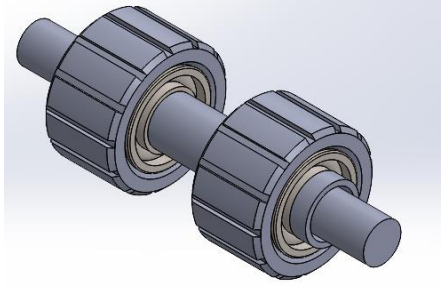
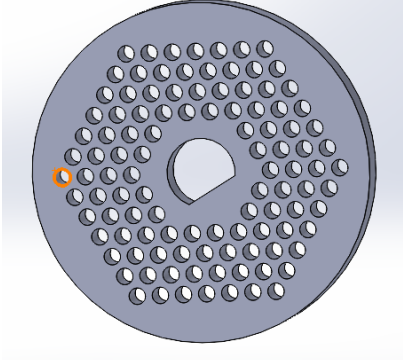
Los materiales utilizados en la máquina peletizadora deben cumplir los siguientes requisitos específicos.

- Los materiales a utilizarse deben poseer ciertas características como resistencia a la tracción y facilidad de transferir calor ya que dichas variables intervienen en el proceso de formación de los pellets.

- La máquina debe poseer dimensiones adecuadas para su fácil transporte.
- Los elementos que tengan contacto con la materia prima deben ser de fácil acceso para su limpieza.

Tabla 3.5: Elementos principales de la máquina peletizadora

<p>Cámara de aglutinado inferior la cual actúa como soporte de la cámara de aglutinamiento superior y la matriz de peletizado. Las dimensiones de la misma se muestran en el Anexo I-1.</p>	 <p>Figura 3.12: Plano isométrico cámara de aglutinamiento</p> <p><b>Referencia:</b> Los autores.</p>
<p>Eje principal brinda el giro a la matriz de peletizado a partir de la fuerza del motor al cual esta acoplado por un arreglo de banda y polea. Las dimensiones del mismo se muestran en el Anexo I-4.</p>	 <p>Figura 3.13: Plano isométrico eje principal</p> <p><b>Referencia:</b> Los autores.</p>
<p>Estructura donde descansara los componentes de la máquina. Con las dimensiones que se muestran en el Anexo I-13.</p>	 <p>Figura 3.14: Plano isométrico estructura</p> <p><b>Referencia:</b> Los autores.</p>

<p>Rodillos de compresión encargados de aglutinar la materia prima sobre la matriz para la extrusión y obtención de pellets. Las dimensiones de los rodillos y las especificaciones de fabricación se muestran en el Anexo I-6.</p>	 <p>Figura 3.15: Plano isométrico rodillos de compresión</p> <p><b>Referencia:</b> Los autores.</p>
<p>Matriz de peletizado, moldea la materia prima en pequeñas porciones cilíndricas conocidas como pellets. Consta de varios orificios compactadores como se muestra en el Anexo I-5.</p>	 <p>Figura 3.16 Plano isométrico matriz de peletizado</p> <p><b>Referencia:</b> Los autores</p>

### 3.1.9 Diseño mecánico de la máquina peletizadora

#### 3.1.9.1 Diseño del sistema de alimentación

##### Tolva de alimentación

El sistema de suministro de materia prima está fabricado en láminas de acero ASTM A36, con las dimensiones que se obtendrán a partir de la capacidad de diseño de la máquina peletizadora.

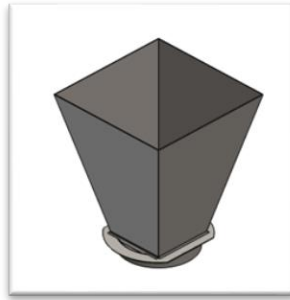


Figura 3.17: Plano isométrico tolva de alimentación

**Referencia:** Los autores

### Densidad del alimento

Para el dimensionamiento de la tolva es necesario conocer la densidad del balanceado a peletizar para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$\rho_a = \frac{m}{V} \quad (3.1)$$

Donde:

$\rho_a =$  Densidad del balanceado;  $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

$m =$  Masa del balanceado; (kg)

$V =$  Volumen; ( $m^3$ )

### Volumen de la tolva

Una vez conocida la densidad del producto y la capacidad que se requiere producir del alimento balanceado se procede a calcular el volumen del pellet con la siguiente ecuación:

$$V_T = \frac{m}{\rho_a} \quad (3.2)$$

$V_T =$  Volumen de la tolva; ( $m^3$ )

$m =$  Masa del balanceado; (kg)

$\rho_a =$  Densidad del balanceado;  $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

### 3.1.9.2 Diseño del sistema de compresión

#### Dimensionamiento de la cámara de aglutinamiento

Inicialmente se determina las características de la cámara de aglutinamiento se debe tomar en cuenta el material de construcción en este caso un acero ASTM A36 de 11.70 mm de espesor en forma de cilindro con un diámetro exterior de 140 mm y un diámetro interior de 128.30 mm.

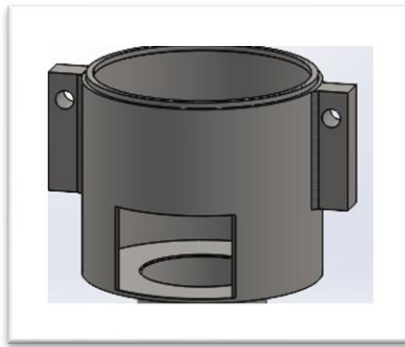


Figura 3.18: Plano isométrico cámara de aglutinamiento

**Referencia:** Los autores

### **Cálculo del área interior del cilindro**

$$A = \pi * r^2 \quad (3.3)$$

Donde:

$A = \text{Área del cilindro}; (m^2)$

$r = \text{Radio}; (m)$

### **Cálculo de la fuerza en el cilindro**

Para el cálculo de la fuerza que se aplica en el cilindro se multiplica la carga en este caso el peso del alimento por la gravedad, aplicando la siguiente ecuación:

$$f = q * g \quad (3.4)$$

Donde:

$f = \text{Fuerza}; (N)$

$q = \text{Carga del balanceado}; (kg)$

$g = \text{Gravedad}; \left(\frac{m}{s^2}\right)$



### **Cálculo de presión en el cilindro**

Con el cálculo de la presión se mide la proyección de fuerza sobre un área o una superficie determinada, se determina aplicando la siguiente ecuación:

$$P_c = \frac{f}{A_c} \quad (3.5)$$

Donde:

$$P_c = \text{Presión del cilindro}; \left(\frac{N}{m^2}\right)$$

$$f = \text{Fuerza}; (N)$$

$$A = \text{Área del cilindro}; (m^2)$$

### **Análisis de rodillos de compresión**

$$\emptyset m = \text{diametro de movimiento del cilindro}$$

Para el análisis de los rodillos de compresión es necesario conocer la velocidad de giro del eje principal. Para el caso de la máquina se ha tomado como velocidad de giro de 350 rpm, ya que la velocidad de peletizado adecuada es de 200 a 1000 rpm dependiendo de las capacidades de la máquina en este caso 350 rpm se acomodan a las necesidades requeridas.

$$n = 350 \frac{rev}{min} \quad (3.6)$$

$$n = \text{Velocidad eje principal}; (rpm)$$

### **Perímetro de desplazamiento**

Se calcula el perímetro de desplazamiento para conocer la velocidad lineal del eje con la siguiente formula:

$$Vr = W * R \quad (3.7)$$

Donde:

$$Vr = \text{Velocidad lineal}; \left(\frac{m}{s}\right)$$

$$W = \text{Velocidad angular}; \left(\frac{rad}{s}\right)$$

$$R = \text{Radio}; (m)$$

### Velocidad de giro de los rodillos

$$Prcilindros = \pi * \emptyset R \quad (3.8)$$

$$nr = Rp * \# rev$$

$$Vr = Wr * Rr$$

Donde:

*Prcilindros* = Perimetro del cilindro; (m)

$\emptyset R$  = Diametro de los rodillos, (m)

*nr* = Velocidad de giro; (rpm)

$$nr = Rp \cdot \# rev$$

*Rp* = Relación de perimetros

*Vr* = Velocidad lineal de los rodillos;  $\left(\frac{m}{s}\right)$

*Wr* = Velocidad angular de os rodillos;  $\left(\frac{rad}{s}\right)$

*Rr* = Radio de los rodillos; (m)

### Análisis de carga de los rodillos

La Fuerza de fricción estática (**f**) entre superficies paralelas en contacto actúa en la dirección que opone la iniciación de un movimiento relativo entre las superficies. Para este cálculo se utiliza la siguiente formula.

$$Fr = f * Fb \quad (3.9)$$

Donde:

*Fr* = Fuerza de fricción; (N)

*f* = Coeficiente de fricción

*Fb* = Carga por balanceado; (N)

El área de contacto es la superficie de relación entre el grano y los rodillos se da conocer en la siguiente ecuación.

$$Ac = t_m * Lr \quad (3.10)$$

Donde:

*Ac* = Área de contacto; (m<sup>2</sup>)

*t<sub>m</sub>* = Ancho promedio del alimento; (m<sup>2</sup>)

*Lr* = Longitud del rodillo; (m)

## Análisis de rodamientos

### Análisis de capacidad del cojinete

Para el cálculo de la capacidad del cojinete aplica la siguiente ecuación con el fin de hallar la capacidad de carga dinámica posee el rodamiento con el fin de detallar la vida nominal del mismo:

$$C = \sqrt[3]{n_R} * Fb \quad (3.11)$$

Donde:

$C$  = Capacidad dinamica; (N)

$n_R$  = Revoluciones de rodillos; (rpm)

$Fb$  = Carga por aglutinado

Análisis de esfuerzos en el eje principal

Momento flector

$$Mf = FB * L \quad (3.12)$$

Donde:

$Mf$  = Momento flector

$FB$  = Carga de aglutinado

$L$ : Longitud del eje

**Momento torsor**

$$Mt = \frac{F_R * \phi_R}{2} \quad (3.13)$$

Donde:

$Mt$  = Momento torsor

$F_R$  = Fuerza de rozamiento

$\phi_R$  = Diámetro del rodillo

### 3.1.9.3 Diseño del sistema de transmisión

Para el sistema de transmisión de la máquina se seleccionó un mecanismo no muy complejo por todas las ventajas que presenta, este sistema corresponde a un mecanismo reductor de bandas y poleas tomando en cuenta el diámetro de cada una de las poleas y la relación de transmisión que se requiere.

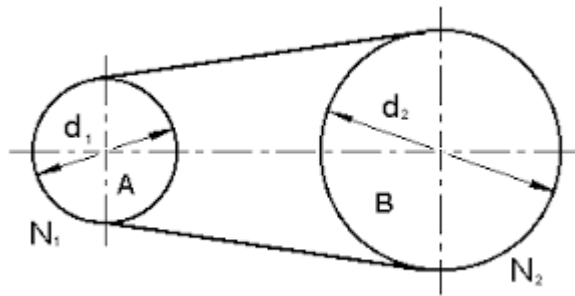


Figura 3.19: Sistema de transmisión por banda [10]

### Potencia teórica

Se calcula la potencia necesaria para el sistema de transmisión a partir de este cálculo se puede seleccionar el motor necesario para mover el sistema.

$$N = Mt * W \quad (3.14)$$

$N =$  Potencia teorica calculada; (hp)

$Mt =$  Momento torsor; (N)

$W =$  Velocidad Angular  $\left(\frac{rad}{s}\right)$

### Potencia de diseño

Conociendo la potencia teórica se calcula la potencia de diseño utilizando la siguiente ecuación:

$$P_D = N * f_s \quad (3.15)$$

$P_D =$  Potencia de diseño; (hp)

$N =$  Potencia teórica calculada; (hp)

$f_s =$  Factor de servicio

### Relación de transmisión

Aplicando la siguiente ecuación se puede calcular la relación de transmisión de velocidad.

$$i = \frac{D_2}{D_1} = \frac{n_1}{n_2} \quad (3.16)$$

$i =$  Relación de transmisión; (adimensional)

$n =$  número de revoluciones; (rpm)

$D =$  Diametro; (mm)

### **Cálculo del diámetro de las poleas**

Para este sistema de transmisión se hace necesario el cálculo adecuado de los diámetros de las poleas tanto conductoras como conducidas.

$$\phi_2 = i * \phi_1 \quad (3.17)$$

$\phi_2 =$  *Diámetro mínimo polea conducida; (pulg)*

$\phi_1 =$  *Diámetro mínimo polea conductora; (pulg)*

$i =$  *Relación de transmisión*

### **Cálculo par torsor en las poleas**

Para calcular el par torsor en cada una de las poleas se utiliza la siguiente ecuación:

$$mt = \frac{P_D}{W} \quad (3.18)$$

$mt =$  *Par torsor; (N.m)*

$P_D =$  *Potencia de diseño;  $(N \cdot \frac{m}{s})$*

$W =$  *Velocidad angular;  $(\frac{rad}{s})$*

### **Análisis de velocidad lineal en las poleas conductora y conducida**

Se utiliza la siguiente ecuación para calcular la velocidad lineal en cada una de las poleas dependiendo de su velocidad angular y su radio:

$$VL = W * R \quad (3.19)$$

$VL =$  *Velocidad lineal de la polea;  $(\frac{m}{s})$*

$W =$  *Velocidad angular;  $(\frac{rad}{s})$*

$R =$  *Radio de la polea; (m)*

### **Análisis de la fuerza de tensado**

La fuerza necesaria de tensado se calcula con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$F_T = \frac{N}{VL} \quad (3.20)$$

$F_T =$  Fuerza de tensado; (N)

$N =$  Potencia teórica calculada; ( $N \cdot \frac{m}{s}$ )

$VL =$  Velocidad lineal de la polea; ( $\frac{m}{s}$ )

### **Cálculo de la distancia entre centros**

Una vez conocidos los diámetros de las poleas se procede a calcular las distancias entre centros para conocer la ubicación final de las dos poleas y el espacio existen entre la ubicación.

$$I = 1,4 (\emptyset 2 + \emptyset 1) \quad (3.21)$$

$I =$  Distancia entre centros; m

$\emptyset 2 =$  Diámetro mínimo polea conducida; (pulg)

$\emptyset 1 =$  Diámetro mínimo polea conductora; (pulg)

### **Longitud de la banda**

Con todos los datos ya conocidos se procede al cálculo de la longitud necesaria de la banda.

$$L = 2I + \frac{\pi}{2} (\emptyset 2 + \emptyset 1) \frac{(\emptyset 2 - \emptyset 1)^2}{4I} \quad (3.22)$$

$L =$  Longitud de la banda, pulg

$I =$  Distancia entre centros, pulg

$\emptyset 2 =$  Diámetro mínimo polea conducida; (pulg)

$\emptyset 1 =$  Diámetro mínimo polea conductora; (pulg)

### **Selección de la banda**

Con las condiciones ya encontradas mediante cálculo se procede a la selección de la banda adecuada revisando el catálogo del fabricante, dependiendo del tipo que se requiera para esta aplicación.

#### **3.1.9.4 Diseño del sistema eléctrico de la maquina**

Dentro del sistema eléctrico de la máquina se deben tener en cuenta varios aspectos importantes como por ejemplo la potencia, corriente y voltaje al que trabaja el motor partiendo desde aquí se pueden seleccionar los conductores con las características adecuadas y también las protecciones correctas para el motor.

### **Determinación del calibre del conductor**

La selección del conductor alimentador se realiza conociendo la corriente de trabajo del motor, se aplica la siguiente ecuación

$$I_A = I_N * 1,25 \quad (3.23)$$

$I_A$  = Intesidad del alimentador; (A)

$I_N$  = Intensidad nominal del motor; (A)

### **Dimensionamiento de la corriente de protección con interruptores termomagnéticos**

$$I_P = C * I_N \quad (3.24)$$

$I_P$  = Corriente de protección; (A)

$C$  = Coeficiente de protección

$I_N$  = Corriente nominal del motor; (A)

### **Dimensionamiento de la corriente de protección con relé térmico**

$$I_P = FS * I_N \quad (3.25)$$

$I_P$  = Corriente de protección

$FS$  = Factor de servicio

$I_N$  = Corriente nominal del motor

## **3.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Una vez detallado el proceso y los métodos utilizados para para el diseño de la máquina peletizadora de alimento balanceado, se seleccionará los materiales existentes en el mercado nacional para cada uno de los componentes de la máquina y proceder a la construcción y puesta en marcha de la misma.

### **3.2.1 Determinación del alcance**

Con los datos obtenidos se determinan algunas variables a las cuales trabajara la máquina peletizadora. Estos datos son las principales características de máquina como se muestra en el Anexo K.

Tabla 3.6: Datos de diseño de la maquina peletizadora

<b>Condiciones técnicas de diseño (peletizadora)</b>		
<b>Especificaciones</b>	<b>Datos</b>	<b>Unidades</b>
Capacidad	100	kg/h
Dimensiones	40x80x80	m
Peso	120	kg

En la tabla 3.6 se muestran las características técnicas que la máquina requiere.

### 3.2.2 Diseño mecánico de la máquina peletizadora

#### 3.2.2.1 Diseño del sistema de alimentación

##### Tolva de alimentación

##### Densidad del alimento

Se calculó la densidad que tiene la materia prima conociendo el volumen midiéndola en un recipiente y la masa medida en kg, para esto se utilizó la ecuación (3.1).

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

$$\rho_a = \frac{100 \text{ kg}}{0,01892 \text{ m}^3}$$

$$\rho_a = 5285,41 \text{ kg/m}^3$$

##### Volumen de la tolva

Para el cálculo del volumen de la tolva se utilizó la ecuación (3.2), una vez que se calculó dicho valor se obtienen las medidas de diseño de la tolva como se muestran en el Anexo I-12.

$$V_T = \frac{m}{\rho_a}$$

$$V_T = \frac{100 \text{ kg}}{5285,41 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_T = 0,018 \text{ m}^3$$



### 3.2.2.2 Diseño del sistema de compresión

#### Determinación de la cámara de aglutinado

De acuerdo a las necesidades de la cámara de aglutinamiento se seleccionó el material en el cual estará construida, por el costo y características que presente en el Anexo G-1 se seleccionó el acero A36.

