



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISEÑO DE UN SISTEMA PELETIZADOR DE PASTO
PARA LA GRANJA GANADERA “RONGRAT, C.A”**

Autor:

Triviño Soto Emily Isabela

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA PELETIZADOR DE PASTO PARA LA GRANJA
GANADERA “RONGRAT, C.A”**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Autor:

Triviño Soto Emily Isabela

Tutor:

Dra. Yndira Rodríguez Aguirre

San Diego, marzo de 2024



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME DE PASANTÍA ☐

TRABAJO DE GRADO ☒

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Diseño de un sistema peletizador de
pasto para la Granja Ganadera "RONGRAT,
C.A."

Realizado por el (la) Br. Triviño Soto Emily Isabela

C.I. N° 27.249.367 cursante de la carrera de Ing. Mecánica

hace constar, después de haber analizado su contenido y oída la exposición oral, considera que el mismo ha sido:

APROBADO ☒

NO APROBADO ☐

El Jurado

Tutor Académico (Coordinador)

Nombre: Andra Rodríguez
C.I.: 11547002

Jurado

Nombre: Giovanni Pizzella
C.I.: 4455859

Jurado

Nombre: Fredy Arragán
C.I.: 11.151.678

Fecha: 10 / 04 / 2024





UNIVERSIDAD
JOSÉ ANTONIO PÁEZ

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

FI-N-016-2023-2CR-TG

San Diego, 01 de diciembre de 2023

Ciudadano(s):
TRIVIÑO SOTO, EMILY ISABELA
C.I.: 27249367

Presente. -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería, en su reunión N° 17-2023 de fecha 3/11/2023, aprobó el proyecto de grado titulado:

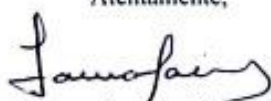
**DISEÑO DE UN SISTEMA PALETIZADOR DE PASTO PARA LA
GRANJA GANADERA "RONGRAT, C.A."**

Presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a la profesora Rodríguez, Yndira, titular de la cédula de identidad V-11547002.



Atentamente,


Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia
Decana de la Facultad de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantía y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería

DEDICATORIA

Cada sacrificio, cada palabra de aliento y cada gesto de cariño que me ha brindado mi familia, son sin duda el impulso que necesitaba para llevar a cabo este proyecto, y alcanzar a convertirme en la calidad de Ingeniero Mecánico que siempre quise ser, por eso desde lo más profundo de mi corazón esta dedicatoria va a ustedes, a mi mamá, mi papá, Alejandro y mi hermana Rebeca. Su presencia ha sido mi refugio en los momentos difíciles, mi motivación en los momentos de duda y mi alegría en los momentos de celebración.

Con la culminación de esta tesis, quiero rendirles un homenaje a ustedes, mi familia, por ser el pilar fundamental en mi vida. Cada página escrita lleva impreso el amor y la gratitud que siento por cada uno de ustedes. Gracias por estar siempre a mi lado, por creer en mí y por ser la luz que ilumina mi camino.

Les dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud, y espero que sea un testimonio de todo lo que han hecho por mí.

AGRADECIMIENTOS

Sin saber ni por donde comenzar, puesto que hay tanto que agradecer en tan poco espacio, quiero comenzar agradeciendo a mi mamá, la mujer que con su fuerza me enseñó lo que es vivir, la que con su amor, consejo y apoyo me dio el impulso para jamás dejar de perseguir aquello que me apasiona, a ella que supo ser madre y amiga, gracias a ti, hoy puedo ver convertirse en realidad una de mis metas. Gracias por enseñarme la importancia de la perseverancia y por inspirarme a luchar por mis sueños. Esta tesis es un homenaje a tu fuerza, paciencia y sacrificio. Te estaré infinitamente agradecida y te dedico este logro con todo mi corazón. Te amo mamá, gracias por ser tan extraordinaria.

Las palabras no alcanzan para demostrar la gratitud dentro de mi corazón hacia una de las personas más importantes para mí, Alejandro. El hombre más fuerte, luchador e inteligente que conozco, quien ha dado todo por mí y ha sacrificado tanto para mi crecimiento, no has dejado que me falte nada y con eso has permitido que yo llegue hasta aquí, me has empujado por el buen camino, siempre dándome tu ejemplo de humildad y tenacidad, no habría llegado hasta este punto si no fuese por ti, te amo y nunca me alcanzará la vida para agradecer todas y cada una de las cosas que haces y que seguramente continuarás haciendo por mí. El héroe de mi historia eres tú; tú, junto con todos en estos agradecimientos, me salvas todos los días sin saberlo. Me das fuerzas y me motivas siempre a ser mejor persona de lo que ya soy. Por favor, nunca lo olvides.

A mi hermana, Rebeca, quiero que sepas que te quiero con todo mi corazón y te admiro. Eres un apoyo indispensable en mi vida, y no hay palabras suficientes para expresar lo agradecida que estoy por tenerte como hermana. Gracias pedirme en esa carta del Niño Jesús que escribiste hace muchos años, aquella que logro que yo tuviera la mejor hermana. La distancia no pudo ni podrá debilitar jamás el amor que compartimos, así que gracias por ser parte de este viaje conmigo, gracias por tu amor, tu dedicación y tu generosidad, que son un ejemplo para mí, y sé que sin ti no habría logrado llegar hasta aquí, gracias por ser simplemente tú.

A mi papá, en este momento tan importante de mi vida, quiero tomarme un momento para agradecerte por todo tu apoyo incondicional a lo largo de mi carrera académica. Eres sin duda uno de los hombres más guerreros que tengo en mi vida, no podría reemplazarte nunca en ella, tu constante aliento y sabias palabras han sido la fuerza que me ha impulsado a seguir adelante.

Tu amor sin medidas y tu confianza en mí han sido el motor que me ha llevado a alcanzar mis metas y cumplir mis sueños. Por ti, este camino no acaba aquí, este es simplemente un paso más de todos los que has hecho que me proponga para llegar a ser la mujer que necesito ser. Sin ti, nada de esto hubiera sido posible. Te amo y estoy tan agradecida por tener un padre que no tiene comparación como tú.

Así, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis abuelos, por todo el cariño que me han brindado a lo largo de mi camino y crecimiento. Especialmente a mi abuelo, Ramón. Gracias por estar siempre dispuesto a ayudarme con cada proyecto, experimento y desafío que se me presentaba, su guía y consejos han sido invaluable. Su amor, compromiso y pasión a la hora de trabajar con sus manos han sido una inspiración constante para mí, y estoy tan agradecida por todo lo que ha hecho por mí, al ser mi cómplice para poder realizar cada invento que se me ocurría.

Sé que las palabras se quedan cortas, por lo que solo puedo expresar que ojalá mi amor pueda llegar a cada rincón de sus almas y corazones, porque todos y cada uno se merecen mucho más de lo que hoy puedo darles. Seguiré trabajando para llegar aún más lejos de donde estoy hoy, tan lejos que ni siquiera mi mente alcanza a imaginar todo lo lejos que puedo llegar. Espero poder honrar su legado con el trabajo que he realizado en esta tesis, sabiendo que su influencia ha sido fundamental en cada palabra escrita. Gracias por ser mis pilares, mis guías y mis mayores inspiraciones. Su presencia en mi vida ha sido un regalo invaluable que atesoro con todo mi corazón.

Finalmente, no podría faltar mi tutora, la Doctora Yndira Rodríguez Aguirre. A quien quiero dedicarle estas palabras, que espero logren expresarle todo el cariño y admiración que tengo en mi corazón hacia ella, gracias por guiarme y acompañarme en este camino que trace hacia mi título como Ingeniero Mecánico, con su paciencia, sabiduría y apoyo infinito que sin duda han sido invaluable. Cada consejo, cada corrección y cada palabra de aliento que me ha brindado son para mí un regalo que atesoraré con gratitud en mi corazón. Su dedicación y compromiso con el crecimiento de la promoción y mía, serán siempre una fuente de inspiración para mí.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	5
1.3 Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificación.....	6
1.5 Alcance.....	8
1.6 Limitaciones y/o Delimitaciones.....	9
II MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	10
2.2. Teoría Central de la investigación.....	13
2.3 Bases Teóricas.....	15
2.3.1. Peletización.....	15
2.3.2. Beneficios al Peletizar alimento agrícola.....	16
2.3.3. Componentes de un Sistema Peletizador.....	17
2.3.4. Etapas del Proceso de Peletización.....	18
2.3.5 Tipos de Peletización.....	19
2.3.6 Tipos de Peletizadores.....	21

2.3.7 Principales Diferencias entre los tipos de peletizadores.....	23
2.3.8 Parámetros para la fabricación de pellets.....	23
2.3.9 Pasto o Forraje	26
2.3.10 Método Vílchez.....	28
2.4 Bases Legales.....	29
2.5 Definición de Términos.....	31
 III MARCO METODOLÓGICO	
3.1. Paradigma de la investigación.....	33
3.2 Tipo de Investigación.....	33
3.3 Diseño de la Investigación.....	34
3.4 Nivel de la Investigación.....	34
3.5. Población y Muestra.....	35
3.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	36
3.7. Técnicas de análisis de resultados.....	37
3.8 Validez de los Instrumentos.....	38
3.9. Fases Metodológicas.....	39
3.10. Cuadro de Operacionalización de Variables.....	41
 IV RESULTADOS	
4.1 FASE I.....	42
4.2 FASE II.....	51
4.3 FASE III.....	57
4.4 FASE IV.....	69
4.5 FASE V.....	132
 CONCLUSIONES.....	144
RECOMENDACIONES.....	149
REFERENCIAS.....	151
APENDICES.....	155
ANEXOS.....	192

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	DESCRIPCIÓN	pp.
1	Ficha de especie de pasto estrella (<i>Cynodon nlemfuensis</i>).....	27
2	Ficha de especie de pasto guinea (<i>Panicum maximum</i>).....	28
3	Operacionalización de Variables.....	41
4	Respuestas a la pregunta N° 1 aplicada a expertos en el área agrícola y afines.....	45
5	Respuestas a la pregunta N° 2 aplicada a expertos en el área agrícola y afines.....	46
6	Respuestas a la pregunta N° 3 aplicada a expertos en el área agrícola y afines.....	47
7	Respuestas a la pregunta N° 4 aplicada a expertos en el área agrícola y afines.....	48
8	Respuestas a la pregunta N° 5 aplicada a expertos en el área agrícola y afines.....	49
9	Causas y Efectos del Diagrama de Pareto, con datos de incidentes recolectados en el periodo de enero a octubre año 2023.....	54
10	Técnica de los 5 ¿Por qué?.....	55
11	Aplicación de las Restricciones a las posibles soluciones.....	61
12	Clasificación y ponderación de criterios.....	63
13	Comprobación Lógica de los Criterios.....	64
14	Soluciones con respecto al Criterio 1: Capacidad de compresión.....	65
15	Soluciones con respecto al Criterio 2: Facilidad de operación y Mantenibilidad.....	65
16	Soluciones con respecto al Criterio 3: Adquisición de repuestos.....	66
17	Soluciones con respecto al criterio 4: Costo de fabricación.....	66
18	Soluciones con respecto al Criterio 5: Robustez de diseño.....	67
19	Soluciones con respecto al Criterio 6: Capacidad de transportación.....	67

20	Valor final de cada solución.....	68
21	Valores que sustentan la capacidad de producción del sistema.....	74
22	Costos de los Componentes del Sistema peletizador.....	136
23	Comparación entre Peletizadoras del Mercado.....	138

ÍNDICE DE FIGURAS

DESCRIPCIÓN

FIGURA		pp.
1	Pellets de diferentes materiales.....	15
2	Industrias que utilizan la peletización como parte de su proceso productivo.....	16
3	Esquema del Sistema de alimentación del proceso de Peletización.....	19
4	Proceso de Extrusión.....	20
5	Prensado por Rodillos.....	20
6	Matriz Anular.....	21
7	Rodillos de Peletización.....	21
8	Matriz Plana de peletización alimentación vertical.	22
9	Tornillo sin fin de Peletizadora tipo matriz plana-horizontal.....	23
10	Pasto Estrella Africana (Cynodon Plectostachyus).....	27
11	Pasos para seleccionar la mejor solución.....	29
12	Diferencias de pasto en buen y mal estado.....	43
13	Tractor con manipulador hidráulico y accesorio (enrolladora) para henificación.....	43
14	Pacas de heno gigantes.....	44
15	Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa).....	52
16	Diagrama de Pareto.....	54
17	Peletizadoras de rodillos: de peletización por prensado.....	58
18	Peletizadora de matriz plana: de peletización por prensado.....	58
19	Peletizadoras de matriz vertical: de peletización por extrusión.....	59
20	Peletizadoras de matriz anular: de peletización por extrusión.....	60
21	Solución seleccionada: Peletizadora de matriz vertical, de peletización por extrusión.....	69
22	Matriz comercial, modelo WIE-PM-2500	70
23	Dimensiones de la matriz.	71