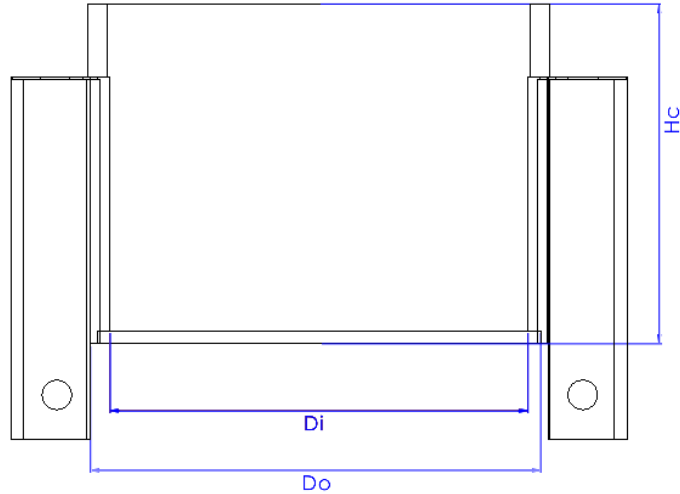


Figura 3 20: Cámara de aglutinamiento

Norma: ASTM

ASTM: A36

#### Presión del cilindro

Se concluyó que la masa total del balanceado se distribuirá en esa sección.

$$A_c = 0,020m^2$$

La fuerza resultante de dicha sección se la obtiene multiplicando la masa total de la carga con el coeficiente de gravedad de la tierra, como se muestra en la ecuación (3.4).

$$f = m, g$$

$$f = 100kg * (9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$f = 981 N$$

Posterior al cálculo de la fuerza se utilizó la ecuación (3.5) la cual indicara la presión ejercida por el cilindro en el proceso.

$$\phi_i = 0,16m$$

$$r = 0,08m$$

$$A_c = \pi * (r)^2$$

$$A_c = \pi * (0,08)^2$$

$$A_c = 0,02010 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{f}{A_c}$$

$$P = \frac{981 \text{ n}}{0,02010 \text{ m}^2}$$

$$P = 48,80 * 10^3 \text{ N}$$

### Análisis de los rodillos de compresión

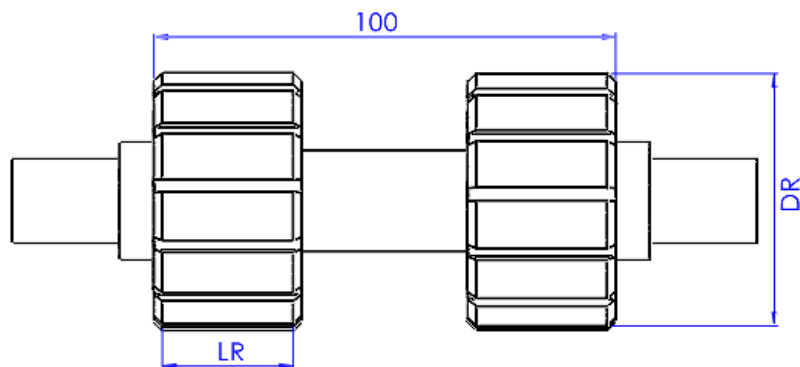


Figura 3.21: Rodillos de compresión

$\varnothing m = \text{diametro de movimiento del cilindro}$

$$\varnothing m = 10 \text{ cm}$$

$$Lr = 3.47 \text{ cm}$$

El rango de velocidades en los procesos semejantes al peletizado rondan entre las 200 a 1000 revoluciones por minuto, por lo cual se estimó un rango adecuado para el dimensionamiento de la máquina.

$$n = 350 \text{ rpm}$$

Una vez determinada la velocidad se realiza la conversión de la velocidad de giro del sistema a la velocidad angular del mismo.

$$n = 350 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{\text{seg}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}}$$

$$W = 36,65 \text{ rad/seg}$$

### Perímetro de desplazamiento

Esta estimación se realizó con el fin de saber la velocidad del movimiento giratorio de los rodillos con la ayuda de la ecuación (3.7).

$$Vr = W * R$$

$$Vr = 36,65 \text{ rad/s} * (0,1) \text{ m}$$

$$Vr = 3665m/s$$

Se calcula la semejanza del perímetro

$$Po = 2\pi R$$

$$Po = 0,5026$$

### Velocidad de giro de los rodillos

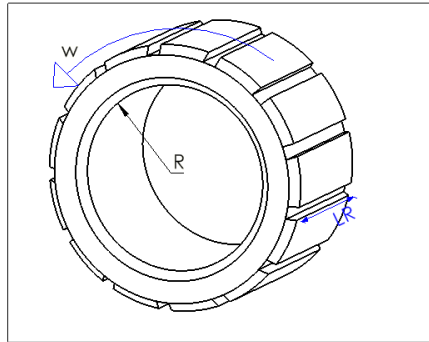


Figura 3.22: Rodillo compactador

$\Phi_r =$  diametro de los rodillos

$$\Phi_r = 0,060m$$

$$Pr_{cilindros} = \pi * \Phi_r$$

$$Pr = \pi(0,060)m$$

$$Pr = 0,1884m$$

### Relación del perímetro

Se calculó esta relación con la ecuación (3.8) para poder calcular el área de contacto de los rodillos y la matriz.

$$Po = 0,5026$$

$$Pr = 0,1884m$$

$$Rp = \frac{0,5026m}{0,1884m}$$

$$Rp = 2,6677$$

Mediante la ecuación se calcula la velocidad de giro

$$nr = Rp * \# rev$$

$$nr = 2,6677 * 350rpm$$

$$nr = 933,70rpm$$

$$Wr = \frac{rpm \cdot 2\pi}{60 \text{ seg}}$$

$$Wr = 97,77 \text{ rad/seg}$$

$Wr = \text{velocidad angular de los rodillos}$

De la ecuación (3.7) se calcula la velocidad lineal de los rodillos

$$Vr = Wr \cdot Rr$$

$$Vr = 97,77 \text{ rad/seg} * 0,03\text{m}$$

$$Vr = 2,933 \text{ m/seg}$$

### **Análisis de carga en los rodillos**

Se pudo observar la interacción de las variables de rozamiento entre la matriz y el rodillo las cuales se determinarán a continuación, con la ayuda de la ecuación (3.9).

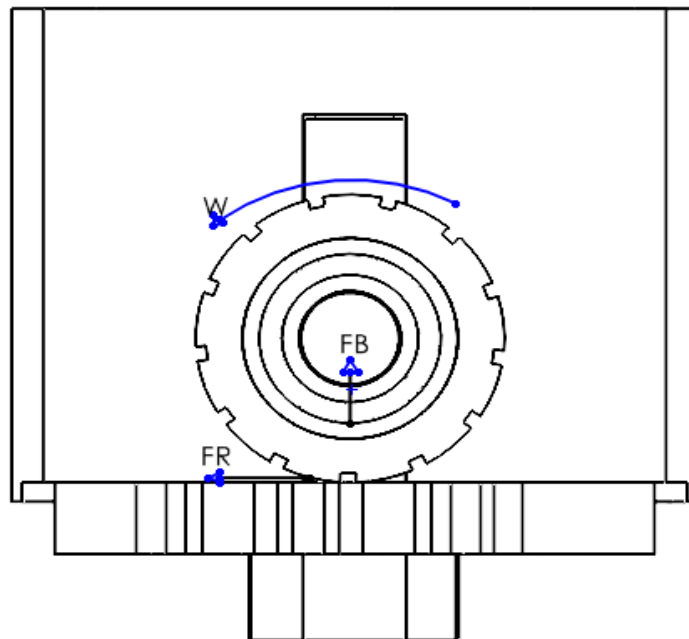


Figura 3.23: Proceso de peletización

		Coeficiente de Fricción	
Material de la placa Superior	Material del Carril	No lubricado	Lubricado
Acero inoxidable o acero	Acero inoxidable o acero	0,35	0,20
Acero inoxidable o acero	UHMW	0,25	0,15
Plástico Dirigido	Acero inoxidable o acero	0,25	0,15
Plástico Dirigido	UHMW	0,25	0,12
Plástico Dirigido (Baja Fricción)	Acero inoxidable o acero	0,17	0,12
Plástico Dirigido (Baja Fricción)	UHMW	0,18	0,12

Figura 3.24: Coeficientes de fricción

$$Fr = f \cdot Fb$$

$f = 0,35 \rightarrow$  se considera dicho valor ya que en la superficie no existe lubricación

$$Fr = f \cdot Fb$$

$$Fr = 0,35 * 3470 N$$

$$Fr = 1214.5 N$$

Por consiguiente, se utilizó las características del grano con mayor resistencia a la ruptura el cual es el maíz.

$$\sigma_s = 10 N/mm^2$$

$$Fb = \sigma_s * Ac$$

La superficie de relación entre el grano y los rodillos se da conocer con la ecuación (3.10).

$$Ac = t_m * Lr$$

$$Ac = 0,01m * 0,0347m$$

$$Ac = 3,47 * 10^{-4}m^2$$

$$Fb = \sigma_s * Ac$$

$$Fb = (1 * 10^7 N/m^2) * (3,47 * 10^{-4})m^2$$

$$Fb = 3470 N$$

A continuación, se procedió a transformar la magnitud de fuerza a kilogramos teniendo en cuenta que  $1N = 0.1019kg$

$$3470 N \frac{0.1019Kg}{1N} = 353,59Kg$$

$$Fb = 353,59 kg$$

### Análisis de rodamientos de rodillos

$$D = 2500 \text{ horas}$$

$n_R = \text{velocidad de giro de los rodillos}$

$$n_R = 933,70rpm$$

$$N(90\%) = D * (60) * n_R$$

$$N(90\%) = 2500 * (60) * 933.70rpm$$

$$N(90\%) = 149,05 * 10^6 \text{ REV}$$

### Análisis de capacidad del cojinete

La tolerancia de carga dinámica es semejante en el lado derecho como en el izquierdo como se demostró aplicando la ecuación (3.11).

$$C = \sqrt[3]{n_R} * Fb$$

$$C = \sqrt[3]{933,70} * 3470 N$$

$$C = 9,77 * 3470 N$$

$$C = 3,390 * 10^4 N$$

### Análisis de eje principal

Para el siguiente análisis se toma en cuenta el factor de rozamiento existente entre los rodillos y el eje de transmisión de potencia.

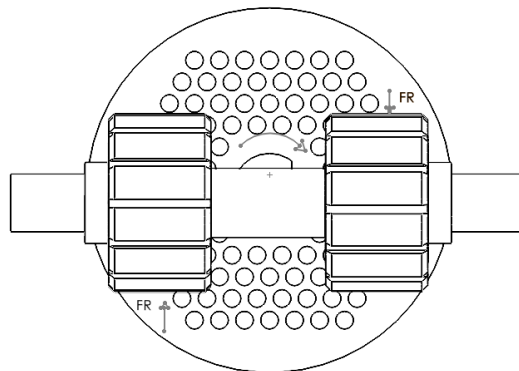


Figura 3.25: Rodillos de compactación sobre la matriz de peletizado

Se observa que el par torsor resultante en el eje de transmisión de potencia es la sumatoria de los dos factores de rozamiento entre los rodillos y la matriz.

$$\sum mom\Delta = 0$$

$$Mt = \sum mom\Delta$$

$$Mt_{max} = Fr(x) + Fr(x)$$

$$Mt_{max} = 2Fr(x)$$

$$Mt_{max} = 2Fr(x)$$

$$Mt_{max} = 2 * (1214,5 N) * (0,060m)$$

$$Mt_{max} = 145,74 Nm$$

### **Cálculo de diámetro aproximado del eje de transmisión principal**

Inicialmente se debe tomar en cuenta el límite de fluencia del material.

$$\sigma_y = 31,6 * 10^6 \frac{Kg}{m^2} \rightarrow \text{para acero AISI 1045}$$

$$\sigma_y = 31,6 * 10^7 \frac{Kg}{m^2}$$

$$\sigma_s = 31 * 10^7 \frac{N}{m^2}$$

### **Momento flector**

Se calculó el momento flector con la ecuación (3.12).

$$Mf = FB * L$$

$$Mf = 3470 N * 0,087m$$

$$Mf = 301,89 N \cdot m$$

### **Momento torsor**

Se calculó el momento flector con la ecuación (3.13).

$$Mt = \frac{F_R * \phi_R}{2}$$

$$Mt = \frac{1214,5 * 0,042}{2}$$

$$Mt = 51,09 N \cdot m$$

Eje sometido a carga axial nula o pequeña

$$\sigma_y = 31,6 * 10^6 \frac{Kg}{m^2}$$

El diámetro se obtiene mediante la siguiente ecuación

$$\sigma_x = \frac{Mf * c}{I}$$

$$r = \frac{\phi}{2}$$

$$r = c$$

$$c = \frac{\phi}{2}$$

$$I = \frac{\pi}{64} * \phi^4$$

$$\sigma_x = \frac{Mf * \frac{\phi}{2}}{\frac{\pi \phi^4}{64}}$$

$$\sigma_x = \frac{Mf * \phi}{\frac{2}{\frac{\pi \phi^4}{64}}}$$

$$\sigma_x = \frac{Mf * \phi}{\frac{2}{\frac{\pi \phi^4}{64}}}$$

$$\sigma_x = \frac{64 * Mf * \phi}{2\pi \phi^4}$$

$$\sigma_x = \frac{32 * Mf}{\pi \phi^3}$$

Origina el esfuerzo de simple torsión

$$T_{xy} = \frac{Mt * c}{J}$$

$$C = \frac{\phi}{2}$$

$$J = \frac{\phi^4}{32}$$

$$T_{xy} = \frac{Mt * \frac{\phi}{2}}{\frac{\phi^4}{32}}$$



$$Txy = \frac{16 * Mt}{\pi \emptyset^3}$$

$$\sigma x(max) = \frac{\sigma x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma x}{2}\right)^2 + (Txy)^2}$$

$$\sigma x(min) = \frac{\sigma x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma x}{2}\right)^2 + (Txy)^2}$$

$$\sigma(max) = \frac{\sigma x(max) - \sigma x(min)}{2}$$

$$\sigma(max) = \frac{\frac{\sigma x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma x}{2}\right)^2 + (Txy)^2} - \frac{\sigma x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma x}{2}\right)^2 + (Txy)^2}}{2}$$

$$\sigma(max) = \frac{2\sqrt{\left(\frac{\sigma x}{2}\right)^2 + (Txy)^2}}{2}$$

$$\sigma(max) = \sqrt{\left(\frac{\sigma x}{2}\right)^2 + (Txy)^2}$$

$$\sigma(max) = \sqrt{\left(\frac{32 * Mf}{\pi \emptyset^3}\right)^2 + \left(\frac{16 * mt}{\pi \emptyset^3}\right)^2}$$

$$\sigma(max) = \sqrt{\left(\frac{16 * Mf}{\pi \emptyset^3}\right)^2 + \left(\frac{16 * mt}{\pi \emptyset^3}\right)^2}$$

$$\sigma(max)^2 = \left(\frac{16 * mf}{\pi \emptyset^3}\right)^2 + \left(\frac{16 * mt}{\pi \emptyset^3}\right)^2$$

$$\sigma(max)^2 = \frac{256 * mf^2}{\pi^2 \emptyset^6} + \frac{256 * mt^2}{\pi^2 \emptyset^6}$$

$$\sigma(max)^2 = \frac{16 * mf^2 + 16 * mt^2}{\pi^2 \emptyset^6}$$

$$\emptyset^6 = \frac{16 * mf^2 + 16 * mt^2}{\pi^2 * (\sigma max)^2}$$

$$\emptyset^6 = \frac{16^2 (mf + mt^2)}{\pi^2 * (\sigma max)^2}$$

$$\sigma_{max} = \frac{1}{2} f_y$$

$$\sigma_{max} = \frac{f_y}{2} f_y$$

$$\sqrt{\phi^6} = \sqrt{\frac{16^2((mf^2 + mt^2))}{\pi^2 * \left(\frac{f_y}{2}\right)^2}}$$

$$\sqrt{\phi^6} = \frac{\sqrt{(16)^2} * \sqrt{(mf^2 + mt^2)}}{\sqrt{\pi^2} * \sqrt{\left(\frac{f_y}{2}\right)^2}}$$

$$\phi^3 = \frac{16 * \sqrt{(mf^2 + mt^2)}}{\pi * \frac{S_y}{2}}$$

$$\phi^3 = \frac{16 * \sqrt{(mf^2 + mt^2)}}{\frac{\pi * \sigma_y}{2}}$$

$$\phi^3 = \frac{32 * \sqrt{(301,9)^2 + (51,89)^2}}{\pi \sigma_y}$$

$$\phi^3 = \frac{32 * \sqrt{(91143,61 + 2692,57)}}{\pi * 31 * 10^7 N/m^2}$$

$$\phi^3 = \frac{9802,46}{97,38 * 10^7 N/m^2}$$

$$\phi = 0,028m$$

$$\phi = 28mm$$

### 3.2.2.3 Diseño del sistema de transmisión

#### Potencia calculada

Se partió de la ecuación (3.14) para calcular la potencia teórica del sistema de peletizado.

$$N = Mt * W$$

$$N = 51,09 N.m * 36,65 rad/s$$

$$N = 1872,44 W$$

$$N = 2,51 hp$$

### Potencia de diseño

Una vez conocida la potencia teórica del sistema se calculó la potencia de diseño multiplicando la potencia teórica por un factor de servicio obtenido de las tablas como se muestra en la ecuación (3.15). Esta potencia de diseño se utiliza para la selección del motor en este caso un motor de 3 hp como se muestra en el Anexo A-2.

$$P_D = N * f_s$$

$$P_D = 1872,44 W * 1.2$$

$$P_D = 2246,93 W$$

$$P_D = 3,01 hp$$

### Relación de transmisión

Conocidas las velocidades de giro del motor del motor y la velocidad de giro necesaria para la matriz giratoria se puede obtener la relación de transmisión utilizando la ecuación (3.16).

$$i = \frac{D_2}{D_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$i = \frac{1750}{350}$$

$$i = 5$$

### Cálculo del diámetro de las poleas

Se calculó con la ecuación (3.17) el diámetro de las poleas tanto conductora como conducida conociendo la relación de transmisión y el diámetro recomendado para la polea conductora.

$$\phi_2 = i * \phi_1$$

$$\phi_2 = 5 * 2,5 pulg$$

$$\phi_2 = 12,5 pulg$$

### Velocidad angular de la polea 1 y 2

Con los diámetros conocidos se pudo encontrar la velocidad lineal de que tienen cada una de las poleas.

$$W_1 = 1750 \frac{rev}{min} * \frac{2\pi rad}{1 rev} * \frac{1 min}{60 s}$$

$$W_1 = 183,26 \frac{rad}{s}$$

$$W_2 = 350 \frac{rev}{min} * \frac{2\pi rad}{1 rev} * \frac{1 min}{60 s}$$

$$W_2 = 36,65 \frac{rad}{s}$$

### Cálculo par torsor polea conductora 1 y 2

Se calculó el par torsor de cada polea con la ecuación (3.18).

$$mt_1 = \frac{P_D}{W_1}$$
$$mt_1 = \frac{2246,93 \text{ N. m/s}}{183,26 \text{ rad/s}}$$
$$mt_1 = 12,26 \text{ N. M}$$

$$mt_2 = \frac{P_D}{W_2}$$
$$mt_2 = \frac{2246,93 \text{ N. m/s}}{36,65 \text{ rad/s}}$$
$$mt_2 = 61,30 \text{ N. m}$$

### Análisis de velocidad lineal en las poleas conductora y conducida

$$R_1 = 0,032 \text{ m}$$

$$R_2 = 0,159 \text{ m}$$

Cálculo de la velocidad lineal en la polea conductora, se utilizó la ecuación (3.19).

$$VL_1 = W_1 * R_1$$
$$VL_1 = 183,26 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * 0,031 \text{ m}$$
$$VL_1 = 5,86 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$VL_2 = W_2 * R_2$$
$$VL_2 = 36,65 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * 0,159 \text{ m}$$
$$VL_2 = 5,82 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### Análisis de la fuerza de tensado

En el arreglo de poleas se produce una fuerza de tensión entre una polea y otra esta tensión se calculó con la ecuación (3.20).

$$F_T = \frac{N}{VL_1}$$

$$F_T = \frac{1872,44 \text{ N.m/s}}{5,86 \text{ m/s}}$$

$$F_T = 319,53 \text{ N}$$

### **Cálculo de la distancia entre centros**

Con la ecuación (3.21) se pudo encontrar la distancia entre centro lo que es necesario para la ubicación de los ejes y poleas de la máquina.

$$I = 1,4 (\emptyset 2 + \emptyset 1)$$

$$I = 1,4 (12,5 \text{ pulg} + 2,5 \text{ pulg})$$

$$I = 21 \text{ pulg}$$

$$I = 0,53 \text{ m}$$

### **Longitud de la banda**

La longitud de la banda se calculó con la ecuación (3.22), este es un aspecto importante en la selección del tipo de banda de transmisión.

$$L = 2I + \frac{\pi}{2}(\emptyset 2 + \emptyset 1) \frac{(\emptyset 2 - \emptyset 1)^2}{4I}$$

$$L = 2(21) + \frac{\pi}{2}(12,5 + 2,5) \frac{(1,5 - 2,5)^2}{4(21)}$$

$$L = 42 + 23,56 \frac{100}{84}$$

$$L = 70 \text{ pulg}$$

$$L = 1,77 \text{ m}$$

### Selección de la banda

Se procede a la selección de la banda que cumpla con los requerimientos ya obtenidos en los cálculos, se realiza la selección con una revisión de los catálogos existentes de cada uno de los fabricantes de bandas como se muestra en el Anexo F-1.

Selección del tipo de banda de acuerdo al número de revoluciones y la potencia del motor.

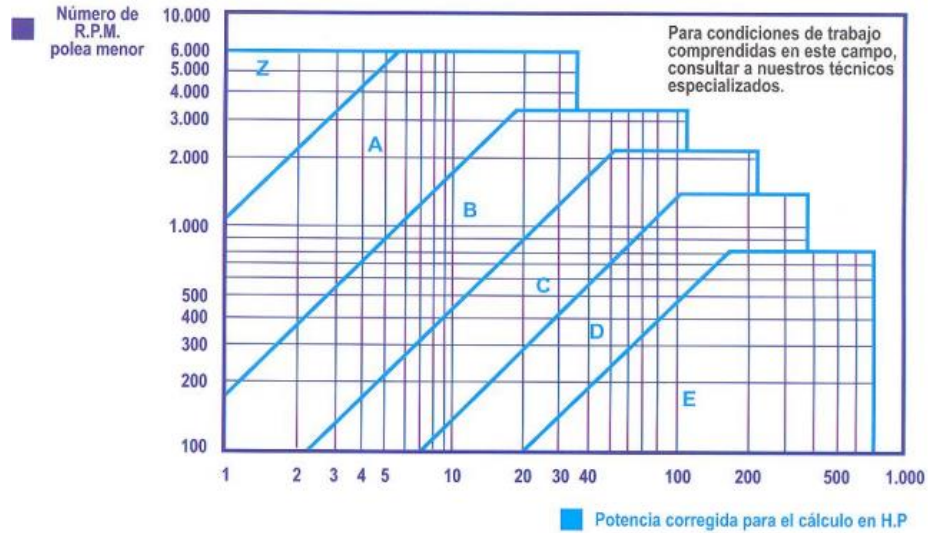


Figura 3.26: Tabla de selección de bandas

De acuerdo a los criterios ya mencionados se selecciona una banda de tipo A que está dentro de los requerimientos.

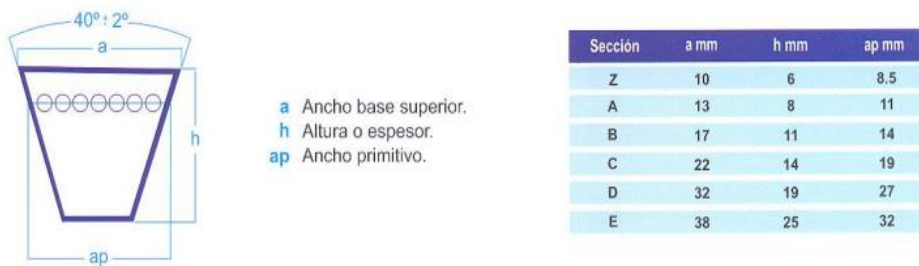


Figura 3,27: Tipo de bandas

### 3.2.2.4 Simulaciones de la máquina

#### 3.2.2.4.1 Simulación de la matriz

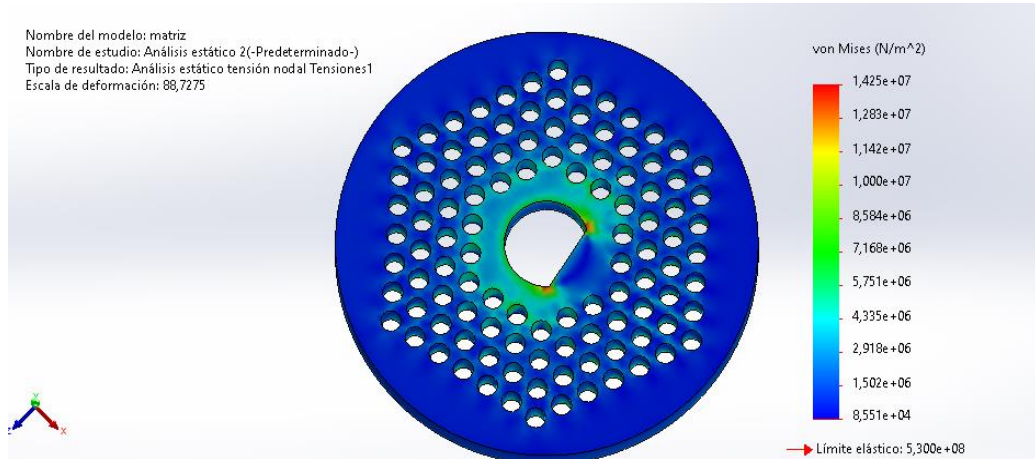


Figura 3,28: Simulación de tensión en la matriz

En la siguiente simulación mediante el estrés de Von Misses se pudo apreciar que la tensión máxima se concentra en el centro de la matriz en la junta con el eje, pero a la vez no se sobrepasa el límite elástico del material por lo tanto se puede concluir que el material es el adecuado para el trabajo puntual, las dimensiones de la matriz se pueden encontrar en el Anexo I-5.

#### Deformaciones

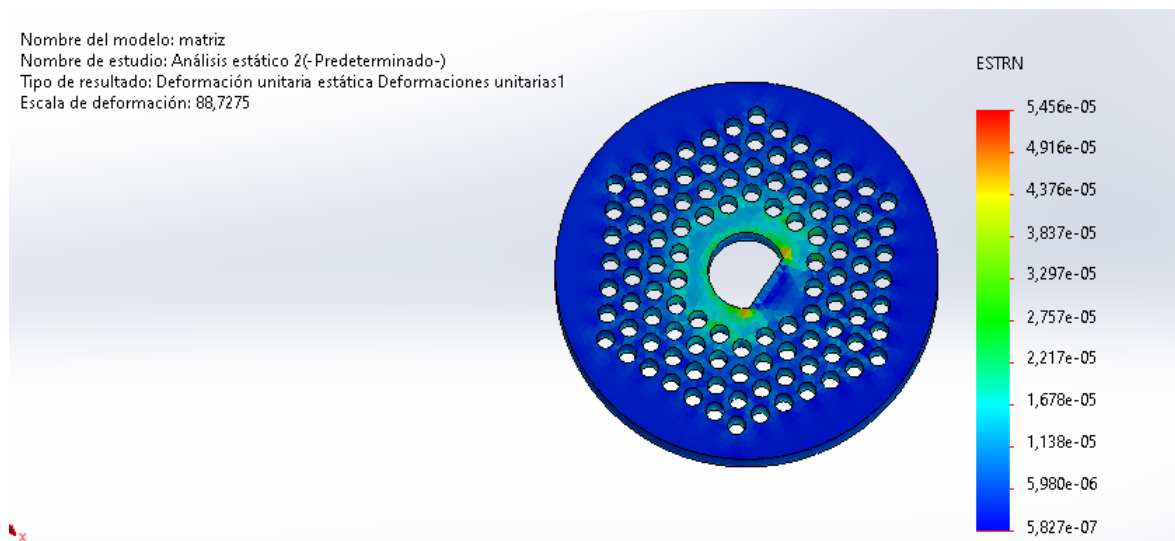


Figura 3,29: Simulación de deformaciones en la matriz

### 3.2.2.4.2 Simulación de la estructura

La estructura que brinda apoyo fijo a la máquina y el motor está construida para soportar el peso de todos los elementos, así como para asegurar que aquellos se encuentren fijos durante la puesta en marcha de la peletizadora. Las cargas fundamentales que debe soportar la estructura son el motor y los elementos de la máquina peletizadora para su construcción se utilizó perfil cuadrado de 30\*30\*1,5 astm a36, como se muestra en el Anexo I-3.

Para lo cual se utilizó el programa de dibujo SolidWorks con el fin de simular el comportamiento de la misma.

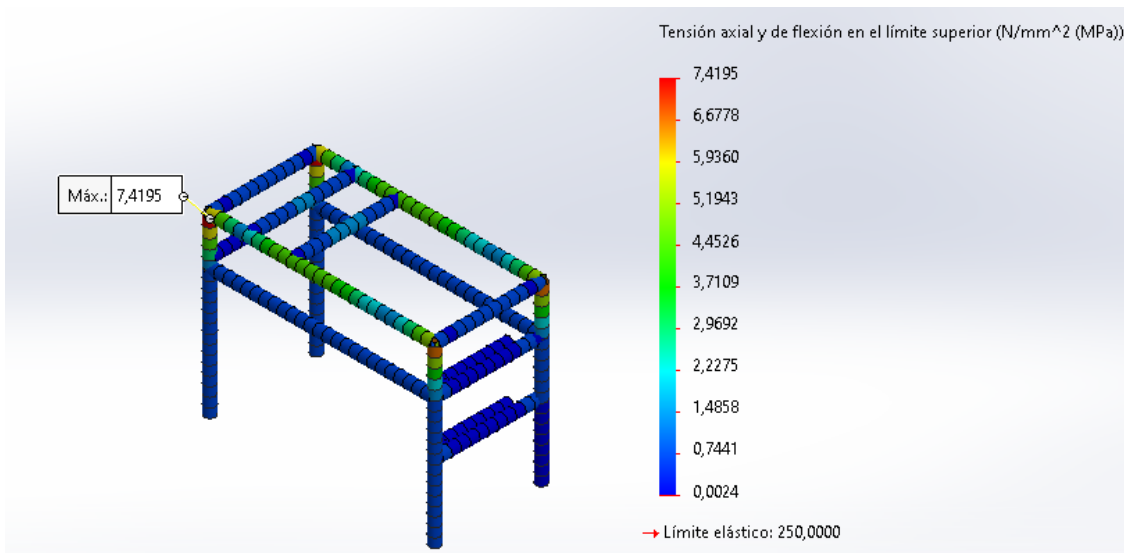


Figura 3,30: Simulación de tensiones en la estructura

Mediante un análisis tensiones y desplazamiento se realizó un estudio de esfuerzos a los cuales está sometida la máquina obteniendo sus máximos y mínimos esfuerzos, el esfuerzo máximo obtenido del estudio fue de  $7,41e^{+06}$ , la cual corresponde a una tensión de flexión en el perfil crítico de la estructura.

Además, se determinó el desplazamiento máximo que sufre la estructura es de 0,054 como se observa en la siguiente figura.



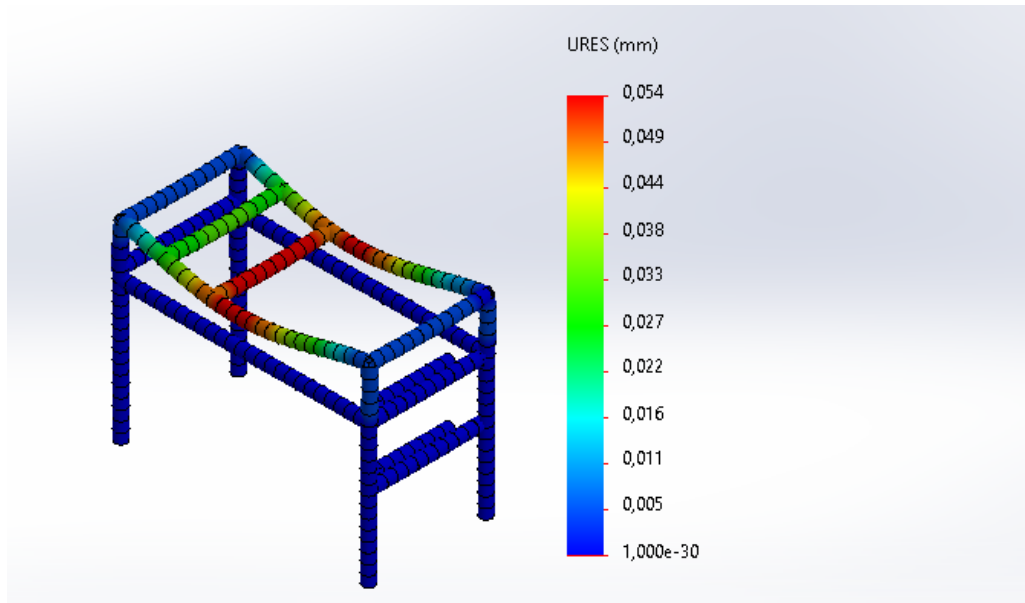


Figura 3,31: Simulación desplazamiento de la estructura

Para concluir se estimó el factor de seguridad crítico el cual es de 33.7.

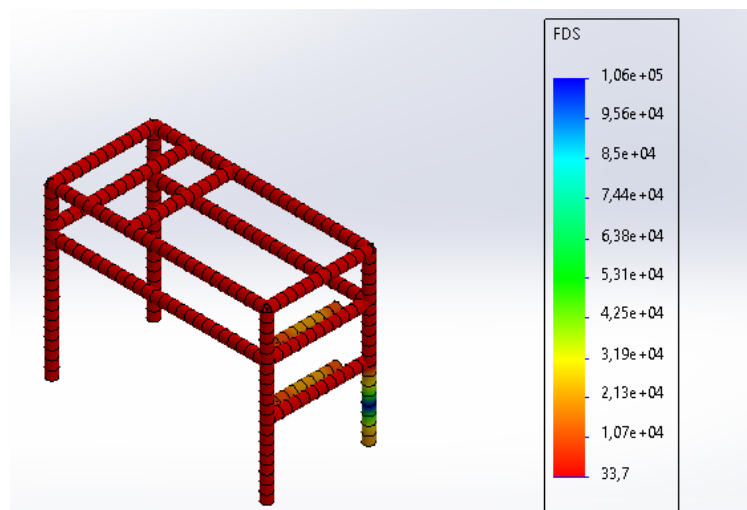


Figura 3,32: Simulación factor de seguridad

### 3.2.2.5 Diseño del sistema eléctrico de la maquina

Para este dimensionamiento se toma en cuenta la potencia de diseño calculada con la ecuación (3.13), según esto se revisa la disponibilidad de motores en el mercado nacional teniendo en cuenta la placa de características como se muestra en el Anexo A-1, así como también la ficha

técnica mostrada en el Anexo A-2. Se utilizó los datos referentes a la tensión a la cual trabajara en este caso 220 V.

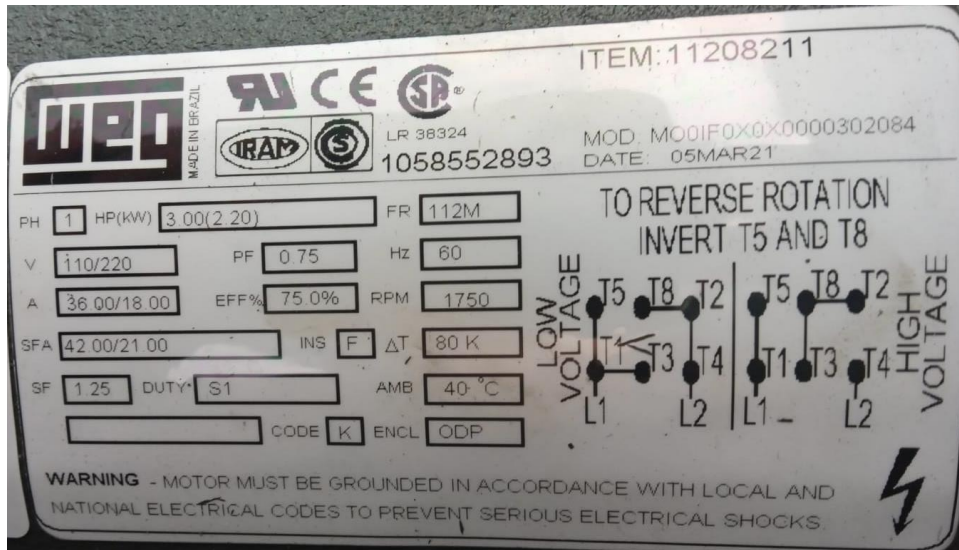


Figura 3,33: Placa de características del motor

Tabla 3,7: Características del motor

CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR		
DATOS	VALOR	UNIDAD
Nº Fases	1	
Potencia	2,20	Kw
Voltaje	220	V
Corriente	18	A
Cos Φ	0,75	
Factor de servicio	1,25	

En la presente tabla se muestra los valores esenciales de la placa de datos del motor, estas características son las necesarias para la selección del calibre del conductor y la coordinación de las protecciones y elementos de control.

#### Determinación del calibre del conductor

La selección del conductor alimentador se realiza conociendo la corriente de trabajo del motor, se aplicó siguiente ecuación (3.23).

$$I_{Alimentador} = I_{Motor} * 1,25$$

$$I_{Alimentador} = 18A * 1,25$$

$$I_{Alimentador} = 22,5 A$$

Con la intensidad del alimentador se realiza la selección del calibre de conductor adecuado para esta corriente de acuerdo las tablas indicadas en el Código Nacional Eléctrico que se muestra en el Anexo D-1, en este caso se selecciona un cable de tipo THHN calibre 12 AWG.

### **Dimensionamiento de la corriente de protección con interruptores termomagnéticos**

Para la selección de la corriente de protección con interruptor termomagnético se utilizó la ecuación (3.24).

$$I_p = C * I_N$$

$$I_p = 2 * 18A$$

$$I_p = 36A$$

### **Dimensionamiento de la corriente de protección con relé térmico**

Para la selección de la corriente de protección del motor con relé térmico se utilizó la ecuación (3.25).

$$I_p = FS * I_N$$

$$I_p = 1.25 * 18$$

$$I_p = 23,04 A$$

#### **3.2.2.5.1 Ensayos de la máquina voltaje vs corriente**

##### **Ensayo de la maquina en el arranque, voltaje vs corriente**

Tabla 3,8: Ensayo en el arranque de la máquina

<b>PRUEBA EN EL ARRANQUE</b>	
<b>Voltaje [V]</b>	<b>Corriente [A]</b>
224	0
198	23,6
201	16,8
209	16,3

En la tabla 3.8 se muestran valores medidos de voltaje y corriente en las pruebas realizadas de la máquina peletizadora, en este caso en específico se muestra las mediciones tomadas en el arranque del motor.

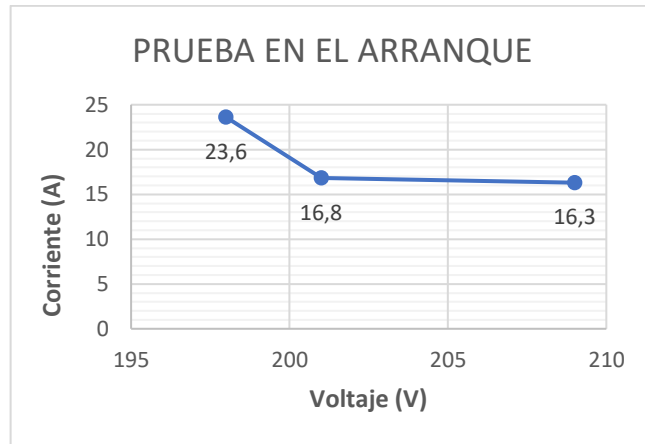


Figura 3.34: Comportamiento de la corriente en el arranque de la máquina

En la figura 3.34 se muestra los datos que se obtuvo al medir el voltaje y la corriente en los primeros segundos del arranque del motor presentando unos picos de corriente que alcanza un máximo de 23.6 A y como mínimo sobre los 16 A, siendo este valor el más frecuente en estas pruebas.

### Ensayo de la maquina en vacío, voltaje vs corriente

Tabla 3.9: Ensayo en vacío de la máquina

Voltaje [V]	Corriente [A]
222	10,6
223	10,4
224	10,4

En la tabla 3.9 se muestran valores medidos de voltaje y corriente en las pruebas realizadas de la máquina peletizadora, en este caso en específico se muestra las mediciones tomadas en el funcionamiento de la máquina en vacío.

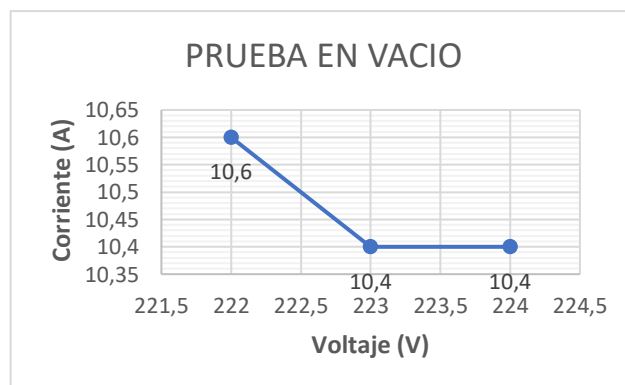


Figura 3.35: Comportamiento de la corriente con la máquina funcionando en vacío

En la figura 3.35 se muestra los datos que se obtuvo al medir el voltaje y la corriente con la máquina funcionando en vacío, en donde apreció que la corriente no sobre pasa los 10.6 A

### Ensayo de la maquina a plena carga, voltaje vs corriente

Tabla 3.10: Ensayo a plena carga de la máquina

Voltaje [V]	Corriente [A]
214	13,4
218	14,8
219	14,1

En la tabla 3.10 se muestran valores medidos de voltaje y corriente en las pruebas realizadas de la máquina peletizadora, en este caso en específico se muestra las mediciones tomadas a plena carga esto quiere decir en el proceso ya de peletizado se tomaron diferentes medidas de corriente ya que tiene que ver con la densidad o la dureza del material a peletizar.

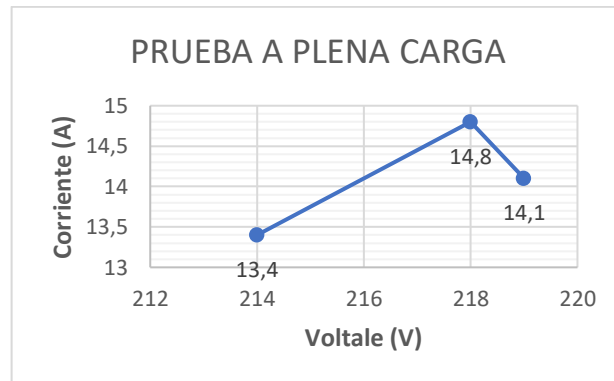


Figura 3,36: Comportamiento de la corriente con la máquina funcionando a plena carga

En la figura 3.35 se muestra los datos que se obtuvo al medir el voltaje y la corriente con la máquina funcionando a plena carga donde se tiene un rango de variación de 1.4 A, iniciando desde una corriente de 13.4 A hasta el pico más alto de 14.8, siendo resultado de un material con más densidad o dureza lo que ocasiona una mayor oposición y el motor requiere mayor fuerza para poder superar esa oposición.

### 3.2.2.5.2 Análisis de consumo energético de la maquina

Tabla 3.11: Consumo de energía de la máquina

CONSUMO DE ENERGÍA		
Voltaje [V]	214	
Corriente [A]	13,4	
Cos $\Theta$	0,75	

Potencia	2150,7	2,1507
----------	--------	--------

En la tabla 3.11 se muestra los datos más frecuentes de voltaje y corriente tomados en las pruebas realizadas de la máquina a plena carga, con estos datos y el factor de potencia obtenido de la placa de características del motor se pudo obtener el estimado de la potencia activa del motor.