24	Geometría de agujero de una matriz con avellanado.....	72
25	Geometría de agujero de la matriz diseñada con avellanado.	72
26	Pastos Estrella (derecha) y Guinea (Izquierda)	73
27	Cono Truncado (Forma elegida para la tolva)	75
28	Tolva de Alimentación.....	76
29	Dimensiones de la tolva de Alimentación.	77
30	Cubierta Superior, que se une a la Tolva.	77
31	Ensamble final de la Estructura Superior.	78
32	Diferentes tamaños de Pellets y su relación con el alimento animal.....	79
33	Cilindro (Forma del Pellet)	79
34	Relación de compresión.	80
35	Actuación de la Presión de compactación.....	82
36	Ubicación del dado y Fuerzas generadas en el proceso de compactación.	84
37	Representación de las fuerzas ejercidas en los dados por el rodillo de compactación.	85
38	Radio y Longitud de contacto del rodillo.	86
49	Altura final e inicial para compactación de la materia. (X es el radio del rodillo)	86
40	Longitud de contacto del Rodillo.	87
41	Rodillo diseñado.....	88
42	Tapa de Rodillo diseñada.....	89
43	Propiedades físicas (Masa) del rodillo junto con la tapa.	90
44	Fuerza de Fricción generada en el dado.	91
45	Aceleración del rodillo.	92
46	Velocidad del rodillo.	93
47	Angulo de inclinación del rodillo para compactar el material.....	94
48	Orificios de Extrusión en matriz.	95
49	Aceleración del material en el dado de la matriz.	96
50	Área de peletizado en la matriz.	97

51	Diseño Final de la Matriz de peletizado.	98
52	Potencia necesaria para mover el eje que acciona la peletizadora.....	99
53	Diseño final del Conjunto de Corte.....	100
54	Dimensiones del Conjunto de Corte.....	100
55	Cantidad de Pellets que cortan la cuchilla simultáneamente.....	101
56	Motor-Reductor Cónico Helicoidal.....	103
57	Posición de los ejes de transmisión de potencia.....	104
58	Eje Principal, se acopla al Motor-Reductor.....	105
59	DCL del Eje Central.....	105
60	Diagrama del momento, máximo esfuerzo.	106
61	Diagrama del esfuerzo cortante máximo.....	107
62	Posición del Diámetro mínimo del eje principal y relación de posición de los componentes del peletizador.....	109
63	Posición del eje de los rodillos.....	110
64	Ensamble del Eje con sus respectivos rodillos.....	110
65	DCL para las reacciones en el eje de los rodillos.....	111
66	Diagrama del momento, máximo esfuerzo. Respecto al punto A.....	112
67	Diagrama del esfuerzo cortante máximo.....	112
68	Posición del Diámetro mínimo del eje de los Rodillos, y posición de los componentes que conforman el conjunto de Rodillos.....	113
69	Posición de los rodamientos involucrados en el funcionamiento de los rodillos.....	115
70	Posición del Retén para el rodillo y eje, fabricado en Nylon.....	118
71	Dimensiones del Retén.....	118
72	Posición del anillo de sujeción para los rodamientos del rodillo.	119
73	Envase Inferior (Acero Galvanizado).....	120
74	Dimensiones de la cubierta inferior.....	120
75	Posición de los diferentes acoples y apoyos al eje.....	121
76	Posición del Conjunto de Corte y Plato impulsor.....	122
77	Cúpula (AISI 1020).....	123
78	Retén de la matriz, diseñado en Nailon.	123

79	Buje, Diseñado en Teflón.	124
80	Tapa de Buje, Diseñado en AISI 1020	124
81	Mesa (Acero A36).....	125
82	Dimensiones de la Mesa (Acero A36).....	125
83	Estudio Térmico en matriz de peletización.....	127
84	Corte interno del Estudio Térmico en matriz de peletización.....	127
85	Estudio estático con esfuerzos presentes en la matriz.....	128
86	Máximo desplazamiento debido a los esfuerzos en la matriz.....	129
87	Sistema Peletizador Final.....	131
88	Propiedades Físicas del Sistema Peletizador Final.....	132
89	Vista Explosionada del Sistema Peletizador Final.....	133
90	Renderizado Final del Sistema Peletizador.....	134

ÍNDICE DE TABLAS

DESCRIPCIÓN		
TABLA		pp.
1	Especificaciones de secado de alimentos.	24
2	Módulo de elasticidad de varios materiales.....	83
3	Motor-Reductor Cónico Helicoidal de 2.6 kW.....	103
4	Vida nominal en Horas de funcionamiento (L_{10h}) según la clase máquina.....	116
5	Rodamiento para los rodillos de compactación; Modelo 6304 Explorer.	117



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

DISEÑO DE UN SISTEMA PELETIZADOR DE PASTO PARA LA GRANJA GANADERA “RONGRAT, C.A”

Autor: Emily Isabela Triviño Soto

Tutor: Dra. Yndira Rodríguez
Aguirre

Fecha: marzo 2024

RESUMEN

El presente trabajo de investigación propone realizar el diseño de un sistema peletizador de pasto para la granja ganadera “RONGRAT, C.A” con el fin de mejorar el proceso de almacenamiento de forraje para la alimentación bovina. El cual fue enmarcado dentro del tipo de investigación de proyecto factible, con un diseño de investigación documental y de campo, bajo la línea de investigación: Ciencias Cognitivas y Aplicadas. El objetivo general permitió alcanzar esta propuesta, valiéndose de los cálculos necesarios para dimensionar el sistema, teniendo en cuenta aspectos como la capacidad de producción, sus características físicas y la facilidad de uso y mantenimiento del mismo. Seguidamente, se calcularon y seleccionaron todos los componentes que intervienen en el funcionamiento del sistema, sus mecanismos de extrusión, las fuerzas que intervienen en el proceso, su material estructural, entre otros. Para identificar estas variables y demás datos necesarios para la investigación fueron necesarios, diversos métodos de recopilación de datos, tales como la observación, la revisión documental, y la entrevista estructurada. Los resultados obtenidos fueron información clave para mostrar que el sistema diseñado es capaz de convertir el forraje en pellets de forma eficiente y segura, lo cual permite aglomerar en una cápsula todos los nutrientes que se están cosechando en el campo, reduciendo los costos de almacenamiento y transporte del alimento, así como el riesgo de pérdida o deterioro del mismo, y además este pudo optimizar el aprovechamiento del forraje y mejorar la alimentación del ganado. Finalmente, mediante el uso del software de ingeniería Solidworks, se realizó la modelación de los componentes del sistema peletizador de manera virtual para así tener una visión clara de la posición que ocupa cada elemento, también se mostró cómo se ensamblan sus piezas, además de los planos que la constituyen. Una vez terminado los cálculos correspondientes a la estructura y funcionamiento del peletizador se procedió con los análisis de viabilidad del mismo, más precisamente el económico, ambiental y social. Estos análisis permitieron concluir que sí es viable realizar la construcción de este diseño.

Descriptor: Pasto, Pellets, Almacenamiento



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

DESIGN OF A PASTURE PELLETIZING SYSTEM (PELLET MILL) FOR THE LIVESTOCK FARM “RONGRAT, C.A”

Author: Emily Isabela Triviño Soto

Tutor: PhD. Yndira Rodríguez
Aguirre

Fecha: march 2024

ABSTRACT

The present research work proposes to design a grass pelletizer system for the livestock farm "RONGRAT, C.A" in order to improve the forage storage process for cattle feed. This research was framed within the feasible project type of investigation, with a documentary and field research design, under the research line: Cognitive and Applied Sciences. The general objective allowed to reach this proposal, using the necessary calculations to dimension the system, taking into account aspects such as production capacity, physical characteristics, and ease of use and maintenance. Subsequently, all components involved in the system operation were calculated and selected, including extrusion mechanisms, forces involved in the process, structural material, among others. To identify these variables and other necessary data for the research, several methods of data collection were necessary such as observation, documentary review, and structured interviews. The results obtained were key information to show that the designed system is capable of efficiently and safely converting forage into pellets, which allows all nutrients harvested in the field to be encapsulated in a capsule, reducing storage and transportation costs of food as well as the risk of loss or deterioration. Additionally, it optimized forage utilization and improved cattle feeding. Finally, through the use of Solidworks engineering software, virtual modeling of the pelletizing system components was carried out to have a clear vision of each element's position and how its parts are assembled. Once the calculations corresponding to the structure and operation of the pelletizer were completed, viability analyses were carried out on economic, environmental and social aspects. These analyses concluded that it is indeed viable to construct this design.

Keywords: Grass, Pellets, Storage.

INTRODUCCIÓN

Después de la revolución industrial se mejoró la invención de nuevas máquinas, lo cual llevo a la automatización, la innovación de las grandes fábricas, un mejor ambiente para los trabajadores, mejores empleos, mejores salarios, mejores servicios médicos, entre otros, siendo así de amplia la modernización en todos los ámbitos de la vida productiva.

Gracias a esta revolución fue posible la reducción de costos, así como la estandarización de procesos y automatización de gran parte de la producción industrial, todavía bajo la supervisión humana. Una de las industrias que más se benefició de estos avances fue la de la producción de alimentos, desde la producción agrícola hasta el empaque y distribución para el consumo del mismo. Con el aumento de disponibilidad de opciones para los consumidores, así como mejores alimentos en general, se creó un nuevo mercado de consumo de alimentos para los animales de granja, se abrieron las puertas a la innovación en estos ámbitos y uno de estos avances fue la peletización de alimentos, que facilitó tanto la producción como la distribución de los mismos.

El peletizado ha sido, y continúa siendo, una técnica de procesamiento que es ampliamente usada en la fabricación de alimentos balanceados. Básicamente, el peletizado convierte una mezcla de ingredientes finamente molidos en aglomerados (pellets) densos de libre flujo.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal el diseño de un sistema peletizador de pasto para su uso en granjas o explotaciones ganaderas. Este sistema se propone como una solución innovadora y eficiente para la gestión de la producción y aprovechamiento del pasto en el sector ganadero. Esto debido a que, en la actualidad la alimentación del ganado constituye uno de los principales desafíos para los productores agropecuarios. El pasto es una fuente natural y abundante de alimento, sin embargo, su manejo y conservación representan dificultades significativas. La utilización del pasto en forma de pellets ofrece numerosas ventajas, tales como una mayor densidad energética, facilidad de almacenamiento y transporte del mismo, así como una mejor digestibilidad del alimento para el ganado.

El diseño de un sistema peletizador de pasto implica considerar diversos aspectos técnicos, económicos y ambientales. Se requiere evaluar las características del pasto a utilizar, así como las condiciones óptimas para su procesamiento y transformación en pellets. Además, es necesario analizar los costos asociados a la implementación y operación del sistema, así como los beneficios esperados en términos de eficiencia productiva y rentabilidad.

Se espera que los resultados obtenidos a partir de esta investigación contribuyan al desarrollo tecnológico del sector ganadero, promoviendo prácticas más sostenibles y eficientes en la producción animal. Asimismo, se espera que este estudio genere conocimiento científico y tecnológico que pueda ser aplicado en el diseño y desarrollo de sistemas peletizadores de pasto a nivel industrial. Además, el diseño de un sistema peletizador de pasto para uso en granjas constituye una propuesta innovadora y prometedora para mejorar la alimentación del ganado y optimizar la producción agropecuaria.

Es por esto que esta investigación busco aportar soluciones concretas a los desafíos actuales del sector ganadero, contribuyendo al desarrollo sostenible y rentable de las actividades agropecuarias. Por lo que para su desarrollo se plantea conformarla de la siguiente manera:

Capítulo I: Expone todo lo relacionado con el planteamiento y formulación del problema, además de los objetivos a alcanzar en la presente investigación, así como también la justificación y el alcance que se presentó al momento de solucionar el problema.