Tabla 3.12: Estimación del costo de consumo energético

ESTIMACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA							
Potencia (hp)	Potencia (kW)	Tiempo de uso (h)	Días de uso	Costo kWh	kW consumo prueba	Costo \$	
3	2,238	1	1	0,095	2,238	0,213	Estimación
3	2,151	0.5	1	0,095	1,075	0,102	Prueba
3	2,151	8	30	0,095	516,168	49,036	Costo mes

En la tabla 3.12 se muestra la estimación de consumo de energía eléctrica del motor durante el proceso de peletizado.

### 3.2.3 Análisis de producción de la maquina

Tabla 3.13: Tiempos de producción

CÁLCULO DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN					
	PESO (lb)	PESO (kg)	TIEMPO (min)	TEMPERATUR A (°C)	PESO FINAL (kg)
Estimación					
n	220	100	60	75	100
Prueba 1	23	10,5	10,17	56,4	10,5
Prueba 2	30	13,6	9,27	62,3	13,6
Prueba 3	30	13,6	9,12	73,4	13,6

En la tabla 3.13 de acuerdo a los tiempos de producción de las pruebas se puede calcular la producción total de la máquina en una hora seguida de producción.

Con los datos obtenidos en diferentes pruebas realizados se puede estimar una capacidad de producción de la máquina de entre 88 y 95 kg/h, Esto puede variar por varios factores como la densidad del material a peletizar, la dureza del mismo o incluso la humedad.

### 3.3 EVALUACIÓN TÉCNICO SOCIAL, AMBIENTAL, Y/O ECONÓMICA:

#### 3.3.1 Costo de materiales

A continuación, se detalla los costos de los materiales utilizados en la construcción de la maquina peletizadora.

Tabla 3.14: Costo de materiales

Descripción	Cant.	Unid.	Valor Unit.	Valor total
Tubo cuadrado 30x30x1,5 mm	2	Unid	38,00	76,00
Plancha A36 0,7 mm 1,22x2,44 m	4	Unid	29,00	116,00
Polea 13 "	1	unid	12,00	12,00
Rodamiento NTN 6400-2RS	4	unid	11,00	44,00
Rodamiento SKF W 6306-2z	2	unid	19,00	38,00
Eje de acero 1045 124 mm de diámetro	0.282	metro	50,00	30,00
Eje de acero 1045	2	unid	25,00	50,00
Correa A-56	1	unid	15,00	15,25
Tubo sin costura de acero de 75 mm	0,1	metro	60,00	35,00
Tubo sin costura de acero de 140 mm	1	metro	60,00	120,00
Tubo de acero sin costura de 140 mm	1	metro	30,00	30,00
Polea 2 1/2 "	1	Unid	6,00	6,00
Disco de corte 7"	1	Unid	1.30	1.30
Disco de desbaste 7	1	Unid	3,00	3,00
disco de corte 14"	1	Unid	4,75	4,75
<b>TOTAL</b>				<b>580,00</b>

En la tabla 3.14 se muestran los materiales necesarios para la construcción de la máquina y sus costos individuales y totales.

#### 3.3.2 Costo de maquinaria

Se observa el costo de la maquinaria que brinda el movimiento mecánico rotatoria a los elementos de la máquina.

Tabla 3.15: Costo de maquinaria

Descripción	Cant.	Unid.	Valor Unit.	Valor total
Weg HP 3 RPM 1750 V110/220	1	Unid	371,13	371,13
<b>TOTAL</b>				<b>371,13</b>

En la tabla 3.15 se muestra el costo total del motor de 3 hp necesario para el sistema de potencia de la máquina peletizadora.

### 3.3.3 Costo de movilización

Se detalla el costo de movilización de la maquina hasta el sitio de instalación.

Tabla 3.16: Costo de movilización

Denominación	cantidad	Valor U.	Valor total
Movilización del sistema de peletizado	1	40,00	40,00
<b>TOTAL</b>			<b>40,00</b>

En la tabla 3.16 se muestran los costos correspondientes a la movilización de los materiales y la máquina total.

### 3.3.4 Costo del material eléctrico

A continuación, se detalla el costo del material eléctrico y consumible.

Tabla 3.17: Costo de material eléctrico y consumible.

Descripción	Cant.	Unid.	Valor Unit.	Valor total
Caja Inox. 304, 280x200x160x0,7-1,2 mm	1	Unid	60,00	60,00
Contactador 18 A Bob. 240 V C1-D18 C.S.C	1	Unid	11,28	11,28
Breakers p/riel 2x16 A SH202L C16 ABB	1	Unid	8,50	8,50
Relé térmico 5,5-8A R2-D1312 C.S.C	1	Unid	14,30	14,30
Pulsador marcha 22mm Verde	1	Unid	3,05	3,05
Pulsador paro 22mm Rojo	1	Unid	2,05	2,05
Luz piloto. 22mm Verde 220 V	1	Unid	2,83	2,83
Luz piloto. 22mm Rojo 220 V	1	Unid	2,83	2,83
Cable sucre TSJN N°3x12 AWG con. Nacional Blanco	8	Metro	1,20	9,60
Cable sucre TSJN N°4x12 AWG con. Nacional Negro	8	Metro	1,20	9,60
Enchufe de 20-220 V	1	Unid	3,80	3,80
Amarra plástica 10cmx 2,5mm	1	Unid	0,80	0,80
Electrodos 316L-16 3/32	1	Kg	14,00	14,00
electrodo 6011	1	Lb	7,00	7,00
<b>TOTAL</b>				<b>149,64</b>

En la tabla 3.17 se muestran los materiales necesarios para el control eléctrico de la máquina y el costo de cada uno de ellos.

### 3.3.5 Costo de mano obra

Tabla 3.18: Costo mano de obra.



<b>Denominación</b>	<b>cantidad</b>	<b>valor U.</b>	<b>valor total</b>
Torneado de tubo sin costura 75 mm	1	20,00	20,00
Torneado de tubo sin costura 140 mm	2	25,00	50,00
Cepillado de rodillos	2	30,00	60,00
Torneado de ejes	4	10,00	40,00
Fabricación de estructura	1	90,00	90,00
<b>TOTAL</b>			<b>260,00</b>

En la tabla 3.18 se muestra el costo de la mano de obra para la construcción de la máquina peletizadora.

### 3.3.6 Costos directos

Tabla 3.19: Costos directos.

<b>Items</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
1	Costo de materiales	1100,77
2	Costo mano de obra	260,00
3	costo de transporte	40,00
4	<b>TOTAL</b>	<b>1400,77</b>

### 3.3.7 Costos indirectos

Tabla 3.20: Costos indirectos.

<b>Denominación</b>	<b>Valor</b>
criterio de ingeniería (10% costos directos)	140,08
imprevistos (5% de costo directo)	70,00
<b>Total</b>	<b>210,12</b>

### 3.3.8 Costo total del sistema

Tabla 3.21: Costos total de la máquina.

<b>Denominación</b>	<b>Valor</b>
Costos directos	1400,77
Costos indirectos	210,12
<b>Total</b>	<b>1610,89</b>

En la tabla 3.21 se reflejaron los valores económicos reales que nos permiten fabricar la máquina y con un margen de ganancias, lo que nos permite optar por la construcción de máquinas peletizadoras para comercializarlas a menor costos que la competencia.

## **4 CONCLUSIONES DEL PROYECTO**

### **4.1 CONCLUSIONES**

Para el diseño de una máquina se parte desde la capacidad de producción que se requiere de la máquina, en este caso se tomó una capacidad de diseño de 100 kg/h de producción de pellets de alimento balanceado, para obtener esta capacidad de producción se inició con el cálculo del volumen de la tolva obteniendo una tolva de 0.018 metros cúbicos, a partir de esta capacidad se obtienen todas las variables a calcular para cada parte o sistema de la máquina.

Las herramientas de tipo CAD fueron de gran ayuda para el diseño de la máquina peletizadora, en el software de simulación SolidWorks se puede modelar una por una todas las piezas al mismo tiempo que se puede ir simulando y analizando todos los esfuerzos a los que están sometidas cada una de las partes, como también las fuerzas y momentos que se presentan en el funcionamiento de la máquina.

La construcción de la máquina se realizó con las siguientes medidas en su estructura 0.40 m de ancho y 0.80 m de largo elaborada con un tubo cuadrado de acero A36 con las siguientes dimensiones 30x30 mm de 2mm de espesor y una plancha de acero A36 de 1.5 mm de espesor, para la construcción del eje principal, matriz de peletizado y rodillos de compactación se tomó en cuenta un acero AISI 1045 por las características favorables que este presenta para la construcción de piezas de maquinaria, una vez culminada la etapa de construcción se procede a comprobar el funcionamiento de la máquina obteniendo resultados muy favorables en la producción.

En el periodo de pruebas la maquina peletizadora tiene una producción entre 88 y 95 kg/h de pellets, con una longitud de 1-3 cm a una velocidad de 350 RPM o 36,65 rad/seg, en un tiempo de 60 minutos, por ende, su funcionamiento satisface las necesidades del sector.

### **4.2 RECOMENDACIONES**

Se recomienda para el diseño de próximas máquinas peletizadoras tomar en cuenta la metodología y los cálculos adecuados para la selección de los materiales y actuadores adecuados para la construcción de la máquina, así como también conocer la densidad y dureza del material a peletizar para estimar de mejor manera la capacidad de producción.

Es importante contar las licencias originales de los softwares de diseño y simulación para tener acceso a todas las herramientas que estos softwares brindan y obtener simulaciones y datos completos de cada diseño.

En cuanto al proceso de peletizado se recomienda que el alimento en su etapa inicial de polvo antes de convertirse en pellet contenga una humedad de entre el 8 y 12 % en toda la mezcla para facilitar el proceso de peletizado.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. S. Carreño Malla, Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno, Loja: Universidad Nacional de Loja, 2015.
- [2] Mejía Vega, Erika Dayana; Pérez Lozano, Breiner Camilo;, Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para la granja de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Ocaña: Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, 2018.
- [3] R. A. Morales Araujo, Diseño y cálculo de una maquina peletizadora para la producción de alimento animal, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2019.
- [4] Albán Yépez, Edison Fernando; Arias Romo Ángel Satiago, Diseño, construcción e implementación de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para el sector pecuario con capacidad de 100 kg/h, Quito: Universidad Politécnica Salesiana, 2019.
- [5] S. O. Taica Céspedes, Diseño de una máquina pelletizadora de alimentos balanceados con capacidad de 150 kg/h para avícolas de la región lambayeque, Pimentel: Universidad Señor de Sipán, 2020.
- [6] A. T. Hansen, English Handbook for Wood Pellet Combustion, DENMARK: EUBIA – European Biomass Industry Association, 2009.
- [7] «consentido vacuno,» 16 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://www.blog.consentidovacuno.es/posts/la-importancia-de-la-alimentacion-en-el-ganado-vacuno.aspx>. [Último acceso: 12 DICIEMBRE 2022].
- [8] A. V. Jose M. Nogueer Massot, «El ensilado y sus ventajas,» de *El ensilado y sus ventajas*, Madrid, PUBLICACIONES DE EXTENSION AGRARIA, p. 16.
- [9] J. M. M. Pérez Porto, «Definición de pasto - Qué es, Significado y Concepto. Definicion.de,» p. 1, 14 febrero 2013.
- [10] J. G. A. Pérez Porto, «Definición de,» 28 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://definicion.de/heno/>. [Último acceso: 12 Noviembre 2022].
- [11] A. M. Amanda Zhou, «ENGORMIX,» 23 Septiembre 2013. [En línea]. Available: [https://www.quiveter.com/ftp\\_public/A1270913.pdf](https://www.quiveter.com/ftp_public/A1270913.pdf). [Último acceso: 12 Noviembre 2022].
- [12] K. C. Behnke, «FACTORS INFLUENCING PELLET QUALITY,» Department of grain science and industry, kansas, 2011.
- [13] Richard G. Budynas, J. Keith Nisbett, «Casa de estudio: Transmisión de estudio,» de *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, Mexico D.F, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA, 2008, pp. 915,916.

- [14] Marta C. Mora, José V. García, «Mecapedia,» Universidad Jaume I, 21 09 2022. [En línea]. Available: [http://www.mecapedia.uji.es/pages/transmision\\_por\\_correa.html](http://www.mecapedia.uji.es/pages/transmision_por_correa.html). [Último acceso: 19 01 2023].
- [15] SN, «INGENIERIA Y MECANICA AUTOMOTRIZ,» 19 08 2020. [En línea]. Available: <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-son-las-bandas-correas-transmisoras-de-potencia-y-como-se-disenan/>. [Último acceso: 19 01 2023].
- [16] A. J. Gutierrez, «583-Máquinas,» LABORDEBOY - SANTA FE, 2010. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/358maquinas/transmision-por-correas-y-poleas#:~:text=Se%20utilizan%20para%20transmitir%20potencia,la%20posibilidad%20de%20producirse%20patinamiento..> [Último acceso: 19 01 2023].
- [17] M. Torres, Mecanismos, Xunta de Galicia, 2014.
- [18] «El blog del ventilador eficiente,» 11 10 2018. [En línea]. Available: <https://clr.es/blog/es/motores-monofasicos-bifasicos-trifasicos/>. [Último acceso: 19 01 2023].
- [19] M. A. R. Pozueta, «MOTORES MONOFÁSICOS DE INDUCCIÓN,» Universidad de Cantabria, Cantabria, 2015.
- [20] S. J. Chapman, Máquinas Eléctricas, AUSTRALIA: MC GRAW HILL, 2022.
- [21] «GRUPO ACURA,» 19 05 2022. [En línea]. Available: <https://grupoacura.com/blog/acero-al-carbon/>. [Último acceso: 14 11 2022].
- [22] «Cia. General de aceros,» Cia. General de aceros, 14 06 2018. [En línea]. Available: <https://www.cga.com.co/producto/acero-aisi-sae-1045/>. [Último acceso: 05 02 2023].
- [23] «Cia. General de aceros,» Cia. General de aceros, 2018. [En línea].

# **ANEXOS**

Anexo I


**INFORME ANTIPLAGIO**

**PROYECTO DE**

**TITULACIÓN**












### ANEXO 1. INFORME ANTIPLAGIO PROYECTO DE TITULACIÓN

<b>FACULTAD:</b>	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Electromecánica
<b>NOMBRE DEL DOCENTE EVALUADOR QUE EMITE EL INFORME:</b>	Ing. MSc. Cevallos Betún Segundo Ángel
<b>DOCUMENTO EVALUADO:</b>	Propuesta tecnológica previo a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico.
<b>AUTORES DEL DOCUMENTO:</b>	Sr. Bryan Stalyn Chicaiza Molina Sr. Gino Ismael Moreno Armas
<b>PROGRAMA DE SIMILITUD UTILIZADO:</b>	Sistema URKUND
<b>PORCENTAGE DE SIMILITUD SEGUN EL PROGRAMA UTILIZADO:</b>	3 %
<b>OBSERVACIONES:</b> Calificación de originalidad atendiendo a los siguientes criterios. <ul style="list-style-type: none"><li>• El documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.</li><li>• El documento cumple criterios de originalidad, con observaciones.</li><li>• El documento no cumple criterios de originalidad.</li></ul>	-X- ----- -----
<b>FECHA DE REALIZACION DEL INFORME:</b>	16/02/2023 06:24:00 PM
<b>Document Information</b>	
<b>Analyzed document</b>	TESIS CHICAIZA _MORENO docx (D158816700)
<b>Submitted</b>	2/16/2023 6 24 00 PM
<b>Submitted by</b>	
<b>Submitter email</b>	gino.moreno7632@utc.edu.ec
<b>Similarity</b>	3%
<b>Analysis address</b>	segundo.cevallos.2@analysis.arkund.com
 ..... <b>Ing. MSc. Cevallos Betún Segundo Ángel</b> <b>Director del Proyecto de la Propuesta Tecnológica</b>	

## Document Information

Analyzed document	TESIS CHICAIZA _MORENO.docx (D158816700)
Submitted	2/16/2023 6:24:00 PM
Submitted by	
Submitter email	gino.moreno7632@uto.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	segundo.cevallos.2.uto@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

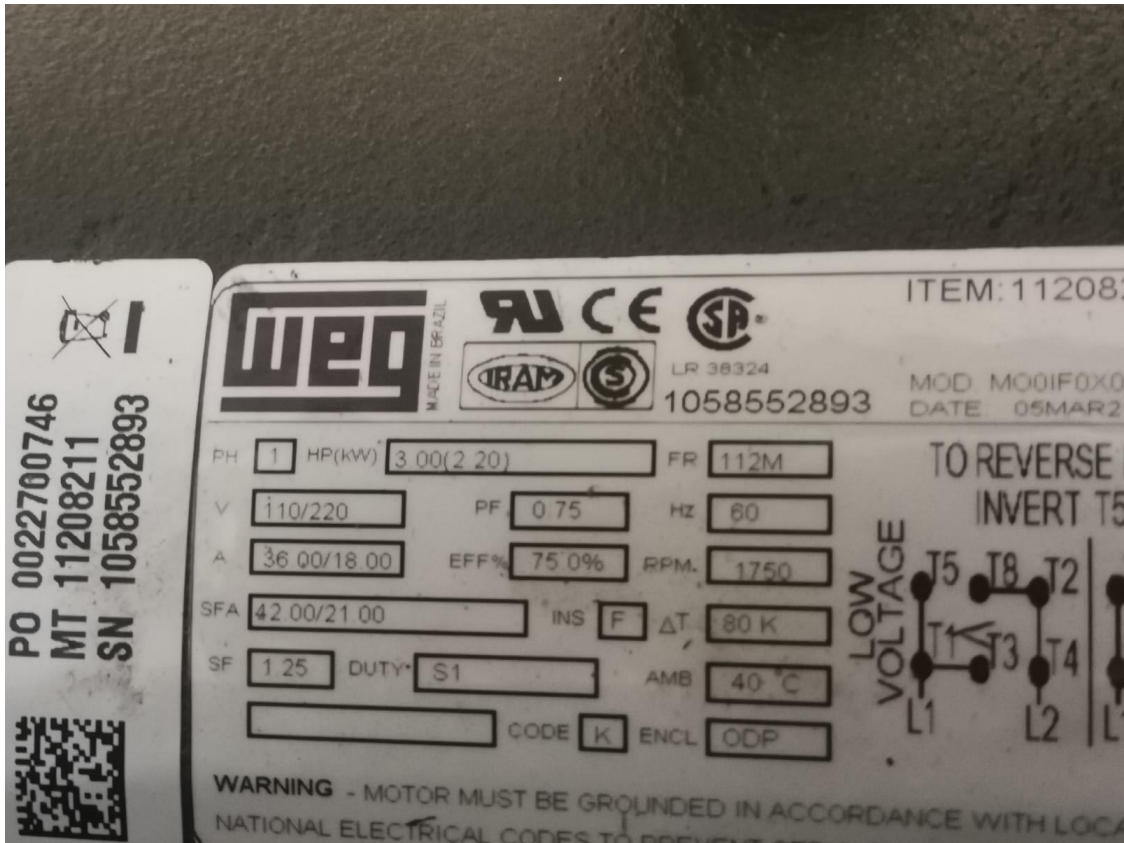
<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.utp.edu.co/bitstreams/ca1dc502-e836-43b9-a7a4-36fb96f60ae8/download">https://repositorio.utp.edu.co/bitstreams/ca1dc502-e836-43b9-a7a4-36fb96f60ae8/download</a> Fetched: 1/7/2023 3:08:35 PM	 1
<b>SA</b>	<b>Ronaldo y Liseth Cabay Urkund.docx</b> Document Ronaldo y Liseth Cabay Urkund.docx (D150962606)	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.adiveter.com/ftp_public/A1270913.pdf">https://www.adiveter.com/ftp_public/A1270913.pdf</a> Fetched: 2/16/2023 6:25:00 PM	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://grupoacura.com/blog/acero-al-carbon/">https://grupoacura.com/blog/acero-al-carbon/</a> Fetched: 2/16/2023 6:25:00 PM	 3
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.cga.com.co/producto/acero-aisi-sae-1045/">https://www.cga.com.co/producto/acero-aisi-sae-1045/</a> Fetched: 2/16/2023 6:25:00 PM	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://docplayer.es/amp/162490530-Disenyo-y-calculo-de-una-maquina-peletizadora-para-la-produc...">https://docplayer.es/amp/162490530-Disenyo-y-calculo-de-una-maquina-peletizadora-para-la-produc...</a> Fetched: 4/3/2022 4:11:51 PM	 3
<b>SA</b>	<b>AleagaS_PinchaoA_Trabajo_FinalU2.pdf</b> Document AleagaS_PinchaoA_Trabajo_FinalU2.pdf (D97011079)	 2
<b>SA</b>	<b>TESIS Ponce - Viteri.pdf</b> Document TESIS Ponce - Viteri.pdf (D143299117)	 1
<b>SA</b>	<b>CHAPOÑAN-PERALTA 2018-I.docx</b> Document CHAPOÑAN-PERALTA 2018-I.docx (D40694926)	 1

## Entire Document

ALIMENTOS PARA GANADO BOVINO HIERBA HENO GRANOS PELLETS HARINAS ENSILAJE  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE  
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA  
Diseño y construcción de una máquina peletizadora que elabore alimentos balanceados para ganado bovino PROPUESTA  
TECNOLÓGICA



ANEXO II  
METODOLOGÍA



## HOJA DE DATOS



## Motor Monofásico de Inducción - Rotor de Jaula

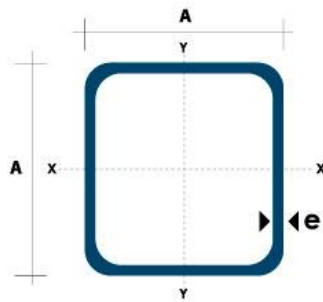
Cliente	:			
Línea del producto	: GENERAL		Código del producto : 13064657	
Carcasa	: 112S	Tiempo de rotor bloqueado	: 10s (frío) 6s (caliente)	
Potencia	: 2.2 kW (3 HP)	Elevación de temperatura	: 80 K	
Polos	: 2	Régimen de servicio	: S1	
Frecuencia	: 50 Hz	Temperatura ambiente	: -20°C hasta +40°C	
Tensión nominal	: 220/440 V	Altitud	: 1000 m	
Corriente nominal	: 18.0/8.00 A	Grado de protección	: IP22	
Corriente de arranque	: 95.0/48.0 A	Método de refrigeración	: IC01 - ODP	
Ip/In	: 6.0	Forma constructiva	: B3L(D)	
Corriente en vacío	: 8.20/4.10 A	Sentido de giro <sup>1</sup>	: Ambos	
Rotación nominal	: 2880 rpm	Nivel de ruido <sup>2</sup>	: 52.0 dB(A)	
Resbalamiento	: 4.00 %	Método de Arranque	: Partida directa	
Torque nominal	: 5.38 ft.lb	Masa aproximada <sup>3</sup>	: 81.8 lb	
Torque de arranque	: 220 %			
Torque máximo	: 200 %			
Clase de aislamiento	: F			
Factor de servicio	: 1.00			
Momento de inercia (J)	: 0.1803 sq.ft.lb			
Potencia	50%	75%	100%	
Rendimiento (%)	70.0	74.0	75.0	
Coef Φ	0.68	0.78	0.84	
			Fuerzas en la fundación	
			Tracción máxima	
			Compresión máxima	
Tipo de cojinete	:	<u>Delantero</u> 6208 Z2	<u>Trasero</u> 6205 Z2	
Sello	:	Sin vedación	Sin vedación	
Intervalo de lubricación	:	-	-	
Cantidad de lubricante	:	-	-	
Tipo de lubricante	:	Mobil Polyrex EM		
Notas				
Esta revisión substituy y cancela la anterior, la cual deberá ser eliminada.				
(1) Mirando la punta delantera del eje del motor.				
(2) Medido a 1m y con tolerancia de +3dB(A).				
(3) Masa aproximada sujetos a cambios después del proceso de fabricación.				
(4) Al 100% de la carga completa.				
Los valores indicados son valores promedio con base en ensayos y para alimentación en red senoidal, sujetos a las tolerancias de la norma IEC 60034-1.				
Rev.	Resumen de los cambios	Ejecutado	Verificado	Fecha
Ejecutor				
Verificador			Página	Revisión
Fecha	13/02/2023		1 / 1	

**Composición Química**

%C	%Mn	%Si	%P	%S
0,43-0,50	0,60-0,90	0,15- 0,35	≤ 0,04	≤ 0,05

**Propiedades Mecánicas Acero Laminado (Valores Típicos)**

Dureza (HB)	Esfuerzo Fluencia (mín.) (Kg/mm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Tracción (Kg/mm <sup>2</sup> )	Elongación (mín.)%
170-190	40	63-73	15



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	I cm <sup>3</sup>
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84

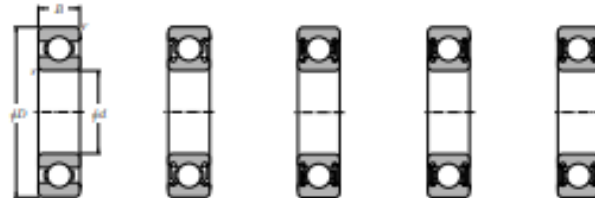


Conductor de cobre para 600 V. aislado con policloruro de vinilo (PVC) 90°C, y chaqueta de poliamida (nylon), resistente a la humedad, calor elevado, aceite y gasolina.

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Espesor de Chaqueta (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total Aprox. (kg / km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm <sup>2</sup> )	No. Hilos					
<b>FORMACIÓN SÓLIDO Y CABLEADO CONCÉNTRICO</b>							
14	2,08	1	0,38	0,10	2,59	22,56	25
12	3,31	1	0,38	0,10	3,01	34,32	30
10	5,261	1	0,51	0,10	3,81	54,74	40
8	8,367	1	0,76	0,13	5,04	89,55	55
8	8,367	7	0,76	0,13	5,48	94,93	55
6	13,3	7	0,76	0,13	6,44	144,57	75
4	21,15	7	1,02	0,15	8,22	231,68	95
<b>FORMACIÓN UNILAY</b>							
14	2,08	19	0,38	0,1	2,76	23,58	25
12	3,31	19	0,38	0,1	3,26	35,93	30
10	5,261	19	0,51	0,1	4,11	57,28	40
8	8,367	19	0,76	0,13	5,40	93,62	55
6	13,3	19	0,76	0,13	6,34	142,58	75
4	21,15	19	1,02	0,15	8,09	228,51	95
2	33,62	19	1,02	0,15	9,58	350,90	130
1	42,4	19	1,27	0,18	11,04	448,66	150
1/0	53,49	19	1,27	0,18	12,05	560,77	170
2/0	67,44	19	1,27	0,18	13,17	697,21	195
3/0	85,02	19	1,27	0,18	14,43	868,29	225
4/0	107,2	19	1,27	0,18	15,85	1083,04	260
<b>FORMACIÓN CABLEADO CONCÉNTRICO</b>							
250	126,7	37	1,52	0,2	18,06	1289,56	290
300	152	37	1,52	0,2	19,44	1533,75	320
350	177	37	1,52	0,2	20,74	1774,71	350
400	203	37	1,52	0,2	21,93	2023,85	380
500	253	37	1,52	0,2	24,10	2502,47	430
600	304	61	1,78	0,23	26,70	3015,86	475
750	380	61	1,78	0,23	29,37	3740,80	535
1000	507	61	1,78	0,23	33,28	4947,40	615

\*Capacidad máxima de corriente, para no más de 3 conductores en tensión en ducto, cable o tierra (directamente enterrados), para

● Rodamientos Rígidos de Bolas



Tipo abierto    Tipo con tapas (ZZ)    Tipo con sello de no contacto (LLB, LLF)    Tipo con sello de bajo torque (LLH)    Tipo con sello de contacto (LLU)

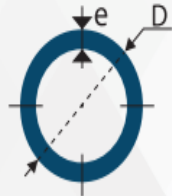
d) 10 ~ 20mm

Dimensiones principales	Capacidades básicas de carga				Factor	Velocidades límites					Números de rodamientos							
	dinámicas		estáticas			$f_0$	r.p.m.					tipo abierto	con tapas	con sello de no contacto	con sello de bajo torque	con sello de contacto		
d	D	B	$r_{max}^{(1)}$	$C_1$	$C_2$		$C_3$	$C_4$	grasa tipo abierto	aceite tipo abierto	LLB						LLF	LLH
10	15	3	0.1	—	0.855	0.435	87	44	15.7	10 000	12 000	—	—	6700	—	—	—	—
	19	5	0.3	—	1.83	0.925	187	94	14.8	32 000	38 000	—	24 000	6800	ZZ	LLB	—	LLU
	22	6	0.3	0.3	2.7	1.27	275	129	14.0	30 000	36 000	—	21 000	6900	ZZ	LLB	—	LLU
	26	8	0.3	—	4.55	1.96	465	200	12.4	29 000	34 000	25 000	21 000	6000	ZZ	LLB	LLH	LLU
	30	9	0.6	0.5	5.10	2.39	520	244	13.2	25 000	30 000	21 000	18 000	6200	ZZ	LLB	LLH	LLU
35	11	0.6	0.5	8.20	3.50	835	355	11.4	23 000	27 000	20 000	16 000	6300	ZZ	LLB	LLH	LLU	
12	18	4	0.2	—	0.930	0.530	95	54	16.2	8 300	9 500	—	—	6701	—	LLF	—	—
	21	5	0.3	—	1.92	1.04	195	106	15.3	29 000	35 000	—	20 000	6801	ZZ	LLB	—	LLU
	24	6	0.3	0.3	2.89	1.46	295	149	14.5	27 000	32 000	—	19 000	6901	ZZ	LLB	—	LLU
	28	7	0.3	—	5.10	2.39	520	244	13.2	26 000	30 000	—	—	16001	—	—	—	—
	28	8	0.3	—	5.10	2.39	520	244	13.2	26 000	30 000	21 000	18 000	6001	ZZ	LLB	LLH	LLU
32	10	0.6	0.5	6.10	2.75	620	280	12.7	22 000	26 000	20 000	16 000	6201	ZZ	LLB	LLH	LLU	
37	12	1	0.5	9.70	4.20	990	425	11.1	20 000	24 000	19 000	15 000	6301	ZZ	LLB	LLH	LLU	
15	21	4	0.2	—	0.940	0.585	96	59	16.5	6 600	7 600	—	—	6702	—	LLF	—	—
	24	5	0.3	—	2.08	1.26	212	128	15.8	26 000	31 000	—	17 000	6802	ZZ	LLB	—	LLU
	28	7	0.3	0.3	3.65	2.00	375	204	14.8	24 000	28 000	—	16 000	6902	ZZ	LLB	—	LLU
	32	8	0.3	—	5.60	2.83	570	289	13.9	22 000	26 000	—	—	16002	—	—	—	—
	32	9	0.3	0.3	5.60	2.83	570	289	13.9	22 000	26 000	18 000	15 000	6002	ZZ	LLB	LLH	LLU
35	11	0.6	0.5	7.75	3.60	790	365	12.7	19 000	23 000	18 000	15 000	6202	ZZ	LLB	LLH	LLU	
42	13	1	0.5	11.4	5.45	1 170	555	12.3	17 000	21 000	15 000	12 000	6302	ZZ	LLB	LLH	LLU	
17	23	4	0.2	—	1.00	0.660	102	67	16.3	5 000	6 700	—	—	6703	—	LLF	—	—
	26	5	0.3	—	2.23	1.46	227	149	16.1	24 000	28 000	—	15 000	6803	ZZ	LLB	—	LLU
	30	7	0.3	0.3	4.65	2.58	475	263	14.7	22 000	26 000	—	14 000	6903	ZZ	LLB	—	LLU
	35	8	0.3	—	6.80	3.35	695	345	13.6	20 000	24 000	—	—	16003	—	—	—	—
	35	10	0.3	0.3	6.80	3.35	695	345	13.6	20 000	24 000	16 000	14 000	6003	ZZ	LLB	LLH	LLU
40	12	0.6	0.5	9.60	4.60	980	465	12.8	18 000	21 000	15 000	12 000	6203	ZZ	LLB	LLH	LLU	
47	14	1	0.5	13.5	6.55	1 380	665	12.2	16 000	19 000	14 000	11 000	6303	ZZ	LLB	LLH	LLU	
62	17	1.1	—	22.7	10.8	2 320	1 100	11.1	14 000	16 000	—	—	6403	—	—	—	—	
20	27	4	0.2	—	1.04	0.730	106	74	16.1	5 000	5 700	—	—	6704	—	LLF	—	—
	32	7	0.3	0.3	4.00	2.47	410	252	15.5	21 000	25 000	—	13 000	6804	ZZ	LLB	—	LLU
	37	9	0.3	0.3	6.40	3.70	650	375	14.7	19 000	23 000	—	12 000	6904	ZZ	LLB	—	LLU
	42	8	0.3	—	7.90	4.50	810	465	14.5	18 000	21 000	—	—	16004	—	—	—	—
	42	12	0.6	0.5	9.40	5.05	955	515	13.9	18 000	21 000	13 000	11 000	6004	ZZ	LLB	LLH	LLU
47	14	1	0.5	12.8	6.65	1 310	680	13.2	16 000	18 000	12 000	10 000	6204	ZZ	LLB	LLH	LLU	
52	15	1.1	0.5	15.9	7.90	1 620	805	12.4	14 000	17 000	12 000	10 000	6304	ZZ	LLB	LLH	LLU	

1) Dimensión mínima permitida para el chafón r.

Tabla Nº 6		Longitud primitiva nominal				
Correa (m)	Sección Z (mm)	Sección A (mm)	Sección B (mm)	Sección C (mm)	Sección D (mm)	Sección E (mm)
41	1066	1075	1086	-	-	-
42	1092	1106	1100	-	-	-
43	1117	1134	1140	-	-	-
44	1143	1153	1156	1191	-	-
45	1168	1186	1184	1217	-	-
46	1193	1199	1204	1242	-	-
47	1219	1232	1237	1267	-	-
48	1244	1262	1268	1293	-	-
49	1270	1280	1288	1318	-	-
50	1295	1306	1318	1344	-	-
51	1320	1330	1328	1357	-	-
52	1346	1354	1367	1394	-	-
53	1371	1381	1382	1429	-	-
54	1397	1405	1410	1442	-	-
55	1422	1429	1443	1460	-	-
56	1447	1459	1460	1497	-	-
57	1473	1482	1491	1527	-	-
58	1498	1507	1512	1550	-	-
59	1524	1532	1541	1576	-	-
60	1549	1556	1556	1598	-	-
61	-	1584	1601	1623	-	-
62	-	1605	1626	1648	-	-
63	-	1633	1641	1674	-	-
64	-	1658	1674	1699	-	-
65	-	1683	1695	1725	-	-
66	-	1714	1724	1745	-	-
67	-	1742	1743	1775	-	-
68	-	1767	1770	1788	-	-
69	-	1785	1794	1826	-	-
70	-	1813	1818	1847	-	-
71	-	1841	1846	1877	-	-
72	-	1862	1878	1897	-	-
73	-	1887	1900	1928	-	-
74	-	1913	1924	1953	-	-
75	-	1937	1947	1979	-	-
76	-	1963	1973	1989	-	-
77	-	1989	1999	2015	-	-
78	-	2013	2024	2042	-	-
79	-	2033	2043	2066	-	-
80	-	2065	2075	2094	-	-
81	-	2083	2103	2119	-	-
82	-	2116	2126	2145	-	-
83	-	2133	2151	2170	-	-
84	-	2167	2177	2196	-	-
85	-	2193	2203	2221	-	-
86	-	2220	2230	2247	-	-
87	-	2245	2258	2273	-	-
88	-	2273	2283	2299	2313	-
89	-	2299	2304	2326	2339	-
90	-	2319	2329	2348	2366	-
91	-	2344	2355	2374	2392	-
92	-	2370	2380	2400	2418	-
93	-	2393	2403	2422	2445	-
94	-	2421	2431	2448	2471	-
95	-	2446	2456	2475	2497	-
96	-	2471	2481	2500	2523	-
97	-	2497	2506	2524	2550	-
98	-	2533	2543	2562	2576	-
99	-	2554	2558	2587	2602	-
100	-	2573	2583	2602	2629	-
101	-	2599	2609	2622	2655	-
102	-	2624	2643	2653	2681	-
103	-	2650	2659	2679	2707	-
104	-	2683	2693	2704	2726	-
105	-	2700	2710	2729	2752	-
106	-	2726	2743	2754	2778	-
107	-	2758	2761	2780	2805	-
108	-	2776	2793	2812	2831	-
109	-	2802	2819	2838	2857	-
110	-	2833	2843	2862	2876	-





COMPOSICIÓN QUÍMICA %			
C Max	Mn	P Max	S Max
0.3	1.2	0.05	0.06

PROPIEDADES MECÁNICAS				
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min
Kg/mm <sup>2</sup>	Psi	Kg/mm <sup>2</sup>	Psi	
42.2	60000	24.6	35000	30 - 35

TUBERÍA SIN COSTURA

DIÁMETRO			PROPIEDADES				
INTERIOR	EXTERIOR (D)		ESPESOR (e)		PRESIÓN/PRUEBA		PESO
pulg	mm	pulg	mm	pulg	kg/cm <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	kg/mts
1/2"	21.30	0.84	2.77	0.10	49	700	1.27
3/4"	26.70	1.05	2.87	0.11	49	700	1.68
1"	33.40	1.31	3.38	0.13	49	700	2.50
1 1/4"	42.20	1.66	3.56	0.14	91	1300	3.38
1 1/2"	48.30	1.90	3.68	0.14	91	1300	4.05
2"	60.30	2.37	3.91	0.15	176	2500	5.44
2 1/2"	73.00	2.87	5.16	0.20	176	2500	8.62
3"	88.90	3.50	5.49	0.21	176	2500	11.29
4"	114.30	4.50	6.02	0.23	155	2210	16.07
5"	141.30	5.56	6.55	0.25	137	1950	21.78
6"	168.30	6.62	7.11	0.28	125	1780	28.26
8"	219.10	8.62	8.18	0.32	110	1570	42.53
10"	273.00	10.75	9.27	0.36	101	1430	60.29
12"	323.80	12.75	10.31	0.40	94	1340	79.65
14"	355.60	14.00	11.13	0.43	92	1310	94.55

\*Otros largos y acabados previa consulta

## PLANCHAS

### LAMINADAS AL CALIENTE

#### Especificaciones Generales:

<b>Norma:</b>	NTE INEN 115
<b>Espesores:</b>	ASTM A36 - SAE J 403 1008
<b>Espesores:</b>	2mm a 12mm
<b>Rollos:</b>	Ancho 1000, 1220, 1500mm
<b>Planchas:</b>	4 x 8 pies y medidas especiales
<b>Acabado:</b>	Acero Negro



PLANCHAS

#### Calidad Comercial

Calidad	Composición Química							Propiedades Mecánicas				Norma Equivalente
	% C	%Mn	%P	%S	%Si	%AL	%CU	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°		
SAE 1011 SPHC	0,08 0,13	0,3 0,6	0,02 max.	0,025 max.	0,05 max.	0,02 0,06	0,2 max.	270 min.	29 min.	0= 0o	SAE 1011 ASTM A-569	
SAE 1008	0,03 0,1	0,25 0,5	0,02 max.	0,025 max.	0,04 max.	0,02 0,06	0,2 max.				SAE 1012 SPHT1	
SAE 1012	0,1 0,15	0,3 0,6	0,02 max.	0,025 max.	0,03 max.	0,02 0,06	0,2 max.				ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 33	

#### Calidad Estructural

Norma	Composición Química							Propiedades Mecánicas					Norma Equivalente
	% C	%Mn	%P	%S	%Si	%CU	OTROS	Tensión (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°		
ASTM A-36 Grado A	0,19 max.	0,8 1,25	0,04 max.	0,05 max.	0,3 0,6	0,25 0,40	Ni 0,15-0,35 Cr 0,40-0,60 V 0,02-0,10	345 min.	485 min.	18 min.			
ASTM A-283 Grado C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max.	0,03 max.	0,04 max.	0,2 max.		205 min.	380 516 max.	25 min.	0=1,5e	SAE 1015	
SAE 1020 5541 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max.	0,025 max.	0,04 max.	0,25 max.		250 min.	400 min 550 max.	21 min.		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36	
A 36	0,25 0,25	0,80 1,2	0,04 max.	0,05 max.	0,4 max.	0,20 max.		250 min.	400 min 550 max.	20 min.			
A570-GR50	0,25	1,25 max.	0,035 max.	0,04 max.				340 min.	490 min 550 max.	17 min.	1-10e		

## FICHA TÉCNICA MÁQUINA PELETIZADORA

Máquina – Equipo	Peletizadora
Precio de venta	\$ 1,380.00
Modelo	Matriz Plana giratoria
<b>Especificaciones técnicas</b>	
Potencia del motor	3 hp (2.2 kw)
Tensión	220 - 240 V
Intensidad	18 A
Frecuencia	60 Hz
<b>Dimensiones</b>	
Largo	0.80 m
Ancho	0.40 m
Altura	0.80 m
Peso	120 kg
<b>Capacidades</b>	
Diseño	100 kg/h
Real	85 - 100 kg/h
<b>Materiales</b>	
Estructura	ASTM A36
Matriz Plana	AISI 1045
Rodillos	AISI 1045



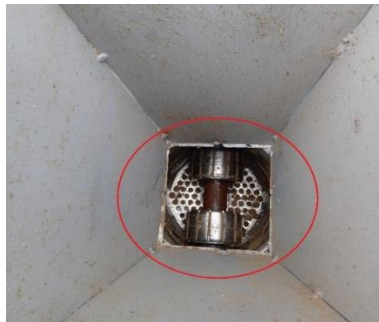
### Manual de operación de la máquina peletizadora

Antes de la puesta en marcha de la máquina lea detenidamente las instrucciones para el uso adecuado y seguro de la máquina peletizadora.