Capítulo II: Hace referencia a toda la terminología y conceptos necesarios que sirvieron de base para el desarrollo del estudio, además de un breve resumen sobre los antecedentes relacionados con la investigación y las bases teóricas que lo contempla.

Capítulo III: En este capítulo se definieron aspectos de crucial importancia para la descripción de los procedimientos a seguir y la determinación del tipo, diseño y nivel de investigación que se realizó.

Capítulo IV: Se evidencian los resultados obtenidos al implementar las técnicas de recolección de datos y se analizan estos según las herramientas seleccionadas. Finalmente, con los datos recogidos y analizados, se realizó el diseño del sistema, con el propósito de dar efecto al objetivo general de la investigación, por lo que se incluyen todos los cálculos necesarios para su eficiente funcionamiento, Además, se presentan de manera fundamentada las conclusiones alcanzadas tras el análisis minucioso de los datos recolectados. Así mismo, se proporcionan recomendaciones basadas en los hallazgos y las implicaciones derivadas del estudio, a fin de orientar futuras investigaciones y potenciar la aplicabilidad de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

El pasto o forraje es un recurso fundamental para la alimentación y nutrición de los animales de granja, especialmente de los rumiantes como vacas, ovejas y cabras. El pasto aporta fibra, proteínas, vitaminas y minerales que contribuyen al bienestar y la productividad animal. Además, el pasto es una fuente de alimento renovable y económico que puede reducir los costos de producción y mejorar la sostenibilidad ambiental de las granjas.

En Venezuela debido al enorme potencial de recursos naturales presentes, en especial la gran cantidad de tierras aptas y operativas para la ganadería, hace que este último sea uno de los sistemas productivos esenciales para el desarrollo económico del país, así se evidencia la estrecha relación que existe entre las condiciones agro-ecológicas de cada terreno ganadero con el rendimiento eficiente de su producción agrícola, es por esto que se puede citar a Segovia (2005) el cual afirma que “La carne vacuna reviste una importancia singular en la economía venezolana, no solo por lo que representa en términos de generación del Producto Interno Agrícola, sino por ocupar un lugar preponderante en la dieta de la población” (p. 25).

De allí que, al comprobarse la calidad de la carne se establece que el ganado alimentado solo con pastos arados produce una carne más saludable, ya que es poseedora de grasas que son esenciales para el bienestar del ser humano, esto se explica por la presencia de un ácido graso, llamado Ácido Linoleico Conjugado (CLA) en las carnes del ganado que ha sido criado solo con forraje de alimento, este ácido posee la capacidad de reducir tumores; prevenir la diabetes, así como también reduce los niveles de colesterol y triglicéridos en la sangre, empleando las palabras de Mendoza y Moreno (2014) “La carne de bóvidos venezolanos alimentados a pastoreo, aportan una ligera pero importante cantidad de la enzima CLA, aspecto que no debe subestimarse, sobre todo, por la importancia que este compuesto representa para la salud y la nutrición humana” (p. 36).

En relación a este último hecho, Sánchez (2007) establece lo siguiente:

Como el tipo de alimentación influye en la composición nutritiva de la carne, no es bien conocido entre los usuarios que no están directamente involucrados en el negocio de la producción ganadera. Así, en países de trópico como Venezuela, que dispone de amplias pasturas, se ha utilizado el pasto como fuente sustancial de nutrimentos a un bajo costo. (p. 18).

Sin embargo, el pasto no está disponible todo el año, ya que su producción depende de factores climáticos como la temperatura, la humedad y la estación. Se estima que alrededor del 30% del pasto producido en las granjas se pierde por falta de un adecuado almacenaje o aprovechamiento. Además, implica una pérdida ambiental por el desperdicio de recursos naturales y la generación de gases efecto invernadero por la descomposición del pasto.

De ahí que, todos los años la sequía causa pérdidas considerables consecuencia de la falta de preparación de los ganaderos para enfrentar el problema de la escasez de pastos, este último hecho es sobre todo relacionado con la falta experiencia técnica en procedimientos para la preparación y conservación de alimentos para el ganado en la época de sequía; Esto representa una pérdida económica para los dueños de las granjas, ya que a causa de este problema, el ganadero recurre a los alimentos concentrados a fin de aliviar la carencia de forraje y evitar la muerte del rebaño, sin embargo, en la actualidad la disponibilidad en el mercado de alimentos concentrados para el ganado y otros subproductos agrícolas es muy reducida, también el precio de venta es alto y en algunos casos resulta incosteable como sustituto de la alimentación con pasto.

La mayoría de las granjas no cuentan con infraestructuras adecuadas para el almacenamiento de pasto. Esto se debe a diversas razones, entre las cuales se destaca la falta de recursos económicos, la economía actual ha generado dificultades financieras para los agricultores, quienes no pueden invertir en estructuras especializadas para el almacenamiento del forraje.

Además, existen otros problemas asociados a la falta de recursos económicos en las granjas. Uno de ellos es la falta de conocimiento sobre técnicas y tecnologías que permitan un mejor manejo del forraje. Muchos agricultores desconocen métodos eficientes para cosechar, secar y almacenar el pasto, lo que resulta en una pérdida considerable del mismo.

Uno de los sistemas más utilizados para almacenar pasto es el ensilaje, en el que el pasto se compacta y fermenta en condiciones anaeróbicas (sin oxígeno) en silos o bolsas de plástico. El ensilaje permite conservar la hierba durante varios meses, pero tiene algunos inconvenientes como la necesidad de maquinaria especial, el elevado consumo de plástico, el riesgo de contaminación por roedores o pájaros y la pérdida de parte del valor nutricional de la hierba para fermentación.

También se puede encontrar como estrategia de almacenamiento la henificación, que consiste en cortar el pasto en su punto óptimo de madurez, secarlo al sol hasta que alcance un nivel de humedad adecuado y luego compactarlo en fardos o pacas, sin embargo, este proceso es muy dependiente de la condición climática, puesto que el proceso de secado del pasto requiere

condiciones climáticas favorables, como días soleados y sin lluvias, lo que puede ser impredecible en algunas regiones. Si las condiciones no son óptimas, el pasto puede tardar más tiempo en secarse o incluso pudrirse, lo que afecta su calidad nutricional y reduce su valor como alimento.

Otro inconveniente es la necesidad de maquinaria especializada para llevar a cabo la henificación, esto implica una inversión económica significativa para adquirir equipos como segadoras, rastrillos y empacadoras. Además, se requiere personal capacitado para operar estas máquinas correctamente y garantizar un proceso eficiente, con lo que el almacenamiento de pacas puede presentar desafíos logísticos. Las pacas ocupan espacio considerable y deben ser almacenadas en lugares adecuados para evitar daños por humedad o roedores, también su transporte puede resultar complicado debido a su peso y volumen. Así mismo, es importante mencionar que la henificación puede afectar negativamente la biodiversidad y el ecosistema. Al cortar el pasto en su punto óptimo de madurez, se interrumpe el ciclo natural de las plantas y se reduce la disponibilidad de alimento para otros organismos. Además, el uso de maquinaria agrícola puede generar impactos ambientales, como la compactación del suelo o la emisión de gases contaminantes.

En atención a esto se tienen en cuenta las grandes complicaciones que presentan estos métodos de almacenamiento al aplicarse en granjas de gran calibre ya que exigen sincronización y organización en las tareas de campo y pueden verse asociadas con problemas de espacio debido a la alta densidad del producto, según el tipo de almacenamiento se presentan diferentes problemas sanitarios debido la proliferación de enfermedades producto del crecimiento de bacterias y demás microorganismos dada la humedad no corregida en el pasto y desorganización al aplicar algunas de estas estrategias, por ejemplo al presentarse dificultades para mantener la hermeticidad de rollos almacenados.

Finalmente, este trabajo de grado se propone diseñar un sistema para el almacenaje de pasto para uso en granjas, que sea económicamente viable y que contribuya a mejorar la eficiencia de la producción ganadera.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo se puede mejorar el proceso de almacenamiento de forraje para la alimentación bovina en una granja ganadera?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Proponer el diseño de un sistema peletizador como método para el almacenamiento de forraje en la granja ganadera “RONGRAT, C.A”

1.3.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual del almacenamiento de forraje en la granja ganadera “RONGRAT, C.A”
- Analizar los requerimientos técnicos y operativos que debe cumplir el sistema peletizador para su uso en el proceso de almacenamiento de forraje de la granja ganadera “RONGRAT, C.A”
- Seleccionar los equipos y materiales necesarios para el diseño del sistema peletizador como método para el almacenamiento de forraje en la granja ganadera “RONGRAT, C.A”
- Diseñar un sistema peletizador para su uso en el proceso de almacenamiento de forraje de la granja ganadera “RONGRAT, C.A”
- Evaluar la viabilidad técnica, operativa, ambiental y económica del sistema peletizador

1.4 Justificación de la investigación

El almacenamiento de pasto es de vital importancia en la industria agrícola y ganadera. El pasto es una fuente fundamental de alimento para el ganado, proporcionándoles los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo. Sin embargo, la disponibilidad de pasto puede verse afectada por diversos factores como la estacionalidad, las condiciones climáticas adversas o la escasez de agua. Por ello, contar con un adecuado sistema de almacenamiento de pasto se vuelve esencial para garantizar un suministro constante y suficiente durante todo el año. Además, el almacenamiento adecuado del pasto permite conservar su calidad nutricional y evitar pérdidas por deterioro o descomposición. De esta manera, se asegura una alimentación balanceada y saludable para el ganado, contribuyendo a su bienestar y productividad.

Es por esto que, desde un enfoque Agro-Industrial la investigación se justifica dada la carencia actual de un método de almacenamiento de forraje que cumpla con una gran lista de beneficios y posea a la vez pocas desventajas con su aplicación, el cual es un argumento que en los últimos años se ha comenzado a analizar y donde se han evidenciado las consecuencias negativas de elegir un método de almacenamiento inadecuado o incompatible con las

características de la granja ganadera en cuestión, afectando directamente los requerimientos esenciales para el correcto aprovechamiento productivo de una granja ganadera.

Así mismo en el área industrial, se justifica la investigación con el objetivo de desarrollar tecnología con unas especificaciones técnicas precisas que sea capaz de adaptarse para varios tipos de granjas por ejemplo ganaderas o avícolas, debido a que los estudios y mediciones no se han ejecutado concretamente en los terrenos fértiles disponibles en el país, con la siguiente investigación se aportará nuevos conocimientos para el desarrollo e implementación de este tipo de maquinaria.

Del mismo modo, la investigación se justifica desde lo social al proporcionar mejoras dentro de la eficiencia y productividad agrícola, el uso de un sistema peletizador de pasto permitiría a los agricultores maximizar el uso de los recursos disponibles, convirtiendo el pasto en pellets que pueden ser almacenados y utilizados como alimento para el ganado durante todo el año. Esto ayudaría a aumentar la producción agrícola y garantizar una mayor disponibilidad de alimentos para el ganado.

Por otro lado, se tienen en cuenta los aspectos económicos donde la investigación se justifica, debido a que con el desarrollo de un sistema peletizador de pasto podría ayudar a diversificar las actividades económicas en las zonas rurales, permitiendo a los agricultores agregar valor a su producción y comercializar los pellets de pasto como un producto adicional. Esto podría generar ingresos adicionales para las granjas y contribuir al desarrollo económico local.

Dado un enfoque ambiental, la investigación se justifica con la probabilidad de reducción del desperdicio de alimentos, en muchas granjas, el pasto se desperdicia debido a la falta de métodos adecuados para su almacenamiento y conservación. Un sistema peletizador permitiría convertir este pasto en pellets, lo que facilitaría su almacenamiento y prolongaría su vida útil. Esto reduciría significativamente el desperdicio de alimentos y contribuiría a una gestión más sostenible de los recursos agrícolas.

Desde el punto de vista alimenticio y debido a la posible mejora en la calidad del alimento para el ganado, los pellets producidos a través del sistema peletizador pueden tener una composición nutricional más equilibrada y consistente que el pasto fresco. Esto garantizaría una mejor alimentación del ganado, lo que se traduciría en animales más saludables y productivos.