1. Energizar la máquina mediante el cable de alimentación, se requiere conectar a una fuente de alimentación monofásica de 220 V



2. Antes de la puesta en marcha de la máquina se debe revisar que la cámara de aglutinamiento se encuentre vacía y los rodillos compactadores se encuentren separados de la matriz.



3. Una vez verificado esto, se enciende el motor de la máquina presionando el pulsador de marcha (verde) ubicado en la parte frontal del tablero de control.



4. La máquina siempre arranca en vacío, únicamente la matriz estará girando se procede a ajustar los rodillos de ambos lados hasta que estos empiecen a girar uniformemente.



5. Con los rodillos ya ajustados, se procede a introducir el material en polvo en la tolva de alimentación. (Es importante que se evite que matriz y los rodillos de compactación se encuentren en contacto directo durante mucho tiempo.)



6. Cuando empiezan a salir los primeros pellets posicionar la cuchilla de manera que corte el pellet a las dimensiones deseadas.



7. Una vez consumido todo el material a pelletizar, se apaga el motor de la máquina presionando el pulsador de paro (rojo) ubicado en la parte frontal del tablero de control.



8. Una vez detenido el motor se procede a separar los rodillos de la matriz de paletización, aflojando los dos tornillos.



9. Se recomienda desmontar la cámara de aglutinamiento para la limpieza de los rodillos y la matriz de peletizado.



10. En caso de emergencia accionar el paro de emergencia (pulsador zeta rojo) para cortar el paso de energía y parar el funcionamiento de la máquina.



ANEXO: K	Tema: PRECAUCIONES A TENER EN CUENTA EN LA MÁQUINA PELETIZADORA	1 de 1
----------	---	--------

### Precauciones

La máquina presenta riesgo de atrapamiento en la cámara de aglutinamiento evitar poner en riesgo sus extremidades superiores.



**¡ATENCIÓN!**  
**RIESGO DE**  
**ATRAPAMIENTO**

La máquina presenta riesgo de descarga eléctrica en el tablero de control evitar abrir el tablero cuando la máquina este energizada.





### **Posibles fallas y soluciones**

**1.** El motor no enciende

Solución: Verificar la existencia de alimentación eléctrica hacia el tablero de control, asegurarse que el paro de emergencia no este accionado, verificar si los interruptores termomagnéticos estén en estados de ON.

**2.** Remordimiento de los rodillos compactadores.

Solución: Detener completamente la maquina y verificar las causas, posiblemente existe una gran cantidad de humedad en el alimento lo que ocasiona este problema; se retira totalmente este material y se vuelve a encender la máquina ingresando el material de a poco hasta que los rodillos y la matriz alcancen una temperatura que sea capaz de eliminar el exceso de humedad

**3.** Perdida de fuerza de la máquina

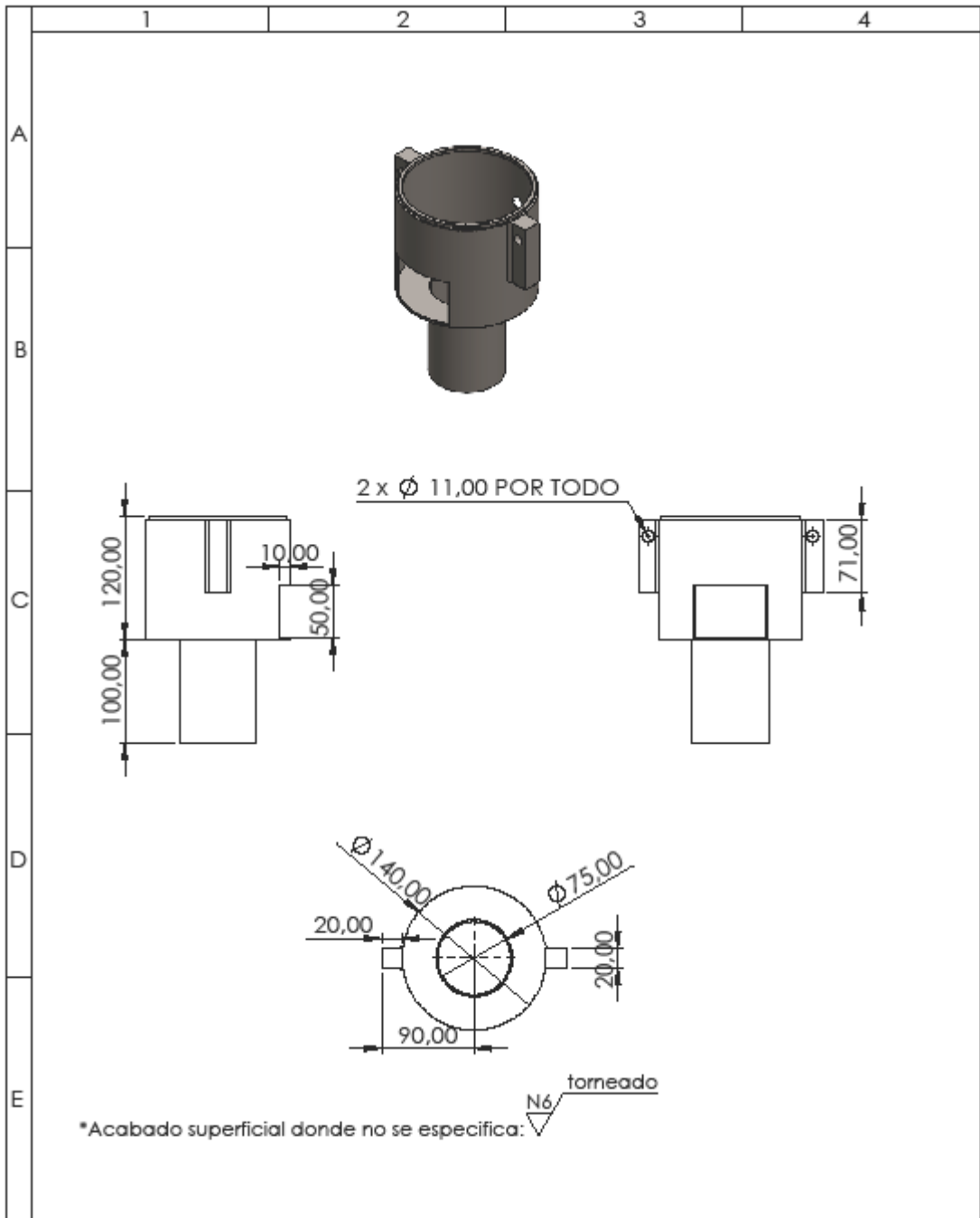
Solución: Verificar si la tensión de la banda sea la adecuada en caso de ser necesario cambiar la banda de tipo A.

**4.** No se forman pellets consistentes, solo se obtiene material granulado

Solución: verificar la posición de la cuchilla y adecuarla al tamaño de pellet deseado.

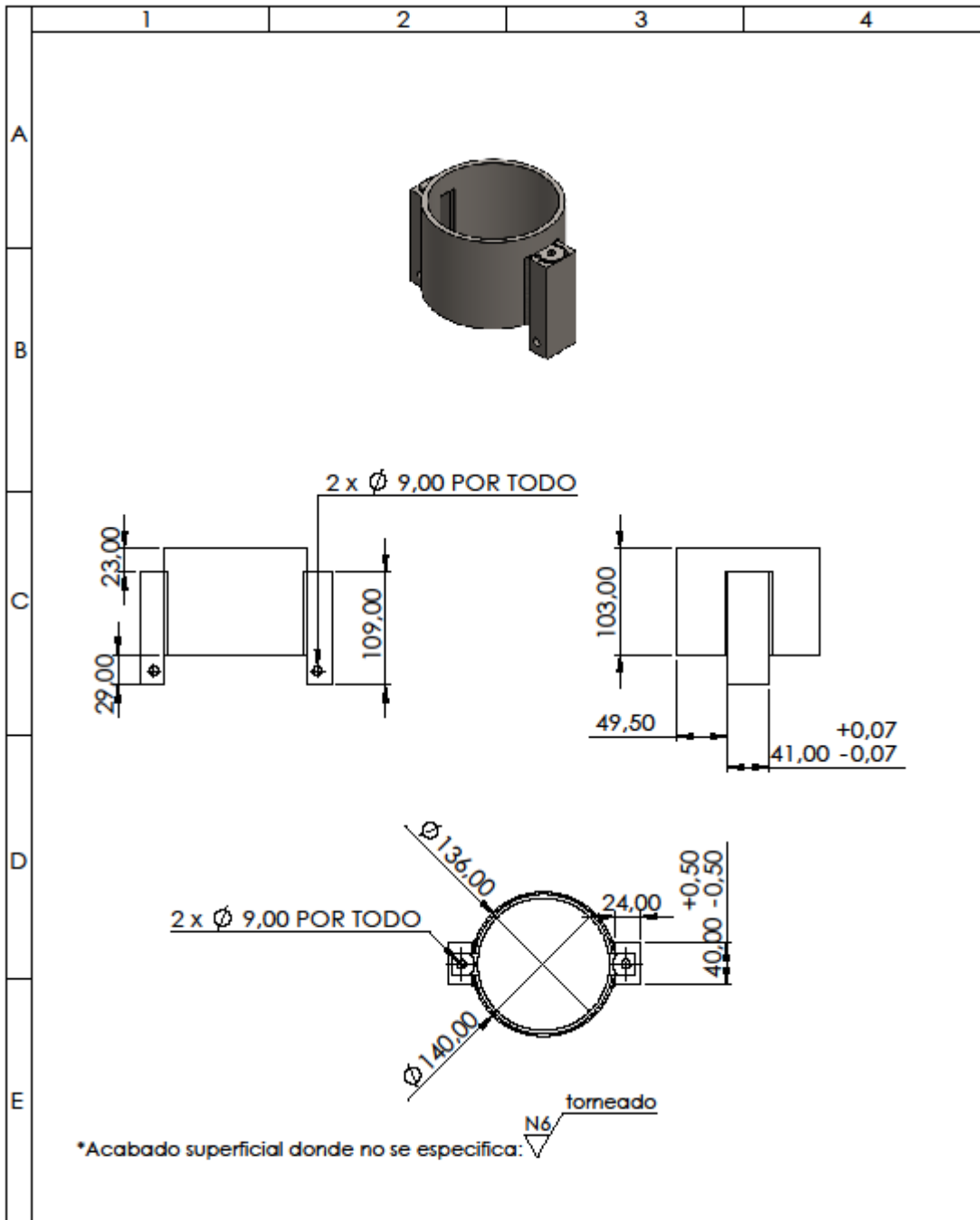
# ANEXO III

## PLANOS



\*Acabado superficial donde no se especifica:  $\nabla$  N6 torneado

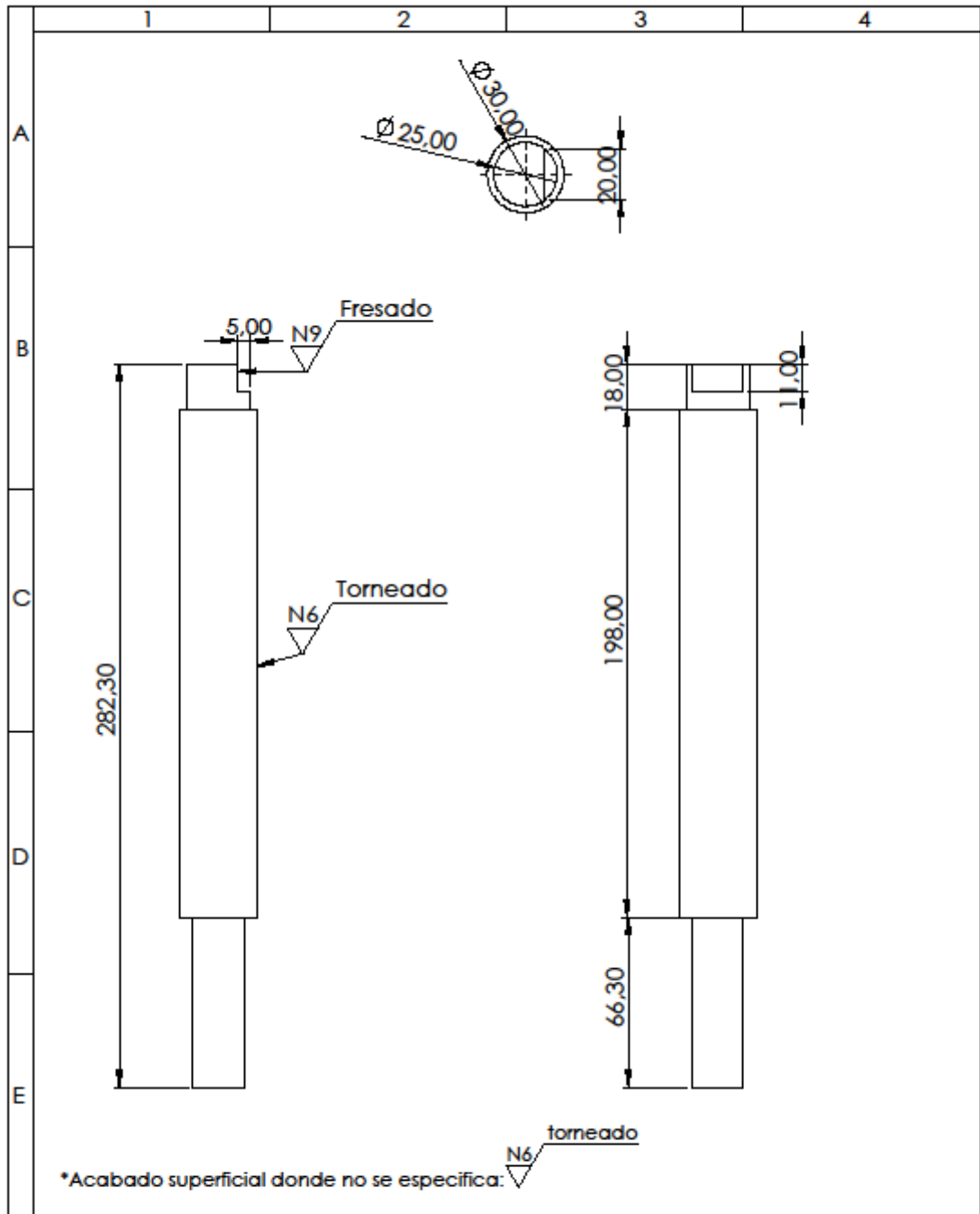
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0.1	1.26 kg	Acero ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó:	G.M.B.C.H	Camara de aglutinamiento inferior	1:5
				Revisó:	Ing.Segundo Cevallos		
				Aprobó:	Ing.Segundo Cevallos		
				UTC Ing.Electromecánica		Número del dibujo: 1 de 14	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



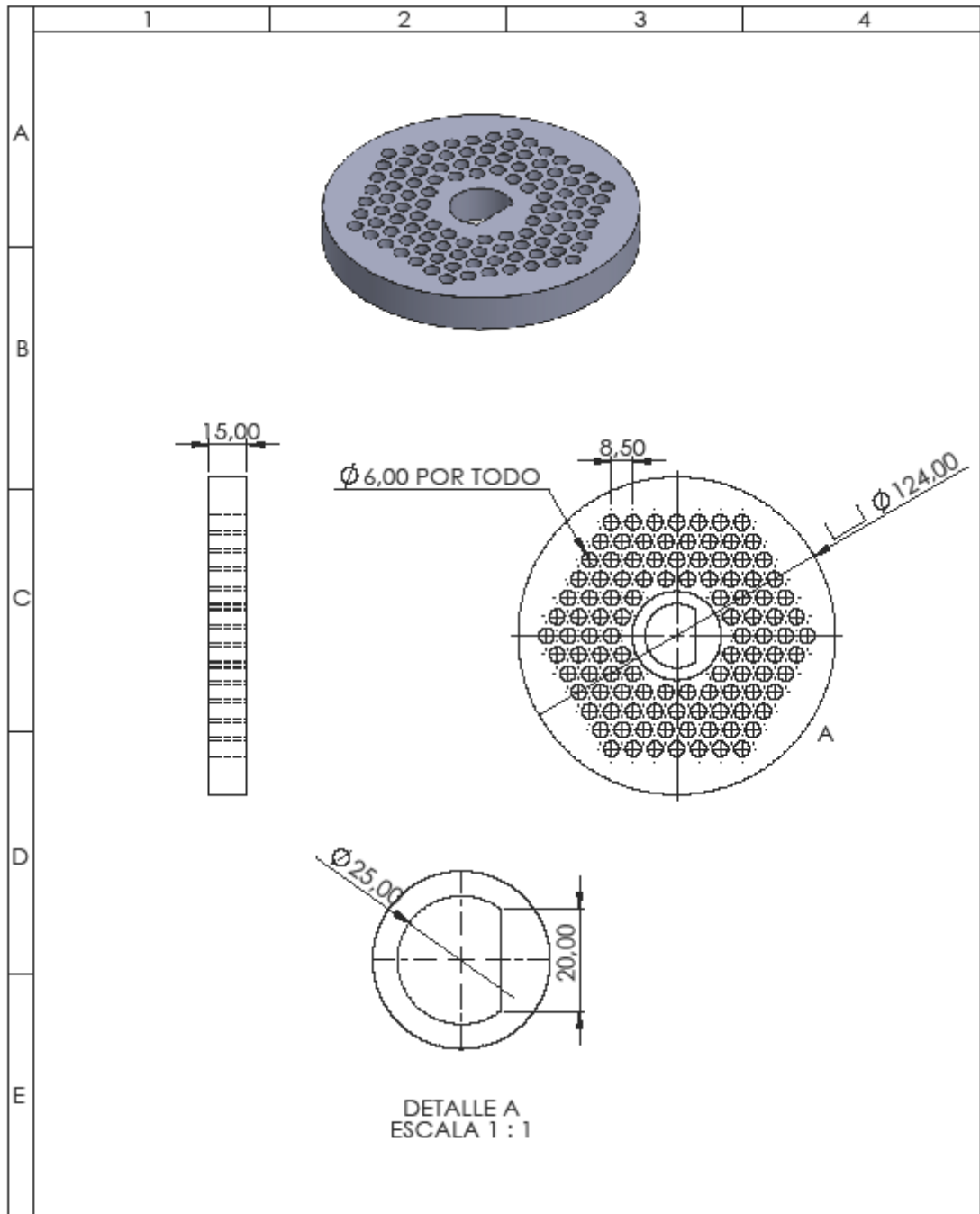
\*Acabado superficial donde no se especifica:  $\nabla$  N6

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	2.79 kg	Acero ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 22/02/2022	G.M.B.C.H	Camara de aglutinamiento superior	1:5
				Revisó: 22/02/2022	Ing.Segundo Cevallos		
				Aprobó: 22/02/2022	Ing.Segundo Cevallos		
				UTC Ing.Electromecánica		Número del dibujo: 2 de 14	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



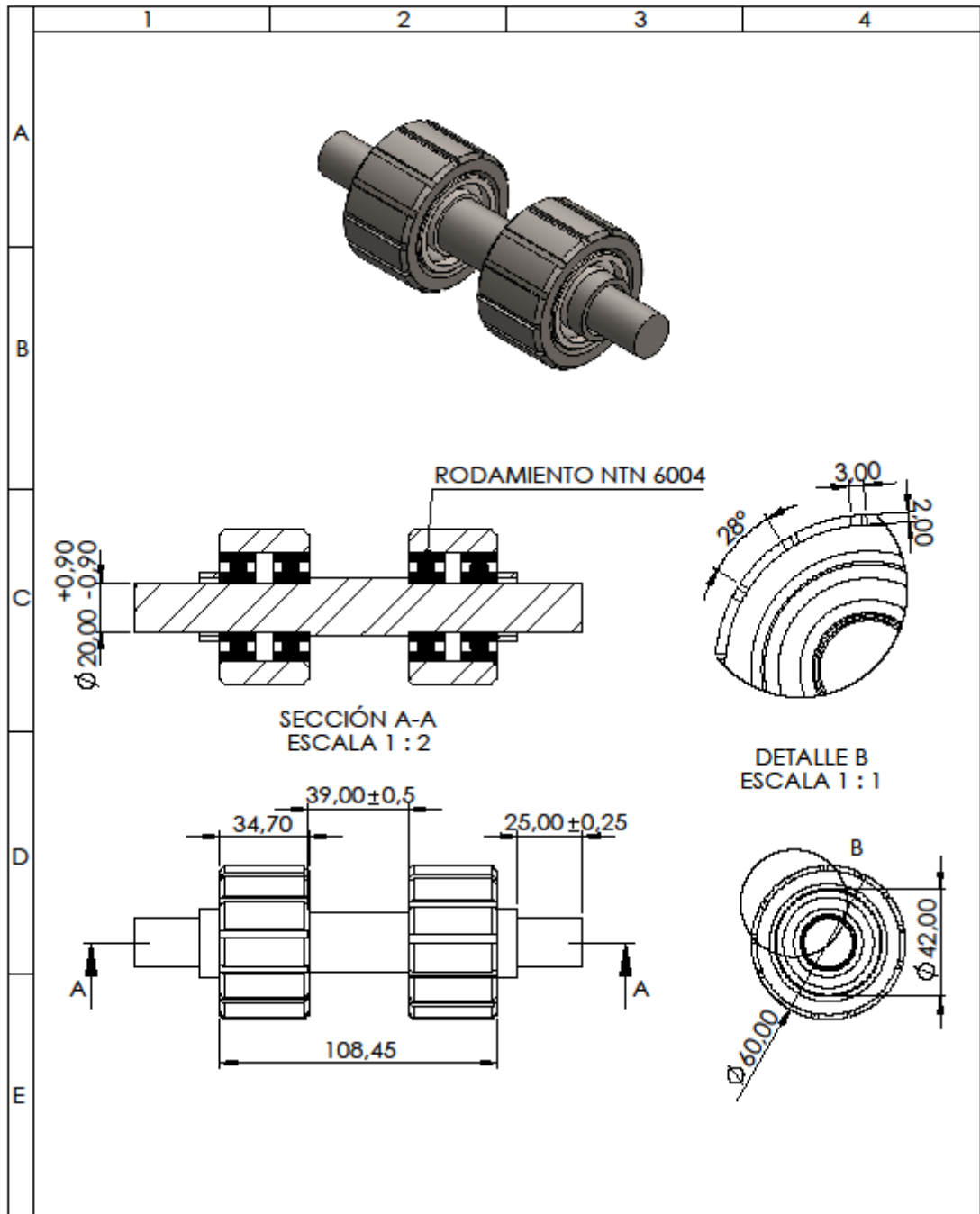


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	1.32 kg	Acero ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 22/02/2022	G.M.B.C.H	Eje principal	1:2
				Revisó: 22/02/2022	Ing.Segundo Cevallos		
				Aprobó: 22/02/2022	Ing.Segundo Cevallos		
				UTC Ing.Electromecánica		Número del dibujo: 4 de 14	
Estado	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