Se presenta una justificación científica ya que se aplicaran diferentes técnicas de recolección de información con el objetivo de indagar, estudiar y analizar las condiciones del área,

el tipo de forraje disponible y la cantidad de alimento necesario para el correcto desempeño de la granja ganadera “RONGRAT, CA” Ubicada en el Estado Guárico, Venezuela; con la información obtenida y los análisis pertinentes se podrán diseñar todas las piezas mecánicas que integran el equipo peletizador de forraje portátil, para que los operarios tomen el pasto disponible en invierno y con la maquinaria se convierta a una forma de pellet fácil de almacenar y así sea capaz de aprovecharse en las épocas de sequía del país como alimento.

Del mismo modo, esta investigación se justifica en el ámbito institucional ya que contribuirá al desarrollo y avance de futuras investigaciones de pregrado y postgrado en la Facultad de Ingeniería de la universidad José Antonio Páez así como en las universidades de la región central, cabe destacar la importancia del presente estudio, puesto que en la actualidad las condiciones económicas del país en el área ganadera y agricultora son muy precarias, por ello se requiere aprovechar al máximo los recursos naturales disponibles y así minimizar los gastos de alimentación bovina que puedan existir si no se asegura un stock adecuado de alimento para el ganado durante la época de invierno, lo que obligaría a los manejadores de la granja a invertir en alimento seco para asegurar la producción cárnica regular, la presente es una investigación que beneficia al país y que se puede implementar con alianzas estratégicas de las universidades y entidades privadas si así se quisiera.

1.5 Alcance

El principal aspecto de la investigación fue diagnosticar los requerimientos técnicos que debe cumplir el sistema peletizador para que mejore los procesos de almacenamiento de pasto y sea plenamente eficiente en su funcionamiento para la granja ganadera “RONGRAT, CA”. Se procede a determinar las características operativas que deben tener los componentes del peletizador que estarán en función de la muestra seleccionada, direccionando el diseño del sistema peletizador para que este realice un procesamiento efectivo de Pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y Pasto Guinea (*Panicum maximum*) únicamente, así en efecto proponer un diseño de un sistema que funcione adecuadamente según las condiciones necesarias que beneficie el desempeño de diferentes actividades dentro de la granja.

Así mismo lo que se busca es proponer el funcionamiento de un sistema de almacenamiento a las granjas agricultoras del país que estén en busca de un método eficiente y económico para garantizar la alimentación de sus animales de granja en épocas de sequía o verano.

1.6 Limitaciones

Las principales limitaciones del proyecto estarían relacionadas con el desconocimiento y la carencia de los estudios necesarios sobre los diferentes tipos de pasto, así como de su composición. La oportuna adquisición de estos conocimientos y estudios se hace evidente para comprender las características específicas de cada tipo de pasto y su comportamiento durante el proceso de peletización. Además, estos podrían facilitar la evaluación de la viabilidad técnica y económica del sistema peletizador propuesto para el almacenaje dentro de la empresa, así como optimizar su diseño y funcionamiento.

Es importante destacar que la adquisición de este conocimiento requerirá de una investigación exhaustiva sobre los diferentes tipos de pasto utilizados en granjas, incluyendo sus propiedades físicas, químicas y nutricionales. Para solventar la evidente limitación se procederá a revisar literatura científica especializada y consultar a expertos en el campo agrícola. Finalmente, estos estudios serán fundamentales para garantizar un diseño eficiente y funcional del sistema peletizador.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El marco teórico de una investigación es una sección fundamental que proporciona el contexto teórico y conceptual necesario para comprender el problema de investigación y establecer las bases sobre las cuales se desarrollará el estudio. En esta sección, se revisan y analizan las teorías, modelos, conceptos y estudios previos relacionados con el tema de investigación. El objetivo es identificar las brechas existentes en el conocimiento actual y establecer la relevancia del estudio propuesto.

Con este último, Arias, F. reconocido por sus contribuciones en metodología de la investigación, aborda este apartado como:

A través del marco teórico, se busca fundamentar la investigación en conocimientos previos que permitan sustentar la necesidad del estudio. Este apartado debe incluir una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre el tema, identificando las principales teorías y modelos que han sido desarrollados hasta el momento. Además, es importante destacar las investigaciones previas que han abordado aspectos similares o relacionados con el problema planteado" (2012, p.106).

Por ello, se tienen en cuenta las teorías relacionadas con el campo de estudio que engloba el aspecto funcional del diseño del sistema de almacenamiento de pasto, y se procede con la revisión de los antecedentes o investigaciones previas que ayudan a direccionar el camino para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

2.1 Antecedentes

En primer lugar, Anzoátegui, E. y Márquez, M. (2023), realizaron una investigación titulada **“Diseño de un sistema de transporte y dosificación automática (ensilado) de pasto de engorde de animales vacunos para la empresa, ROLLERS CONVEYORS S.A.”** presentado para optar por el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad José Antonio Páez, Carabobo, Venezuela. Su objetivo es el diseño de una estructura dosificadora automatizada para la alimentación del ganado vacuno; por lo que se plantea como solución el posible uso de dicho sistema, frente a la problemática de la falta de mano de obra y tecnicismos adecuados en el proceso de ensilado, el prototipo se encargará de entregar porciones iguales de pasto automáticamente mediante un mecanismo de tolva móvil motorizada, controlada por un variador de velocidad en la línea transportadora, que en el movimiento se encontrará con secciones de entrada y salida, además la maquina será de fácil mantenimiento y montaje según las condiciones locales del tipo de granja

más común. El aporte de la presente investigación son los mecanismos utilizados en el sistema ya que toman en cuenta la dosificación de alimentos en el ámbito agropecuario.

Luego, Morales, A. (2019), realizó una investigación titulada **“Diseño y cálculo de una máquina peletizadora para la producción de alimento animal”**. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniero mecánico, en la universidad tecnológica de Pereira, Colombia. El objeto de estudio estuvo enfocado en establecer los parámetros de cálculo para la producción con la que debe cumplir la máquina a diario, así como establecer el diseño de cada componente mecánico que en conjunto interactúan para formar una máquina peletizadora de alimento balanceado para una granja porcina, esta investigación se centra en la cantidad de alimento que puede producir con los parámetros establecidos, siendo las características del motor, la densidad de la materia prima y el tamaño del pellet producido los principales parámetros, la metodología empleada en el desarrollo de la investigación fue de tipo propositiva con diseño no experimental, haciendo uso de una metodología mixta pero estableciéndose con un enfoque de estudios cuantitativos y descriptivos.

Del trabajo realizado se observa la utilización de compilación bibliográfica sobre los diferentes sistemas de peletizado existentes y el principio de su funcionamiento de cada uno de los mecanismos que los componen, logrando obtener la información necesaria para la elaboración de los cálculos, donde posteriormente el autor procede a realizar los diseños correspondientes de la máquina y por último, se realiza la simulación de la máquina peletizadora, mostrando sus diferentes partes y su funcionamiento mediante el sistema de simulación CAD. El aporte de esta investigación es que reconoce en función de los datos recopilados que se deben considerar soluciones más asertivas en el proceso de almacenamiento de alimentos dentro de cualquier granja agrícola.

Además, Antunes, Lucena, Petit, Salas y Torres (2019), realizaron una investigación titulada **“Máquina procesadora de forraje para el consejo comunal pueblo aparte”** siendo este el Proyecto de investigación final que presentaron para optar al título de ingeniero mecánico, en el instituto universitario de tecnología de Cabimas, Venezuela, la investigación se realizó con la finalidad de diseñar una máquina procesadora de forraje como una alternativa tecnológica para satisfacer las necesidades específicas del sector agropecuario de la costa oriental del Lago de Maracaibo, El equipo diseñado tuvo como punto de partida el aprovechamiento de los pastizales

a través del corte y su posterior empaque, estableciéndose una capacidad de diseño para la máquina de 0,128 toneladas por hora.

El proyecto de investigación utilizado por estos autores fue de tipo descriptivo, en efecto se trabajó como un proyecto factible ya que permitió a los autores efectuar una reflexión teórica del beneficio que podría tener el equipo de existir este para el uso dentro de la comunidad, para el levantamiento de la información se usaron herramientas tales como la observación directa, entrevista no estructurada, revisión bibliográfica y listas de cotejo.

El aporte tomado de este trabajo se basa principalmente en la relación que se establece al momento de analizar los parámetros necesarios para el diseño del mecanismo de extrusión y así lograr presentar una propuesta de diseño que posea grandes beneficios con su aplicación en las tareas de alimentación diarias requeridas en granjas, de esta manera en el trabajo de Antúnez se analizó el tipo de forraje a trabajar y las potencias mecánicas necesarias para la factibilidad del equipo.

Así mismo, Albán, E. y Arias, A. (2019), realizaron una investigación con el título **“Diseño, construcción e implementación de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para el sector pecuario con capacidad de 100 kg/h”** Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico, en la universidad Politécnica Salesiana, Quito; Ecuador. Es una investigación de tipo factible que busca desarrollar un producto o proceso concreto que pueda ser utilizado en la práctica, en este caso, una máquina peletizadora de alimentos balanceados para el sector pecuario. Además, es experimental porque implica la construcción y prueba de un prototipo funcional, el aporte tomado de esta investigación radica en la comparación de los aspectos técnicos y funcionales del prototipo peletizador, esto incluye la selección adecuada de materiales, dimensionamiento y configuración óptima del equipo, también la investigación puede proporcionar información sobre los desafíos y consideraciones prácticas asociadas con la implementación exitosa de una máquina peletizadora en el sector pecuario. Esto incluye aspectos relacionados con la instalación, operación y mantenimiento del equipo.

Por último, Nieto A. (2018), realizó una investigación con el título **“Instalación de servicios y obras complementarias para el montaje de peletizadora en alimentos, SUPER S, C.A.”** presentado para optar por el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad José Antonio Páez, Carabobo, Venezuela. Donde el objeto de estudio estuvo enfocado en el estudio de los requerimientos para instalar una peletizadora como parte del proceso productivo de la empresa

Super S, C.A; como lo son los sistemas de acondicionamiento del proceso, el diseño de los sistemas neumáticos, entre otros.

La metodología empleada fue un proyecto factible y experimental. Esta investigación logro cumplir el objetivo del diseño de los procesos para la instalación de la peletizadora, se incluyeron mejoras e incluyeron actividades de mantenimiento preventivo y automatización, el trabajo logra relacionarse debido a que el resultado del mismo fue el rediseño y simulación de algunas piezas de la peletizadora, como estructura de base para transportar y tolva de alimentación en CAD/CAE.

2.2 Teoría central de la investigación

• Teoría de la distorsión en materiales dúctiles:

La teoría de la energía de deformación, también conocida como criterio de rendimiento de von Mises, es una teoría de la mecánica de materiales que predice cuándo se romperán los materiales dúctiles. Esta teoría se basa en la idea de que el límite elástico ocurre cuando la energía de deformación por unidad de volumen es igual o excede la energía de deformación por unidad de volumen del límite elástico simple de tracción o compresión del mismo material.

En pocas palabras, esta teoría sugiere que el rendimiento surge de la deformación de la pieza (cambio de forma) en lugar del cambio de volumen de la pieza. La deformación provoca cizallamiento, pero no los cambios de volumen. En el contexto de la formación de pellets, esta teoría puede ser relevante al considerar las tensiones y deformaciones que ocurren durante el proceso de peletización. Por ejemplo, la granulación implica exponer el pasto a alta presión para formar gránulos. Si las tensiones resultantes exceden los límites de rendimiento del material (en este caso, el pasto), el material comienza a deformarse permanentemente, lo que puede afectar la calidad y la forma de los pellets.

La teoría de falla en ingeniería mecánica se refiere al estudio de los mecanismos y causas que pueden llevar a la falla o ruptura de un componente o sistema mecánico. Esta teoría busca predecir y comprender el comportamiento de los materiales y estructuras bajo diferentes cargas y condiciones de funcionamiento.

• Teoría de falla en elementos de máquina:

En el caso del diseño de un sistema peletizador de pasto, la teoría de falla es relevante para garantizar la integridad y durabilidad del equipo. Algunos aspectos a considerar son:

1. Cargas: Se deben analizar las cargas a las que estará sometido el sistema peletizador, como la fuerza necesaria para triturar el pasto, comprimirlo en pellets y transportarlo. Esto implica evaluar las tensiones y deformaciones generadas por estas cargas.