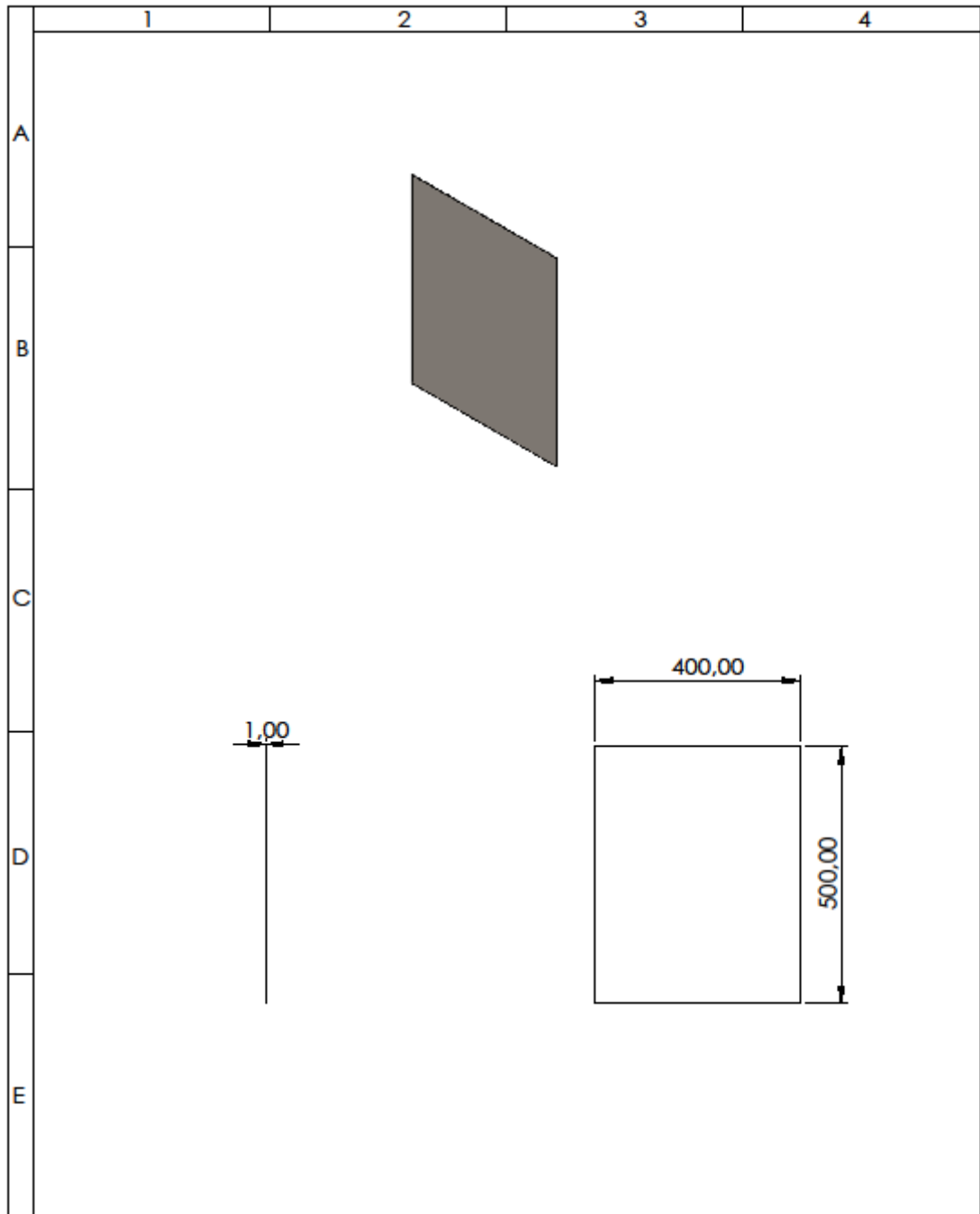
DETALLE A  
ESCALA 1 : 1

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,1$	1.01kg	Acero AISI 1045	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó:	22/02/2022	G.M.B.C.H	1:2
				Revisó:	22/02/2022	Ing.Segundo Cavallos	
				Aprobó:	22/02/2022	Ing.Segundo Cavallos	
				UTC Ing.Electromecánica		Número del dibujo: 5 de 14	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

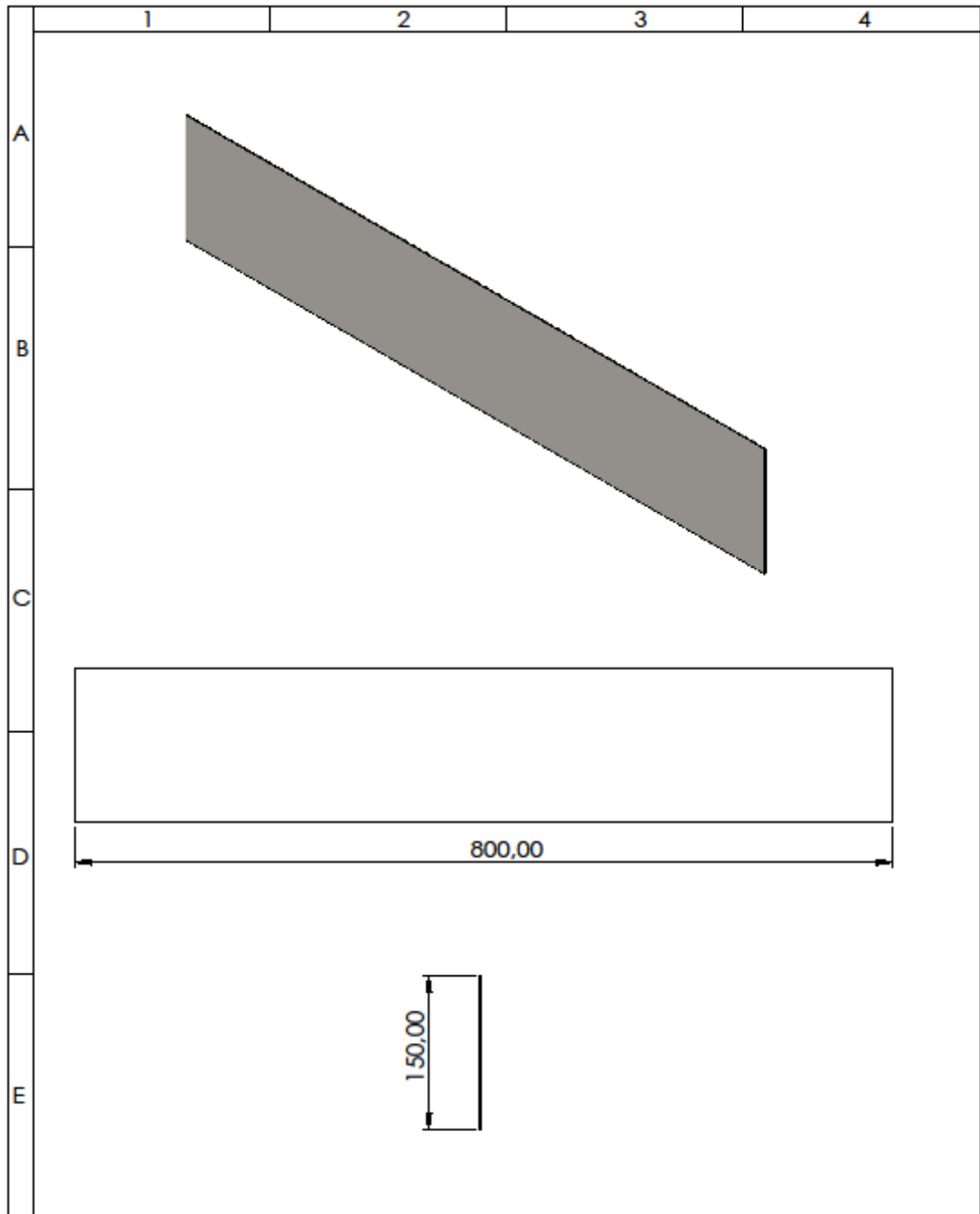


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,1$	1.1 kg	Acero AISI 1045	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 22/02/2022	G.M.B.C.H.	Rodillos	1:2
				Revisó: 22/02/2022	Ing.Segundo Cevallos		
				Aprobó: 22/02/2022	Ing.Segundo Cevallos		
				UTC Ing.Electromecánica		Número del dibujo: 6 de 14	
Estado	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

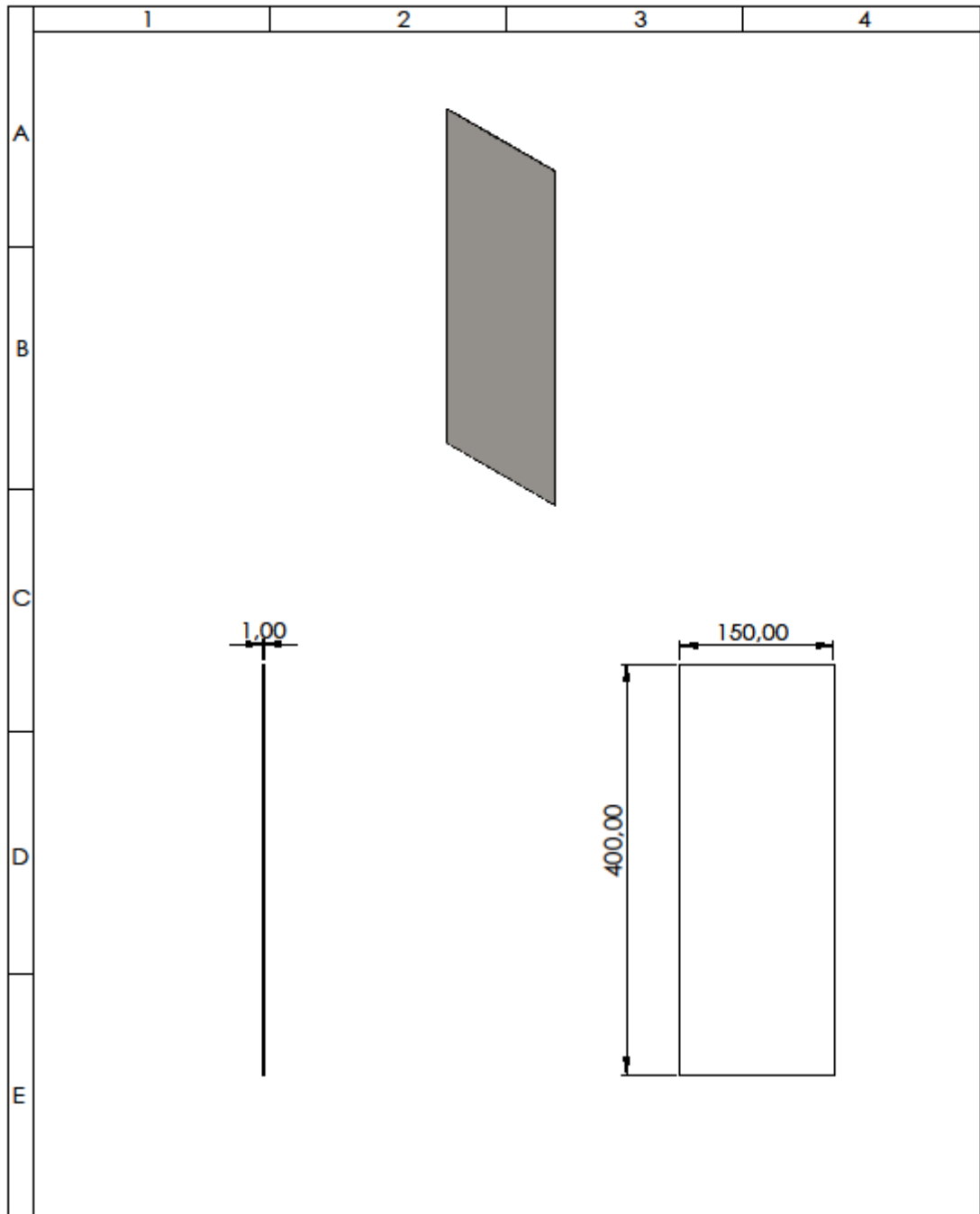




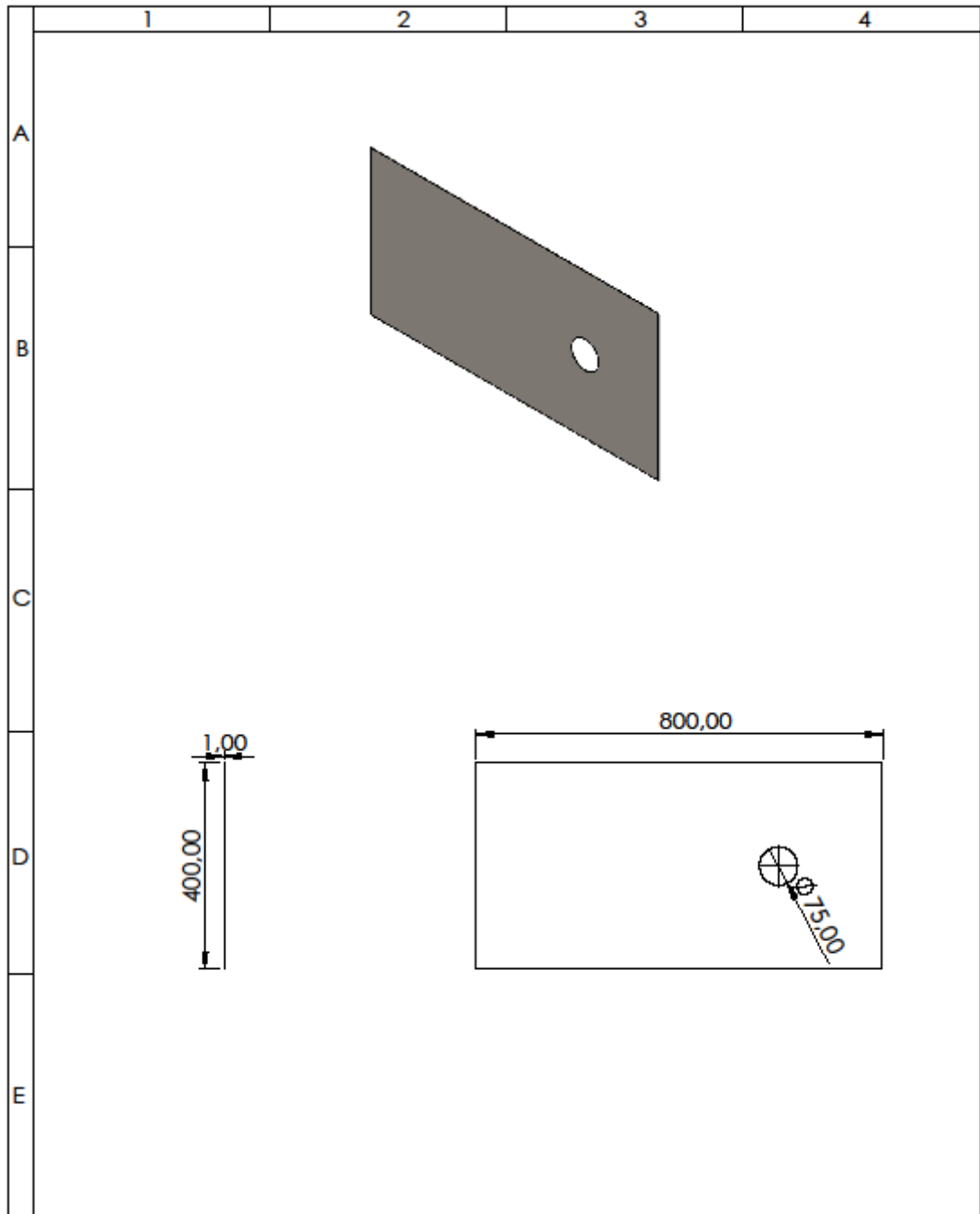
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	1,57kg	Acero ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación: Lamina 1	Escala: 1:10
				Dibujó: 22/02/2022	G.M.B.C.H		
				Revisó: 22/02/2022	Ing.Segundo Cevallos		
				Aprobó: 22/02/2022	Ing.Segundo Cevallos		
				UTC Ing.Electromecánica		Número del dibujo: 7 de 14	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



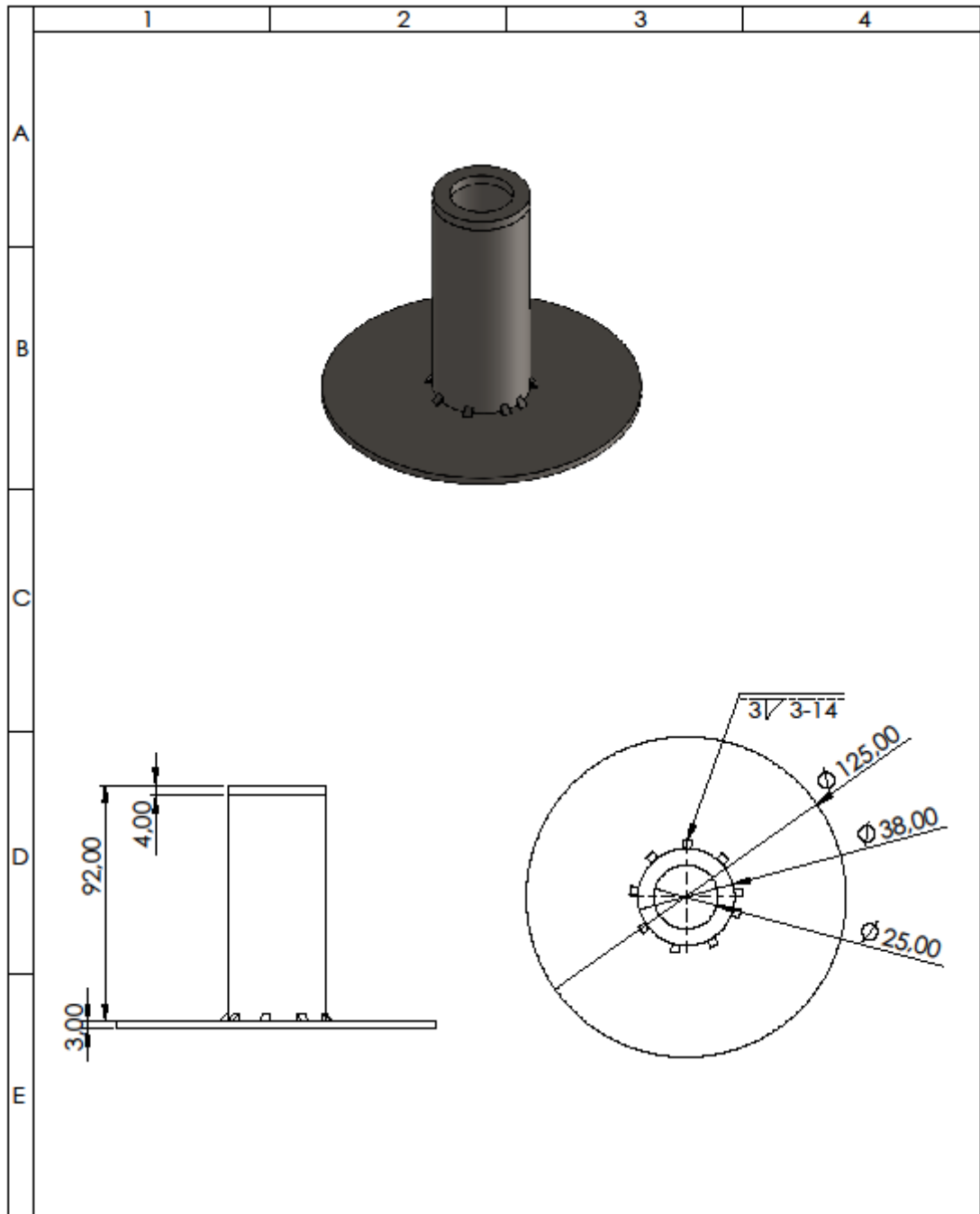
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	0,94kg	Acero ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 22/02/2022	G.M.B.C.H	Lamina 2	1:5
				Revisó: 22/02/2022	Ing.Segundo Cervatos		
				Aprobó: 22/02/2022	Ing.Segundo Cervatos		
				UTC Ing.Electromecánica		Número del dibujo: 8 de 14	
Estado	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



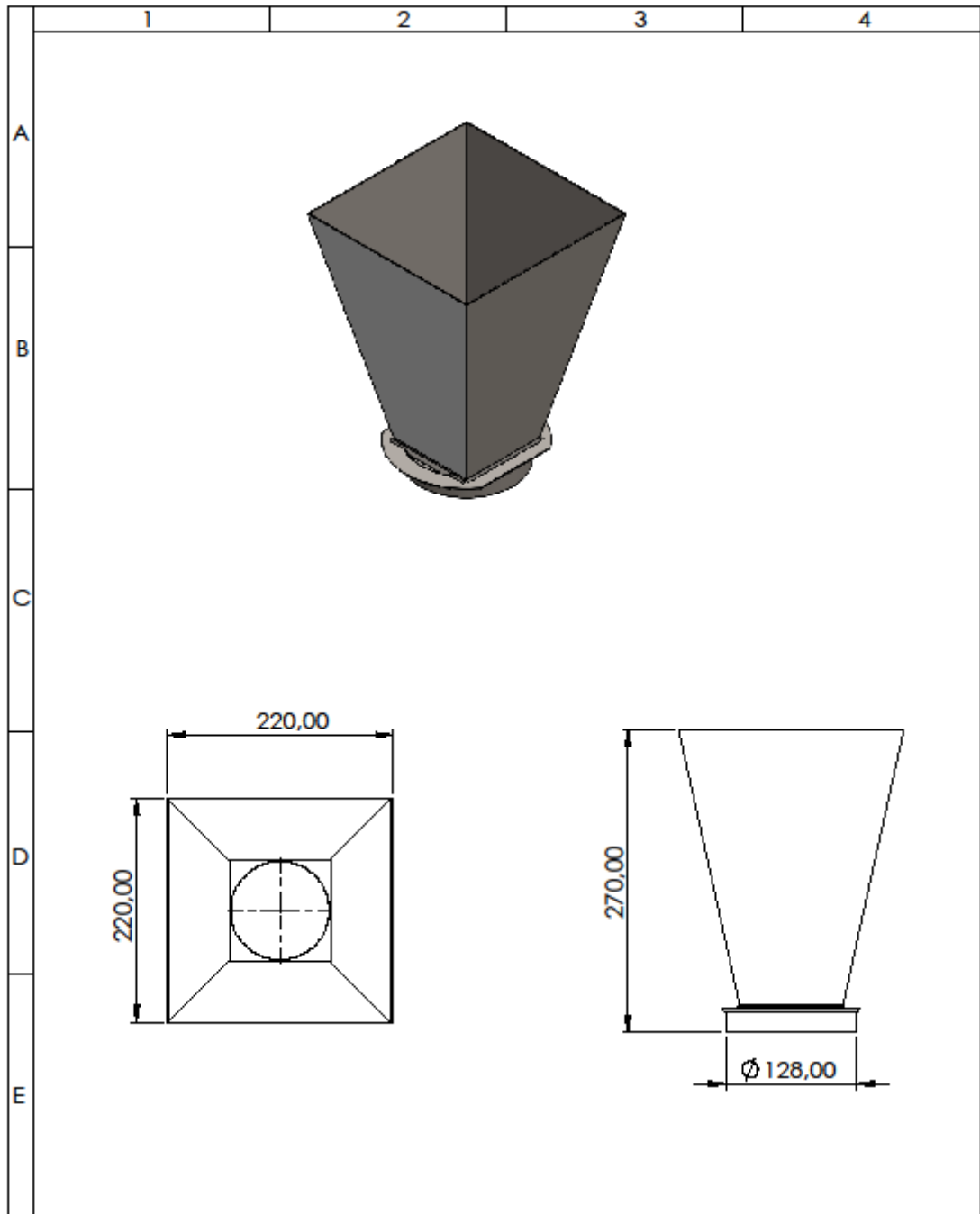
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	0.47 kg	Acero ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 22/02/2022	G.M.B.C.H	Lamina 3	1:10
				Revisó: 22/02/2022	Ing.Segundo Cavallos		
				Aprobó: 22/02/2022	Ing.Segundo Cavallos		
				UTC Ing.Electromecánica		Número del dibujo: 9 de 14	
Estado	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	




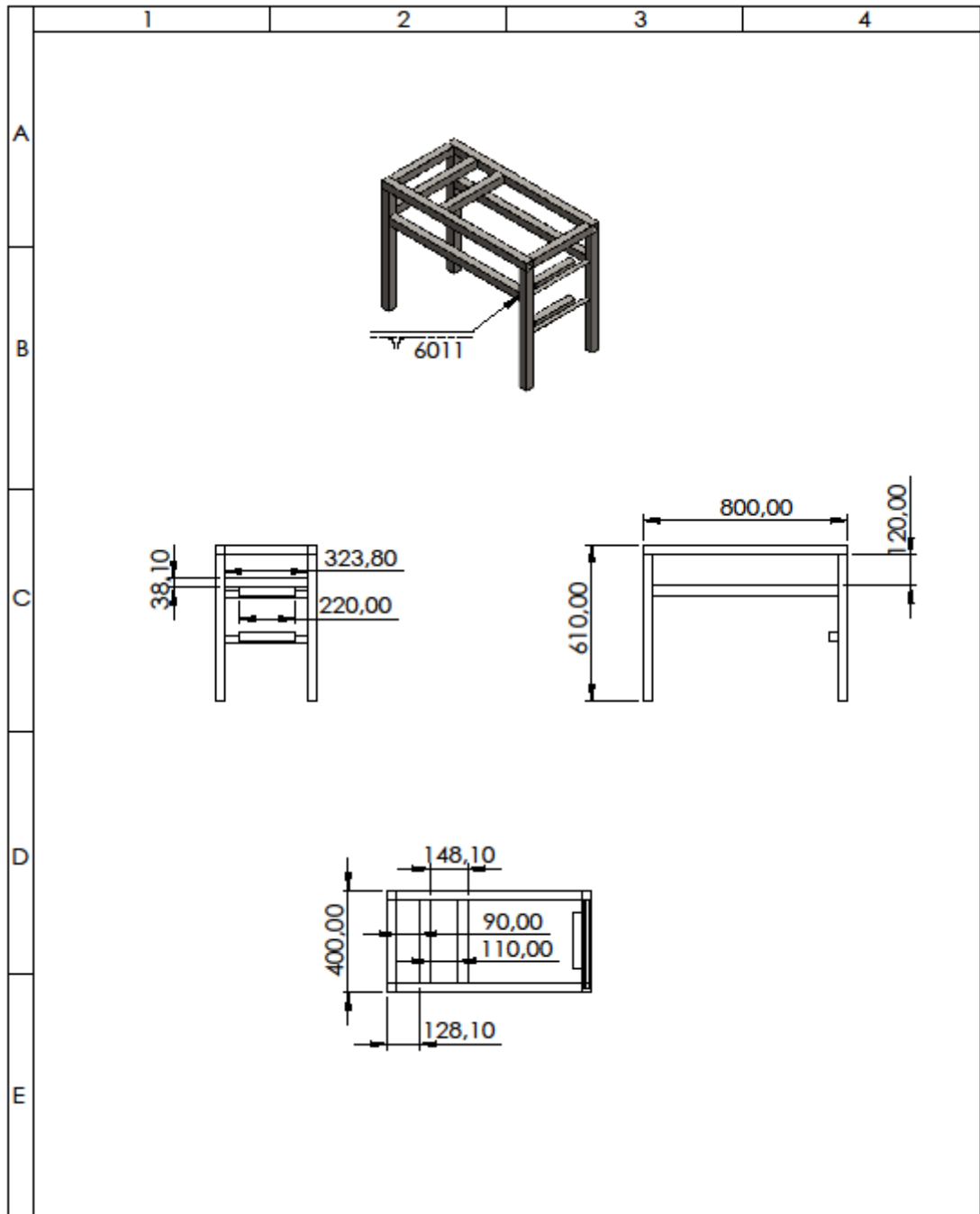
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0.1	2.4 kg	Acero ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 22/02/2022	G.M.B.C.H	Lamina 4	1:10
				Revisó: 22/02/2022	Ing.Segundo Cavallos		
				Aprobó: 22/02/2022	Ing.Segundo Cavallos		
				UTC Ing.Electromecánica		Número del dibujo: 10 de 14	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	




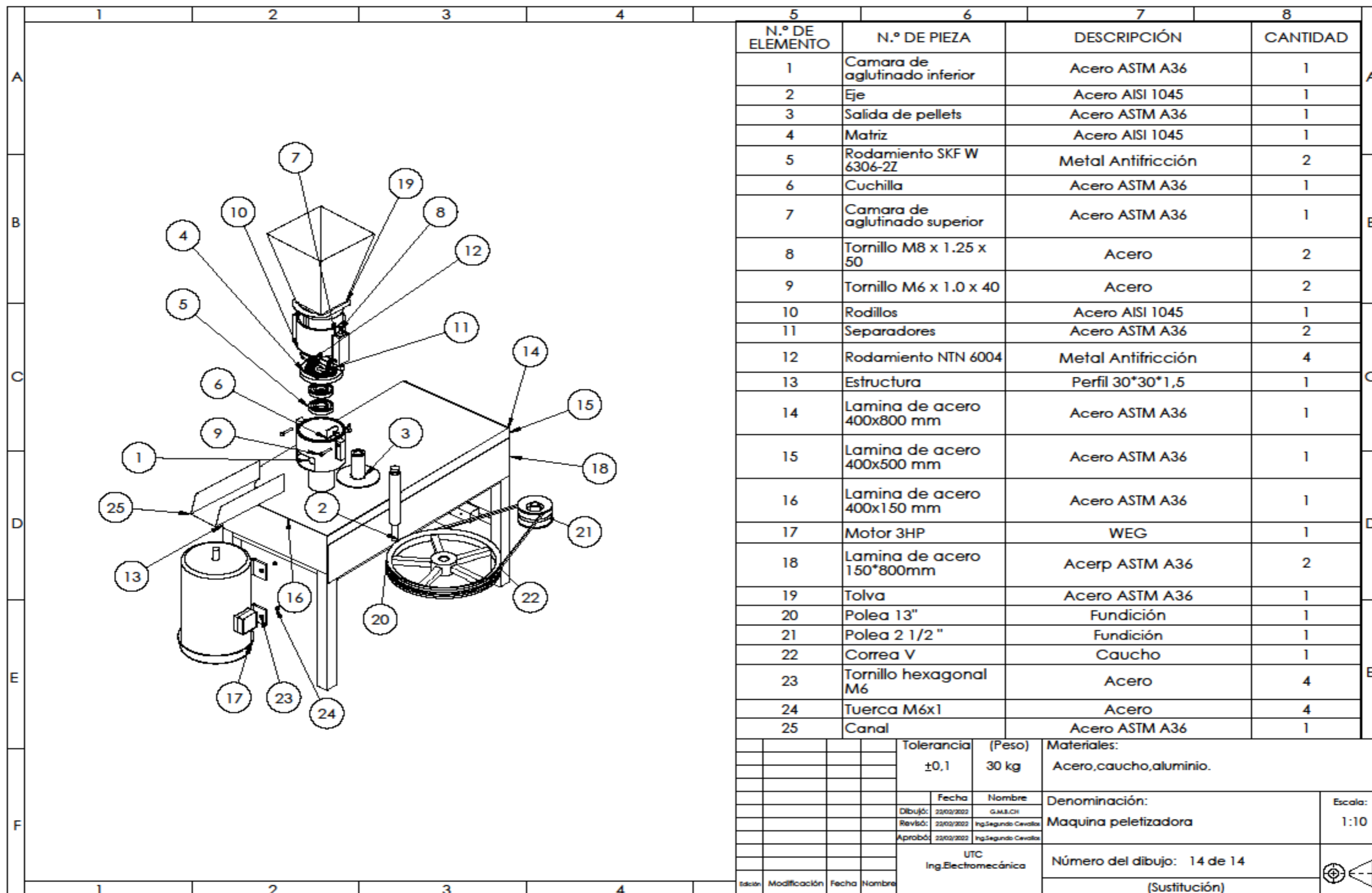
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	0.29 kg	Acero ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 22/02/2022	G.M.L.C.H	Salida de pellets	1:2
				Revisó: 22/02/2022	Ing.Segundo Cevallos		
				Aprobó: 22/02/2022	Ing.Segundo Cevallos		
				UTC Ing.Electromecánica		Número del dibujo: 11 de 14	
Estado	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				±0,1	1,74 kg	Acero ASTM A36			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
			Dibujó:	22/02/2022	G.M.B.C.H			Tolva	1:5
			Revisó:	22/02/2022	Ing.Segundo Cavallos				
			Aprobó:	22/02/2022	Ing.Segundo Cavallos	Número del dibujo: 12 de 14			
Estado	Modificación	Fecha	Nombre	UTC Ing.Electromecánica		(Sustitución)			



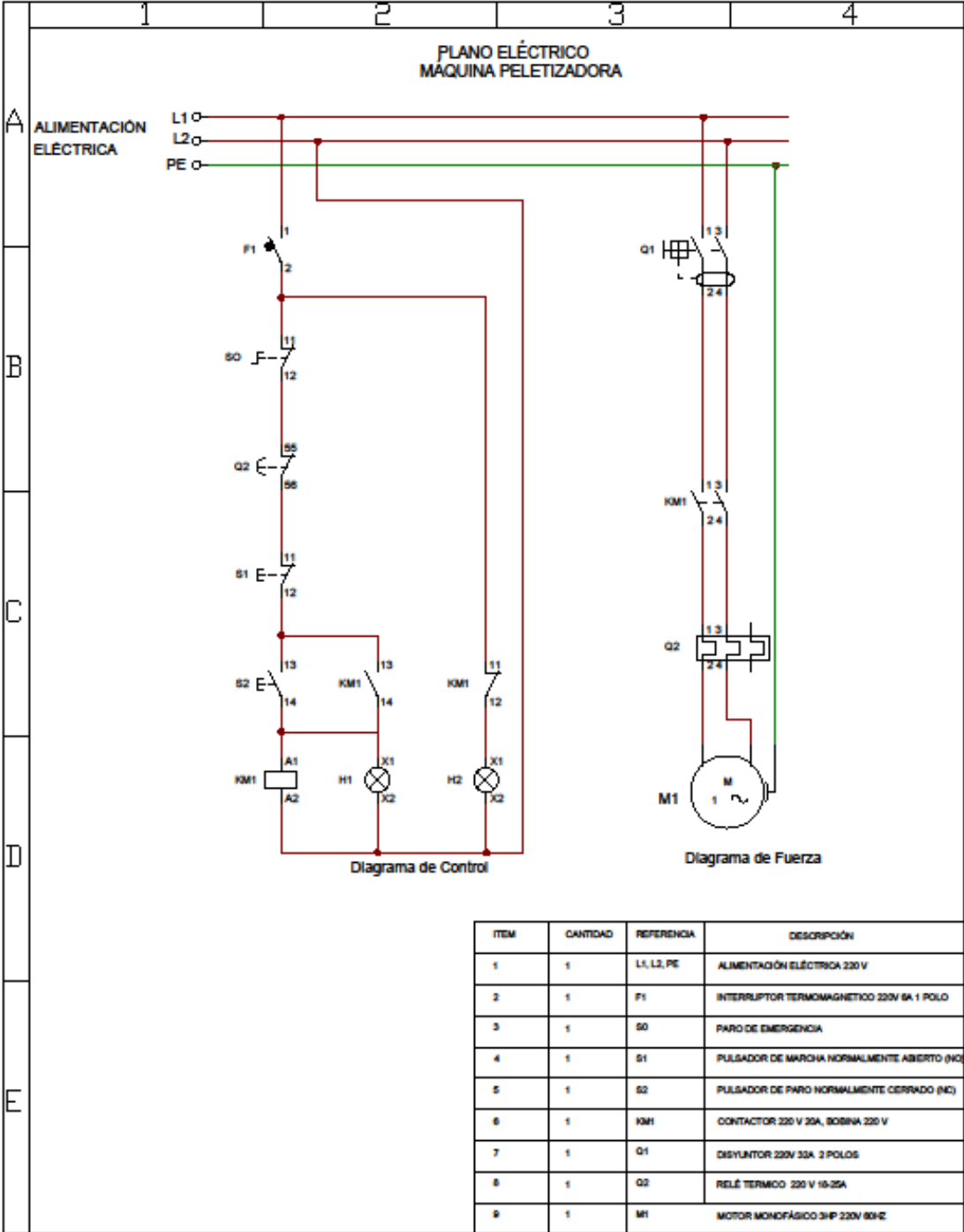
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				±0,1	12 kg	Acero ASTM A36			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
			Dibujó:	22/02/2022	G.M.B.C.H			Estructura	1:20
			Revisó:	22/02/2022	Ing.Segundo Cervatos				
			Aprobó:	22/02/2022	Ing.Segundo Cervatos				
				UTC Ing.Electromecánica		Número del dibujo: 13 de 14			
Estado	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)			



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Camara de aglutinado inferior	Acero ASTM A36	1
2	Eje	Acero AISI 1045	1
3	Salida de pellets	Acero ASTM A36	1
4	Matriz	Acero AISI 1045	1
5	Rodamiento SKF W 6306-2Z	Metal Antifricción	2
6	Cuchilla	Acero ASTM A36	1
7	Camara de aglutinado superior	Acero ASTM A36	1
8	Tornillo M8 x 1.25 x 50	Acero	2
9	Tornillo M6 x 1.0 x 40	Acero	2
10	Rodillos	Acero AISI 1045	1
11	Separadores	Acero ASTM A36	2
12	Rodamiento NTN 6004	Metal Antifricción	4
13	Estructura	Perfil 30*30*1,5	1
14	Lamina de acero 400x800 mm	Acero ASTM A36	1
15	Lamina de acero 400x500 mm	Acero ASTM A36	1
16	Lamina de acero 400x150 mm	Acero ASTM A36	1
17	Motor 3HP	WEG	1
18	Lamina de acero 150*800mm	Acerp ASTM A36	2
19	Tolva	Acero ASTM A36	1
20	Polea 13"	Fundición	1
21	Polea 2 1/2 "	Fundición	1
22	Correa V	Caucho	1
23	Tornillo hexagonal M6	Acero	4
24	Tuerca M6x1	Acero	4
25	Canal	Acero ASTM A36	1

Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
±0,1	30 kg	Acero, caucho, aluminio.	
Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
Dibujó: 22/02/2022	G.M.B.C.H	Maquina peletizadora	1:10
Revisó: 22/02/2022	Ing.Segundo Cavallos		
Aprobó: 22/02/2022	Ing.Segundo Cavallos		
UTC Ing.Electromecánica		Número del dibujo: 14 de 14	
Edición	Modificación	Fecha	
(Sustitución)			





ITEM	CANTIDAD	REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
1	1	L1, L2, PE	ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA 230 V
2	1	F1	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 230V SA 1 POLO
3	1	S0	PARO DE EMERGENCIA
4	1	S1	PULSADOR DE MARCHA NORMALMENTE ABIERTO (NO)
5	1	S2	PULSADOR DE PARO NORMALMENTE CERRADO (NC)
6	1	KM1	CONTACTOR 230 V 25A, BOBINA 230 V
7	1	Q1	DISYUNTOR 230V 32A 2 POLOS
8	1	Q2	RELÉ TERMICO 230 V 16-25A
9	1	M1	MOTOR MONOFÁSICO 3HP 230V 60HZ

Edición	Modificación	Fecha	Nombre

**Materiales:**  
Componentes Eléctricos

**Denominación:**  
Diagrama de control eléctrico máquina peletizadora

**Escala:**  
1:1

**Número del dibujo:** 1 de 1  
(Sustitución)



UTC  
Ing. Bectromecánica