2. Materiales: Es importante seleccionar materiales adecuados para cada componente del sistema, considerando sus propiedades mecánicas (resistencia a la tracción, dureza, tenacidad, etc.). La elección incorrecta puede llevar a una falla prematura.

3. Diseño estructural: El diseño debe ser capaz de soportar las cargas esperadas sin deformarse excesivamente ni romperse. Se deben considerar factores como el factor de seguridad, distribución adecuada del material y geometría óptima para resistir las tensiones generadas.

4. Análisis de fatiga: La fatiga es un fenómeno común en sistemas mecánicos sometidos a ciclos repetitivos de carga. Se debe realizar un análisis para determinar si el diseño es capaz de resistir un número suficiente de ciclos antes de que ocurra una falla por fatiga.

5. Pruebas y validación: Es recomendable realizar pruebas y ensayos para validar el diseño y verificar que cumple con los requisitos de resistencia y durabilidad. Estas pruebas pueden incluir pruebas de carga estática, pruebas de fatiga, entre otras.

• **Teoría ambientalista:**

La teoría ambientalista, en su sentido más amplio, se refiere a la idea de que el entorno y las condiciones ambientales pueden influir en la vida y el comportamiento de los seres vivos. Esta teoría se originó con Hipócrates en su *Corpus Hippocraticum*, donde planteó que la variedad de alimentos disponibles en el entorno determina la dieta de los hombres. En cuanto a cómo se relaciona con los beneficios del uso de un sistema peletizador de pasto, podemos considerar lo siguiente:

Los beneficios del peletizado incluyen un mejor rendimiento del producto, una manipulación y aplicación mejoradas del producto, menos polvo, residuos reducidos, un desglose más rápido del producto, un desgaste reducido y mayores capacidades de formulación.

En el contexto de la teoría ambientalista, el uso de un sistema peletizador de pasto puede tener varios beneficios ambientales. Por ejemplo, puede contribuir a una mayor producción de biomasa y proteínas, lo que puede resultar dentro del ámbito agropecuario, en productos (como leche y carne) con mayor calidad y cantidad de nutrientes y minerales. Esto puede aumentar la rentabilidad del productor y evitar la degradación y agotamiento de los nutrientes del suelo.

Además, el peletizado puede facilitar la producción y aligerar la carga de trabajo. Con alimento peletizado, se pueden facilitar labores mediante el uso de máquinas, como dosificación del alimento y su uso o funcionamiento en campo abierto. Esto puede resultar en una producción más eficiente y sostenible desde un punto de vista ambiental.

Por lo tanto, la teoría ambientalista y el uso de un sistema peletizador de pasto están intrínsecamente relacionados en términos de promover prácticas agrícolas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

2.3 Bases Teóricas

2.3.1 Peletización

Un sistema peletizador es aquel conjunto de mecanismos que toma una cantidad de cierto tipo de material y lo procesa a través de sus piezas hasta transformar dicho material en forma de piezas comprimidas de menor tamaño que comúnmente se les llaman pellets, todo el sistema desde el inicio al procesar una materia prima hasta el final donde obtiene el producto final se le denomina peletización, en otras palabras, este proceso permite que pequeñas partículas de origen vegetal y animal se aglomeren en gránulos compactos, consiguiendo una gran variedad en el tamaño de Pellets. (ver figura 1)

Referido a lo anterior, Morales, establece:

En el área de alimentos, la peletización es un proceso de producción donde se busca transformar una materia prima en forma de harina y/o forraje, mediante la acción de procesos de mezclado homogéneo, adición de calor y humedad, y la aplicación de presión necesaria para hacer fluir plásticamente la mezcla hasta adquirir forma y tamaño deseados por el proceso, que dependerá de la finalidad del producto, esta forma está ligada a factores diversos como el tipo de animal a alimentar, su edad y hasta la composición de la fórmula. (2019, p.29)



Figura 1. Pellets de diferentes materiales
Fuente: La Red Mida (2019)

Gracias a la versatilidad de este proceso, muchas de las industrias productoras de alimento para animales han adaptado sus procesos y maquinaria para entrar a este mercado creciente en el mundo. (ver figura 2); Algunas de las industrias envueltas en esta tendencia van desde la avícola y porcina hasta la ganadera.

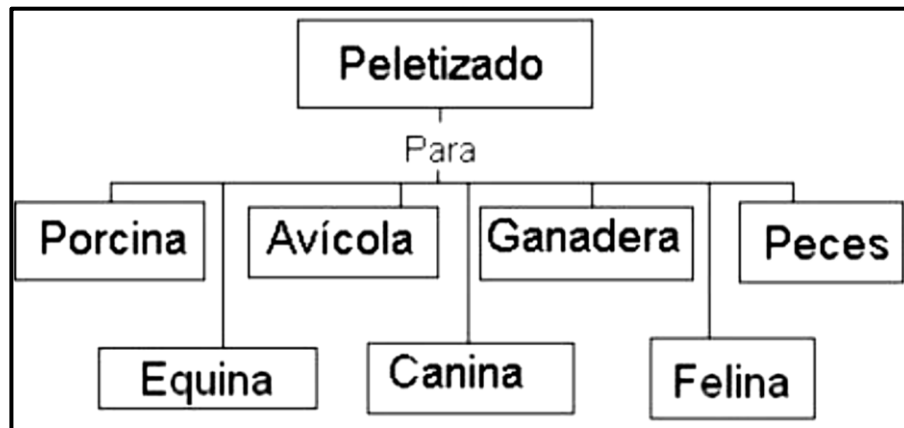


Figura 2. Industrias que utilizan la peletización como parte de su proceso productivo.

Fuente: Escobar (2010)

2.3.2 Beneficios al peletizar alimento agrícola

- Reduce la densidad del alimento y así se utilizaría menos espacio de almacenamiento.
- Facilita el manejo diario del alimento dentro de la granja: Los pellets ocupan menos espacio de almacenamiento y son más fáciles de manejar.
- Disminuye el desperdicio de alimento
- Destruye organismos patógenos
- Se produce un gran ahorro en transporte y superficie de almacenamiento, debido a la reducción de espacios requeridos por peso.
- Mejora la digestibilidad: El proceso de peletización puede aumentar la digestibilidad del pasto, ya que rompe los enlaces de celulosa y lignina, permitiendo que las enzimas actúen más fácilmente sobre la celulosa.
- No hay residuos durante el transporte y distribución. Tampoco los desechos son significativos cuando se alimenta a los animales en el suelo. Al contrario de el forraje convencional, que se desperdicia en gran parte, ya sea volándose por el viento o porque el animal come solo las partes que le gustan, el forraje en pellet es consumida totalmente sin dejar restos. Las pérdidas en los pellets es sólo la décima parte de las pérdidas del fardo.

- Se puede controlar perfectamente lo suministrado e ingerido a comparación del forraje suelto.
- Se evita la selectividad en el consumo por parte del animal.
- Los alimentos paletizados poseen muchas más etapas en el proceso productivo que los que los fardos, pacas, o rollos por lo que el valor del kg de producto es más alto

Maya, (2016), en relación a lo último descrito señala: “se realizan pruebas diferentes de materias primas y producto terminado, que cuente con todas las características de calidad y garantías nutricionales. Hay varios factores que afectan la calidad del pellet, debido al transporte, almacenaje y manipulación” (p. 40).

2.3.3 Componentes de un Sistema Peletizador

1. **Sistema de alimentación (tolva):** Es el compartimiento donde se introducirá el forraje picado para su procesamiento en forma de pellet.
2. **Sistema de extrusión:** Es donde se ubican los elementos giratorios extrusores, que luego de introducir el forraje picado lo que hará es comprimirlo hasta llegar a la matriz de orificios desde donde salen las piezas de forraje compacto en forma de fideos.

Dentro de esta parte del sistema se encuentran los siguientes componentes que al trabajar juntos logran peletizar el forraje adecuadamente.

- **Cámara de aglutinado:** En este punto es donde el pasto se transportará a la fase donde se deshidrata y empieza a molerse para convertirse en material compacto, de ello hacemos referencia a Morales (2019) define esta etapa como: “Se acumula el material obtenido de la alimentación en la tolva y se lleva a la matriz peletizadora donde el forraje o mezcla aumentara su temperatura y presión debido a la fuerza de fricción aplicada por los rodillos que presionan el forraje contra las paredes y el cilindro de aglutinamiento durante el proceso de extrusión (p. 20)
- **Matriz de peletización:** Es el conjunto que se encuentra dentro del barril donde van a ocurrir la formación de un tipo de pellet seleccionado, que será bien sea en forma de granos o en el caso del forraje en forma de fideos consecuencia del avance del proceso de peletizado de la materia prima dentro del sistema. En este se encuentran los siguientes componentes:
- **Rodillos:** Esta parte del sistema es la encargada de movilizar el alimento en avance a los siguientes componentes, Morales (2019) evidencia este hecho: “La función que cumple el

rodillo es proporcionar la fuerza de compresión entre el alimento y la matriz del sistema” (p. 25)

3. **Sistema de transmisión de potencia:** Es un eje que transmite un esfuerzo al motor y está sometido a algunos esfuerzos de torsión debido a la transmisión de un par de fuerzas que logran accionar el sistema peletizador y puede llegar a estar sometido a otros tipos de esfuerzos mecánicos al mismo tiempo.
4. **Sistema corte:** Es el conjunto que provoca un corte con el uso de una cuchilla giratoria y da así el tamaño deseado a los pellet.
5. **Estructura:** La estructura es donde se soportan todos los sistemas incluyendo sus componentes. Esta estructura estará básicamente conformada de perfiles en ángulo, debidamente ensamblados, sobre ella reposará la tolva, el motor, cámara de aglutinado, disco de corte y sistema de transmisión. Siendo así Millin y Grain establecen “La peletizadora está construida sobre una base de hierro fundido pesado que garantiza que no exista vibración alguna”

2.3.4 Etapas del proceso de peletización

De esta manera, el proceso de peletización general se llevaría a cabo en 4 pasos.
(ver figura 3)

1. **Dosificación:** Se suministra la materia prima.
2. **Mezclado:** Se agrega el vapor de agua y los aditivos necesarios, así como también se homogeniza la mezcla.
3. **Peletización:** Se crea la preforma mediante presión y se cortan las porciones.
4. **Secado/enfriamiento:** Mediante diferentes procesos de secado se elimina el agua contenida en el producto, y se le confiere la resistencia y durabilidad necesaria.

A los efectos de este proceso de peletizado, Behnke (2010) establece: “La formación del pellet ocurre en el punto donde entran en contacto los rodillos y el dado o matriz de salida, todas las demás actividades, tales como acondicionamiento, enfriamiento, etc. Dan apoyo al punto de contacto” (p. 33)

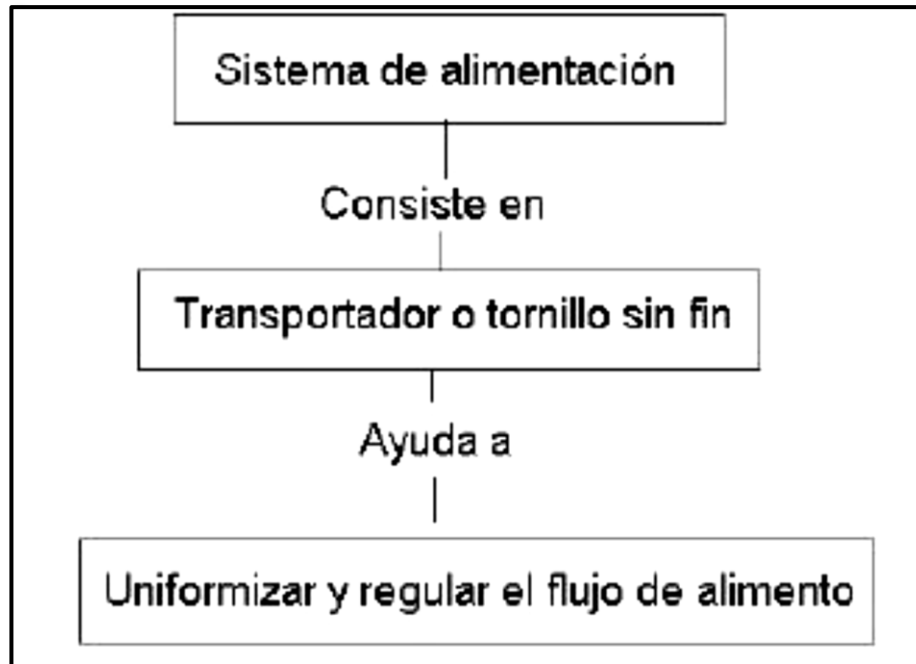


Figura 3. Esquema del Sistema de alimentación del proceso de peletización
Fuente: Escobar (2010)

2.3.5 Tipos de peletización

La principal diferencia entre los tipos de peletizadores es el proceso de compresión utilizado para realizar la actividad, de acuerdo a esto, se clasifican en:

2.3.5.1 Peletizado por extrusión

Las peletizadoras por extrusión funcionan mediante la compresión y el calentamiento de los materiales utilizando un tornillo sin fin que los empuja a través de una matriz con agujeros, formando así los pellets. (ver figura 4)

- **Ventajas de los sistemas de peletización por extrusión:**

1. Mayor capacidad de producción.
2. Mayor uniformidad en el tamaño y forma de los pellets.
3. Menor consumo de energía.
4. Menor desgaste de las matrices y rodillos.
5. Posibilidad de controlar la densidad y composición de los pellets.

- **Desventajas de los sistemas de peletización por extrusión:**

1. Mayor costo inicial de inversión.
2. Requiere un mayor nivel de mantenimiento y limpieza.
3. Puede generar más residuos y polvo durante el proceso.

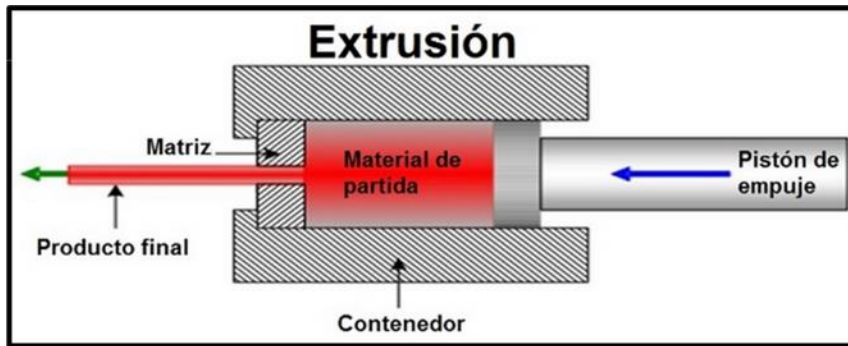


Figura 4. Proceso de Extrusión.
Fuente: IngeMecanica (2020)

2.3.5.2 Peletizado por prensado

Las peletizadoras por prensado utilizan rodillos que comprimen los materiales en una matriz para formar los pellets.

- **Ventajas de los sistemas de peletización por prensado:**

1. Menor costo inicial de inversión.
2. Menor consumo energético en comparación con la extrusión.
3. Menos generación de residuos durante el proceso.

- **Desventajas de los sistemas de peletización por prensado:**

1. Menor capacidad de producción en comparación con la extrusión.
2. Menos uniformidad en el tamaño y forma de los pellets.
3. Mayor desgaste en las matrices y rodillos.
4. Menos control sobre la densidad y composición del pellet final.

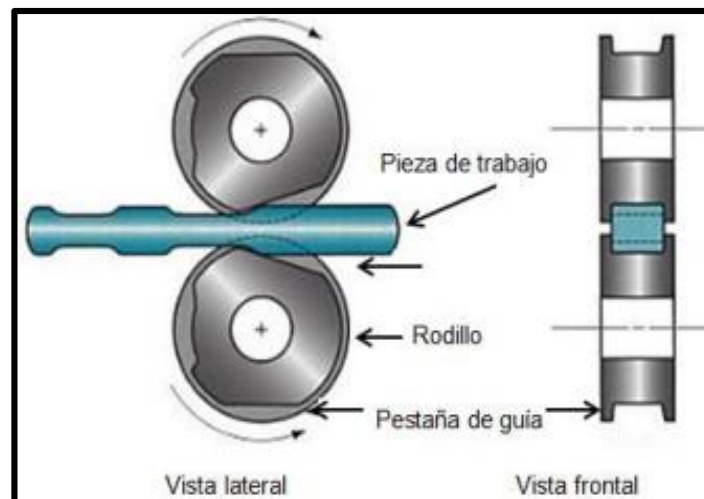


Figura 5. Prensado por Rodillos; Forjado de materiales.
Fuente: Gutiérrez, F (2018)

2.3.6 Tipos de Peletizadoras.

1. Peletizadores de matriz anular: Estos peletizadores están diseñados para materiales más duros y densos, como la madera o los residuos agrícolas. Los peletizadores de matriz anular funcionan mediante la compresión del material a través de una matriz circular con agujeros en el centro, donde el material es empujado hacia afuera a través de los agujeros por un rodillo giratorio.

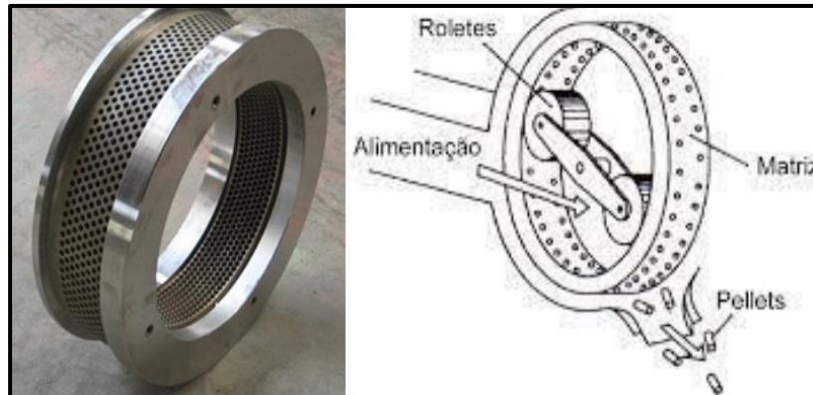


Figura 6. Matriz Anular

Fuente: Gemco Energy Machinery Co., Ltd. (2020)

2. Peletizadores de rodillos: Este tipo de peletizador utiliza rodillos para comprimir el material en forma de pellets. Los peletizadores de rodillo funcionan mediante la compactación del material entre dos rodillos que giran en direcciones opuestas. A medida que el material es comprimido toma la forma de pellets.

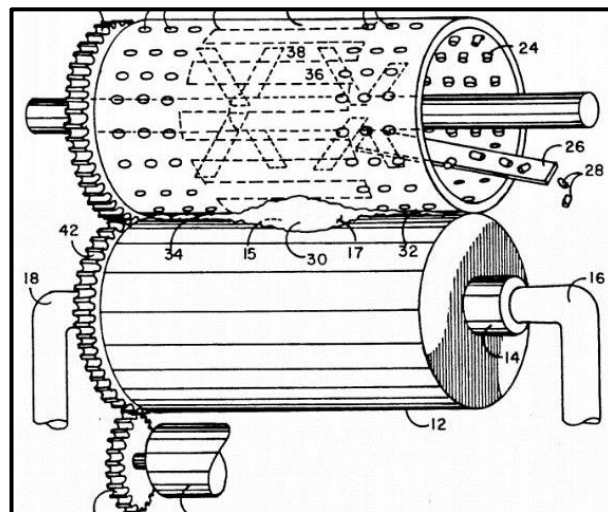


Figura 7. Rodillos de peletización

Fuente: Ramos, M. (2019)

3. Peletizadores de matriz vertical: Estos peletizadores utilizan una matriz vertical para comprimir el material en forma de pellets. El material se introduce en la parte superior en la tolva del peletizador, donde es comprimido por rodillos giratorios que empuja el material a través de una matriz vertical con agujeros de diferentes tamaños.

A medida que el material pasa a través de la matriz, la presión y la fricción generadas por el rodillo y la matriz hacen que el material se compacte y forme pellets uniformes. Los pellets resultantes son cortados a la longitud deseada por cuchillas ubicadas en la parte inferior del peletizador.



Figura 8. Matriz Plana de peletización alimentación vertical.
Fuente: Gemco Energy Machinery Co., Ltd. (2020)

4. Peletizadores de matriz plana: se utilizan para la producción de pellets a partir de materiales como madera, paja, alfalfa, entre otros. Este tipo de peletizadora utiliza una matriz plana horizontal con agujeros que comprime y forma los pellets a medida que el material es empujado a través de ella mediante un tornillo sin fin. Dentro de la matriz, el material es comprimido y forzado a través de los agujeros, formando así los pellets. Estos pellets son luego cortados a la longitud deseada y expulsados por la parte inferior de la máquina.

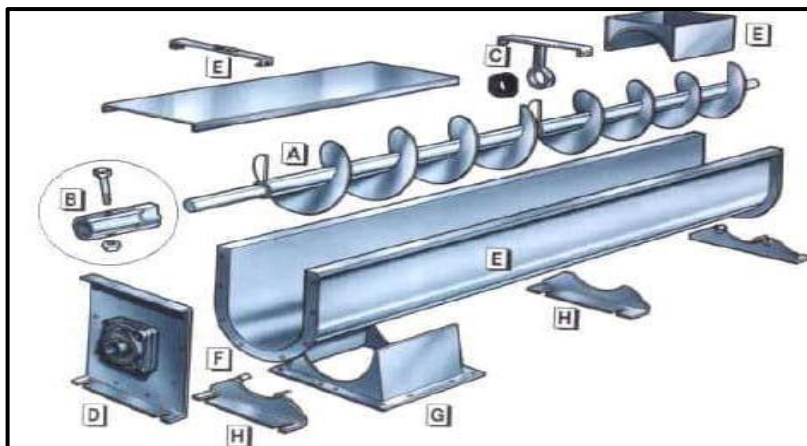


Figura 9. Tornillo sin fin de Peletizadora tipo matriz plana-horizontal
Fuente. EngorMix (2011)

2.3.7 Principales diferencias entre los tipos de peletizadoras.

Las principales diferencias entre la peletizadora de matriz plana, la peletizadora de matriz vertical y las Peletizadoras de rodillos son:

1. Forma del troquel o matriz: La máquina peletizadora de troquel (matriz) plano tiene un troquel con accionamiento horizontal, mientras que la máquina peletizadora de matriz vertical tiene un troquel vertical.

2. Dirección del flujo del material: En la peletizadora de matriz plana y en la peletizadora de rodillos, el material se alimenta horizontalmente a través de la máquina. En cambio, en la peletizadora de matriz vertical, el material se alimenta verticalmente hacia abajo.

3. Tamaño y forma del pellet: La máquina peletizadora de matriz plana produce pellets más largos y delgados, mientras que la máquina peletizadora de matriz vertical produce pellets más cortos y gruesos. Mientras que, la peletizadora de rodillos tiende a producir pellets más densos y uniformes.

4. Costo: El costo de cada tipo de máquina puede variar dependiendo del tamaño, capacidad y características específicas con las que se diseñe. Por lo general, las peletizadoras de rodillos tienden a ser más costosas que las otras dos opciones.

2.3.8 Parámetros para la fabricación de Pellets

1. Humedad del material.

El pasto para ser peletizado debe tener un grado de humedad óptimo que oscile entre el 10% y el 20%. Si la humedad es demasiado alta, puede causar problemas durante el proceso de

peletización, como la formación de grumos o la falta de compactación. Por otro lado, si la humedad es demasiado baja, puede resultar en una mala calidad del pellet, ya que el agua contenida dentro de la materia prima actúa simultáneamente como un agente aglomerador y como lubricante. De la siguiente tabla se tomara como referencia el tiempo de secado de la alfalfa, que es el tipo de pellet más comercializado como alimento animal y tiene propiedades similares al pasto, materia prima con la que se pretende que se alimente a la maquina peletizadora. Al evaluar la ficha técnica bromatológica (Cuadro 1 y Cuadro 2) de los pastos se concluye que estos poseen un contenido de humedad en estado natural de alrededor del 70-80%

Tabla 1. Especificaciones de secado de alimentos.

Alimento	Humedad Fresco (%)	Húmeda Final (%)	Temperatura (°C)	Tiempo de Secado (horas)
Verduras				
Zanahoria	70	5	55-70	6-8
Pimiento	87	8	55-70	8-12
Apio	94	12	55-70	6-10
Patata	75	12	55-70	8-30
Berenjena	90	10	55-70	6-18
Brócoli	90	6	55-70	6-18
Coliflor	95	6	55-70	6-16
Cebolla	80	4	55-70	8-14
Champiñones	85	9	55-70	6-16
Alimento Animales				
Alfalfa	80	9	70-80	20
Avena Forraje	14	14	-	-
Maíz grano	30	14	-	-
Sorgo Grano	14.5	14.5	-	-
Trigo Grano	15.5	15.5	-	-
Cebada Grano	12	12	-	-

Fuente: Sol, C (2007)

Para deshidratar y almacenar pastos como alimento animal, es necesario reducir su contenido de humedad a un nivel adecuado para evitar la proliferación de hongos y bacterias. El tiempo necesario para secar el pasto dependerá de varios factores, como la temperatura ambiente, la humedad relativa y la cantidad de pasto a secar, sin embargo se pudo estudiar el tiempo de secado de alfalfa que en efecto posee el mismo grado de humedad que los pastos.

En general, se recomienda secar el pasto hasta que su contenido de humedad sea inferior al 15%, lo que puede tomar entre 1 y 3 días dependiendo de las condiciones ambientales y la cantidad de pasto a procesar.

Es importante tener en cuenta que un secado insuficiente puede resultar en un producto final propenso a la contaminación por hongos y bacterias, mientras que un secado excesivo puede reducir la calidad nutricional del pasto. Por lo tanto, es fundamental para la granja monitorear

cuidadosamente el proceso de secado para garantizar un producto final seguro y nutritivo para los animales.

Los pellets de pasto son un beneficio que se obtiene por la compresión de forraje seleccionado, en forma granulada de 5 a 7 [mm]. Debido a su contenido de humedad cercano al 10 % es un alimento que garantiza una excelente digestibilidad, máxima palatabilidad y aprovechamiento de todos sus componentes nutricionales. Por otro lado, su tamaño permite regular con mayor facilidad el consumo diario sin generar desperdicios como en el caso de la cebada, la avena y los vegetales. Además, presenta notables ventajas de almacenamiento, está menos expuesto al deterioro ambiental y ataque de insectos u hongos, por lo que permite la conservación del producto por largos periodos de tiempo sin que sus propiedades físico-químicas y nutricionales se vean afectadas

2. Temperatura del material

Durante el proceso de peletizado se genera un aumento en la temperatura de la biomasa (forraje) debido a la fricción entre partículas y con las paredes. La gran mayoría de autores están de acuerdo en que se observa un aumento en la calidad de los pellets cuando el proceso se realiza a temperaturas mayores a 60 °C independientemente del tipo de biomasa estudiada. El efecto de la temperatura sobre la calidad del pellet se vuelve especialmente importante cuando se trabaja por encima de la temperatura de transición vítrea de los polímeros que conforman la biomasa (pasto), como hemicelulosa, celulosa y lignina; ya que permite una deformación plástica de los granos facilitando el flujo de la biomasa por los canales de peletizado y un mejor contacto entre partículas que facilita la formación de puentes sólidos entre ellas.

En referencia a este último, Saad (2016) A en su investigación del efecto de los parámetros de elaboración de pellets, señala:

“También el aumento de la temperatura ayuda a la aglomeración de partículas especialmente en presencia de agua ya que la combinación de las dos induce una gran gama de efectos físicos y químicos tales como el ablandamiento térmico de la biomasa, la desnaturalización de proteínas, gelatinización de almidones, solubilización y la consecutiva re cristalización de azúcares y sales” (p.50)

3. Tamaño de grano

El tamaño del grano es un principio importante para la durabilidad de los pellets. En general, cuanto más fino es el tamaño del grano, mayor es la durabilidad, porque cuanto menor es el tamaño del grano, mayor es el área de contacto del mismo, lo que facilita la peletización. Dicho

de otro modo, varios autores han encontrado que, a medida que se disminuye el diámetro del pellet, aumenta su durabilidad. Lo mismo sucede a medida que se incrementa la relación largo/diámetro, Por supuesto, encontrar el tamaño de grano ideal consiste en encontrar un equilibrio entre la calidad del pellet y el coste de trituración del material, porque cuanto menor sea el tamaño de grano, mayor será el coste de molienda para la empresa.

4. Presión de peletizado

Dado que uno de los principales objetivos de la peletización es aumentar la densidad de las materias primas, la presión a la que se realiza la peletización es uno de los parámetros fundamentales a considerar. La presión del pellet es la encargada directa de compactar el pasto para aglomerar las partículas y, de esta forma, aumentar la densidad del material. Cuanto mayor sea la presión del pellet, más aumentará la densidad del pellet, por lo que el objetivo es conseguir que el proceso se realice con la máxima presión posible.

5. Enfriamiento

Esta etapa es muy importante en todo el proceso de producción de pellets. Luego de la compresión o peletización, la temperatura de los pellets es alta, con un aproximado de 60 a 90 °C. El enfriado estabiliza a los pellets y endurece el material residuo en la superficie de los pellets. Para ello a la salida de la matriz por el conducto que desliza los pellets terminados, se establece un ventilador de revoluciones continuas que transmita aire fresco a los pellets recién salidos para disminuir su temperatura y terminar el proceso de compactación o peletizado.

2.3.9 Pasto o Forraje

En general se refiere a pasto a las plantas gramíneas y leguminosas que se desarrollan en el potrero y son utilizadas para la alimentación del ganado, es decir cualquier planta natural o cultivada, reproducida sobre la superficie del suelo y que el ganado aproveche para alimentarse mientras este circula o ambula sobre ellas. Es importante indicar que, en los países tropicales, existen varios tipos de pasto o forraje que se utilizan para alimentar al ganado rumiante. Estos pastos son ricos en nutrientes y se adaptan bien a las condiciones climáticas y del suelo de estas regiones. Entre los más comunes están:

1. **Pasto Brachiaria:** Es uno de los pastos más populares en los trópicos debido a su alta productividad y resistencia a condiciones adversas como sequías y suelos pobres. La *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria humidicola* son algunas de las especies más utilizadas.

2. **Pasto Guinea:** Es un pasto perenne que se adapta bien a climas cálidos y húmedos. Es rico en proteínas y nutrientes, lo que lo hace ideal para la alimentación del ganado rumiante.
3. **Pasto Estrella Africana:** Es una especie perenne que crece rápidamente y es resistente a la sequía. Tiene un alto contenido de proteínas y es muy apetecido por el ganado. (ver figura 10)



Figura 10. Pasto Estrella Africana (*Cynodon Plectostachyus*).

Fuente: Invensa (2020)

Cuadro. 1 Ficha de especie de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*)

Nombre científico	<i>Cynodon nlemfuensis</i>
Nombre común	Pasto estrella
Tipo de planta	Gramínea perenne
Altura	Puede alcanzar hasta 1 metro de altura
Usos	Forraje para el ganado, especialmente en zonas tropicales y subtropicales.
Contenido de proteína	alrededor del 8-12%
Contenido de fibra	alrededor del 25-30%
Contenido de energía	0.6-0.7 Mcal/kg

Fuente: infopastosyforrajes (2021)

Cuadro 2. Ficha de especie de pasto guinea (*Panicum maximum*)

Nombre científico	Panicum maximum
Nombre común	Pasto guinea
Tipo de planta	Gramínea perenne
Altura	hasta 2 metros de altura
Contenido de humedad en estado natural	alrededor del 70-80
Contenido de proteína	alrededor del 10-14%
Contenido de fibra	alrededor del 25-30%
Contenido de energía	0.7-0.8 Mcal/kg

Fuente: infopastosyforrajes (2021)

2.3.10 Método Vílchez

El método de Vílchez es un concepto que se aplica para la selección de la mejor solución entre tantas opciones disponibles, en efecto es un procedimiento para resolver problemas, esta técnica está conformada por una serie de pasos previos a aplicar, estos pasos pueden usarse de manera gráfica y explícita, del mismo modo también pueden ser utilizados sin hacer alarde de que fueron usados. Este método fue elaborado por el profesor e ingeniero Nelson Vílchez de la Universidad de Carabobo, en su libro “Estrategias Creativas en el Diseño Mecánico” el mismo tiene como finalidad describir de modo general la solución del problema. Por lo cual es necesario, dedicarse a idear opciones que satisfagan esa descripción. Para ello principalmente se aplica una serie de restricciones.

A través del método se busca simplificar la toma de decisiones al momento de tomar en consideración posibles soluciones; estas son evaluadas en base a unos criterios considerados y, ponderando cada una de ellas, luego de revisarlas todas, determinando las ventajas y desventajas de cada opción, aspectos sobresalientes de algunas, comparar y combinar opciones para generar nuevos resultados, mientras más propuestas se tenga, mejor será la toma de decisión final. La figura 11 muestra los pasos para cumplir con la selección de la mejor solución comparando con una cantidad de puntos, ponderados y evaluados por criterios.



Figura 11. Pasos para seleccionar la mejor solución.
Fuente: Vilchez, N (2016).

2.4 Bases legales

Según Villafranca D. (2002) “Las bases legales no son más que las leyes que sustentan de forma legal el desarrollo del proyecto. Son leyes, reglamentos y normas necesarias en algunas investigaciones cuyo tema así lo amerite”. De allí que una buena investigación deber estar respaldada por leyes, normas y códigos oficiales los cuales regulen el área de la misma, en este sentido, Pérez (2009), también expresa que las bases legales son “el conjunto de leyes, reglamentos, normas y decretos que establecen el basamento jurídico sobre el cual se sustenta la investigación”. A continuación, se presentan algunos instrumentos jurídicos para apoyar la información contenida en esta investigación, relacionados con el proyecto de diseño.

2.4.1 Ley de Salud Agrícola Integral de la República Bolivariana de Venezuela

Artículo 2. El presente decreto tiene las siguientes finalidades:

1. Promover, divulgar, y garantizar la salud agrícola integral, la salud de los animales y vegetales, por ende, de las personas, mediante el fomento de la ciencia agroecológica.
2. Proteger a la población de la entrada y difusión de enfermedades y plagas que afecten a los animales, vegetales, productos y subproductos de ambos orígenes.
3. Regular el uso de ingredientes activos en productos agrícolas, domésticos, de salud pública e industrial.

4. Proteger la diversidad biológica y los procesos ecológicos asegurando un ambiente agrícola sano y seguro.
5. Promover y velar por el aprovechamiento racional, sustentable y responsable de los recursos hidrobiológicos y la protección de los ecosistemas, favoreciendo su conservación.

Artículo 8. En este particular habla sobre el deber de aplicar ampliamente el criterio de precaución en la ordenación de la salud agrícola integral, con el fin de preservar, conservar y proteger la soberanía y seguridad agroalimentaria. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, falta de certeza científica absoluta o de información científica adecuada no será motivo para aplazar o dejar de adoptar medidas orientadas a conservar el ambiente, los organismos que son objeto de la sanidad animal y vegetal, los asociados o dependientes.

2.4.2 Normas de la Comisión Venezolana de Normas Industriales de la República Bolivariana de Venezuela (COVENIN)

Alimentos para bovinos (n° 1883-83): Esta norma establece los requisitos que debe cumplir un alimento para bovinos de leche y carne, declarando que el alimento suministrado no debe contener insectos vivos ni larvas de insectos ni huevos, así mismo no debe contener material no característico al alimento tales como excremento de animales o desechos de metal o basura, en efecto el alimento proporcionado debe ser almacenado de tal manera que permita la conservación de las características originales del producto, en condiciones satisfactorias.

2.4.3 Organización Internacional de Normalización o Estandarización (ISO)

Siendo esta la institución de alcance internacional que se dedica a la creación de normas o estándares para asegurar la calidad, seguridad y eficiencia de productos y servicios

Del mismo modo para el diseño de un sistema peletizador de pasto para uso en granjas, las siguientes normas ISO podrían ser relevantes:

- **ISO 9001:2015 - Sistemas de gestión de la calidad:** Esta norma establece los requisitos para un sistema de gestión de calidad, asegurando que una organización pueda proporcionar productos y servicios que cumplan con los requisitos del cliente y las regulaciones aplicables. Lo que puede ser útil para garantizar que el diseño del sistema peletizador cumpla con los estándares de calidad.
- **ISO 14001:2015 - Sistemas de gestión ambiental:** Esta norma proporciona un marco para la gestión ambiental en una organización, ayudando a las organizaciones a identificar, controlar

y reducir su impacto ambiental. Puede ser relevante para asegurar que el diseño del sistema peletizador tenga en cuenta consideraciones ambientales y minimice su impacto.

- **ISO 12100:2010 - Seguridad de maquinaria:** Esta norma establece principios generales de diseño para la seguridad de las máquinas, incluyendo la identificación y evaluación de riesgos, así como medidas preventivas y protectoras. Es importante considerarla al diseñar el sistema peletizador para garantizar la seguridad tanto del operador como del entorno.
- **ISO 13849-1:2015-Seguridad funcional de sistemas eléctricos/electrónicos/programables relacionados con la seguridad:** Esta norma proporciona directrices para el diseño y evaluación de sistemas eléctricos, electrónicos y programables relacionados con la seguridad de la maquinaria.
- **ISO 1496-1:2013 - Contenedores intermodales y unidades de carga - Parte 1:** Contenedores principales - Especificaciones generales y dimensiones externas: Esta norma establece las especificaciones generales y dimensiones externas para contenedores intermodales, si el sistema peletizador incluye contenedores para el almacenamiento o transporte de los pellets de pasto.
- **ISO 16092-1:2017 - Máquinas herramienta - Seguridad - Parte 1:** Máquinas estacionarias y máquinas transportables, incluidas las máquinas combinadas con dispositivos intercambiables: Esta norma especifica los requisitos técnicos para garantizar la seguridad en el diseño y construcción de máquinas herramienta estacionarias y transportables.

Estas normas proporcionaran directrices y requisitos para garantizar la calidad, seguridad y sostenibilidad en la fabricación de maquinaria, lo cual es relevante para la propuesta del diseño de un sistema peletizador de pasto como herramienta de almacenaje efectivo de los recursos alimenticios necesarios.

2.5 Definición de términos

Agropecuario: se refiere a todo lo relacionado con la agricultura y la ganadería. Es un término que engloba todas las actividades y procesos involucrados en la producción de alimentos y productos derivados del campo, incluyendo el cultivo de plantas, la cría de animales y la gestión de recursos naturales en el ámbito rural.

Alimento Seco: es el forraje al que se le quitado el agua cuya función principal es la de nutrir las bacterias del rumen para producir carne o leche.

Animales Rumiantes: son un grupo de mamíferos herbívoros, como los bovinos, caprinos, ovinos, búfalos, camellos y ciervos se consideran animales rumiantes. Esta clasificación se les da a los animales que tienen la capacidad de rumiar, acto que consiste en la regurgitación, re masticación y deglución de los alimentos ingeridos. La base alimenticia de cualquier rumiante de producción está constituida por una base forrajera, en forma de pastos, henos o ensilados, o la combinación de varios de estos.

Forraje: se denomina así a las hierbas, pastos verdes o secos, también algunas especies vegetales de consumo humano como maíz, caña de azúcar, entre otros que se emplean para alimentar los animales domésticos especialmente el ganado; es decir es todo aquello que sea cosechado para ser suministrado como alimento a los animales bien sea verde, seco o procesado.

Organismos Patógenos: son agentes infecciosos que pueden provocar enfermedades a su huésped, este término se emplea normalmente para describir microorganismos como los virus, bacterias y hongos, entre otros, estos pueden desarrollarse en el alimento mal almacenado que se vea expuesto a humedad o excremento animal.

Pastura: es el pasto o hierba del que se alimentan los animales, generalmente es el pasto que el ganado consume en el mismo terreno donde se cría.

Pellet: denominación que se refiere a pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido de diferentes naturalezas.

Seguridad Agroalimentaria: hace referencia a la disponibilidad suficiente y estable de alimentos, su acceso oportuno y su aprovechamiento biológico, de manera estable a través del tiempo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Para ejecutar la presente investigación, de acuerdo al planteamiento del problema y para el logro de los objetivos, se debe implementar una metodología adecuada, Tamayo y Tamayo (2003), indican que “Científicamente la metodología es un procedimiento general para lograr de manera precisa el objetivo de la investigación, por lo cual nos presenta los métodos y técnicas para la realización de la investigación” (p. 175). En éste sentido, se detallan los criterios metodológicos que sustentan la presente investigación, así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos que se utilizaron para el desarrollo de los objetivos de la investigación.

3.1 Paradigma de la investigación

De acuerdo algunos autores el paradigma cuantitativo implica la recolección de datos a través de métodos como encuestas, experimentos o análisis estadísticos, con el fin de obtener resultados medibles y generalizables. En este estudio, se utilizaron técnicas cuantitativas para recopilar información sobre las características del pasto, las necesidades de las granjas y los requisitos del sistema peletizador.

Es por esto que el diseño del sistema peletizador se basa en datos cuantitativos sobre la cantidad y calidad del pasto disponible, los requerimientos nutricionales del ganado, los costos asociados con la producción de pellets y otros factores relevantes. Estos datos fueron analizados utilizando métodos de análisis estadístico para identificar patrones, relaciones y tendencias que ayuden a informar el diseño óptimo del sistema.

Además, este tipo de investigación implica la aplicación de conocimientos científicos y técnicos para resolver un problema o necesidad específica en el ámbito agrícola. Se requirió analizar y evaluar diferentes opciones de diseño, seleccionar los materiales adecuados, determinar los parámetros de operación óptimos y realizar pruebas experimentales para validar la eficiencia y funcionalidad del sistema.

3.2 Tipo de investigación

Existen varios tipos de investigación científica, de acuerdo al método y los objetivos que se plantean. Autores como Balestrini (2002), que define los proyectos factibles como “aquellos proyectos o investigaciones que proponen la formulación de modelos, sistemas u otros, que dan

soluciones a una realidad o problemática real planteada, la cual fue sometida con anterioridad o estudios de las necesidades a satisfacer” (p. 48).

De lo anterior se evidencia que la presente investigación fue de tipo proyecto factible, considerando la perspectiva de los autores, ya que el proyecto se desarrolló ejecutando un diseño de propuesta que dará solución y otorga beneficiosos aspectos importantes en el proceso de almacenamiento dentro de la empresa “RONGRAT, CA” para satisfacer las posibles necesidades o mejoras que requiera la empresa para su desarrollo productivo.

3.3 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es la metodología que se ejecuta para cumplir con los objetivos del estudio. Según Arias (2012), “El diseño de investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental” (p. 27)

De acuerdo a lo anterior, se considera que el diseño de esta investigación es de campo ya que los grupos de estudio no se pueden seleccionar porque ya están formados de manera natural. En ese caso, la manipulación de las variables es menor y, por tanto, disminuye el grado de confiabilidad del estudio.

Del mismo modo se consideró que la investigación es documental porque se basó en la recopilación y análisis de información existente sobre el tema del sistema peletizador de pasto para uso en granjas. En este caso, no se realizaron experimentos o pruebas directas, sino que se buscó información en documentos, libros, artículos científicos y otras fuentes confiables para obtener datos relevantes sobre el diseño y funcionamiento de los sistemas peletizadores de pasto. La investigación documental permitió recopilar información teórica y práctica sobre el tema, analizarla y utilizarla como base para proponer un diseño adecuado del sistema peletizador de pasto.

3.4 Nivel de la investigación

Algunos autores indican que la investigación descriptiva busca especificar las características y propiedades de grupos, objetos o cualquier fenómeno que se someta a un análisis, la meta en este tipo de investigaciones consiste en describir situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan, por ello para cubrir cada parte del proceso adecuado para proponer un diseño de maquinaria, siendo esta un peletizador de forraje, se debe establecer las características de cada componente dentro de los conjuntos que conforman el sistema. Arias (2012)

establece la importancia dentro de este contexto como “Los estudios descriptivos son útiles para analizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes” (p. 99).

Es por esto que el trabajo de grado presentado fue de tipo descriptivo, puesto que el tema de la investigación es post facto, es decir, de conocimientos ya realizados, se estudiaron las condiciones de trabajo requeridas y las características técnicas necesarias para obtener la máxima eficiencia del sistema peletizador, en efecto para diseñar las piezas mecánicas que conforman el equipo peletizador de forraje y así plantear su funcionamiento en el protocolo de alimentación que la empresa “RONGRAT , CA” implementa.

3.5 Población y Muestra

De acuerdo a Arias (2012), se define la población como “conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” (p. 81). Sin embargo, la presente investigación no tiene como propósito el estudio de un conjunto numeroso de objetos o individuos, puesto que estudio las condiciones de almacenamiento y la cantidad adecuada de alimento requerido que se transformara en pellets para su uso en el área de alimentación vacuna dentro de la granja “RONGRAT, C.A” para así diseñar un sistema peletizador y plantear el funcionamiento del mismo, que logre mejorar las condiciones de la empresa actuales. En éste sentido, se establece como población todos los tipos de sistemas peletizadores que existen en el mercado actual.

Ahora bien, la muestra es representada por el conjunto definido que se utilizará para el diseño del sistema, este será la materia prima (pasto) que sustituye la alimentación diaria de los animales de ganadería, siendo está definida por Arias (2012), como “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p. 83). Es evidente entonces que el conjunto de individuos que hacen la muestra son aquellos directamente beneficiados con el sistema propuesto, siendo así, se tomará como muestra los sistemas peletizadores para dos tipos de pasto, los de uso más común como alimento para el ganado en Venezuela, uno de ellos fue el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), el cual es pasto es muy resistente y se adapta bien a las condiciones climáticas del país. El otro tipo de pasto que utilizó para el funcionamiento del sistema peletizador fue el pasto guinea (*Panicum maximum*), que se consigue especialmente en zonas más húmedas. Siendo estos, combinados los que se tomaron para realizar las especificaciones técnicas del diseño del sistema peletizador de pasto, haciéndolo exclusivo para pasto Estrella y pasto Guinea.

3.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Son los métodos que utiliza el autor para obtener la información y cumplir con los objetivos planteados en la investigación. De acuerdo a Hurtado (2000), “Las técnicas de recolección de datos comprenden procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener la información necesaria para dar respuesta a su pregunta de investigación” (p. 427).

En este sentido, Arias (2012), indica que “Son ejemplos de técnicas; la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades: oral o escrita (cuestionario), la entrevista, el análisis documental, análisis de contenido, entre otros” (p. 111).

Para esta investigación se tomó en cuenta las siguientes:

- **Observación:** la cual es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación que fueron previamente establecidos (Arias, 2012, p: 111). En la observación el investigador capta la información de forma directa, visualizando el objeto de estudio y puede capturar las imágenes a través de los instrumentos de recolección.
- **Entrevista:** se define como la técnica que implica la obtención de información a través de preguntas directas a personas involucradas en el tema de investigación. En este caso, se realizó entrevistas a propietarios o encargados de granjas que utilizan sistemas de recolección y manejo de pasto, con el fin de conocer sus experiencias, opiniones y necesidades específicas relacionadas con la peletización del pasto.
- **Revisión bibliográfica:** Que consiste en recopilar información relevante sobre el tema de investigación a partir de fuentes bibliográficas como libros, artículos científicos, informes técnicos, entre otros. En este caso, se realizó una revisión bibliográfica para conocer los avances tecnológicos existentes en sistemas peletizadores de pasto utilizados en otras áreas o industrias similares, así como también estudios previos relacionados con la peletización del pasto y su uso en granjas.

Estas tres técnicas permitieron obtener información complementaria y variada sobre el diseño de un sistema peletizador de pasto para uso en granjas, desde diferentes perspectivas (observación directa, experiencias personales y conocimiento científico).

Por otro lado, Fariñas A (2010) alega “Un instrumento de recolección de datos es en principio cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información”.

De allí que los instrumentos de recolección de datos, que ayudaron a obtener los datos para el cumplimiento de los objetivos propuestos, serán los siguientes:

- **Cuaderno de notas:** Es un instrumento utilizado para registrar observaciones, datos y cualquier información relevante durante el proceso de investigación. Permite tomar apuntes en tiempo real y organizar la información recopilada de manera sistemática.
- **Fotografía:** Es una herramienta visual que permite capturar imágenes relacionadas con el diseño del sistema peletizador de pasto. Las fotografías pueden ser utilizadas para documentar el estado actual de las granjas, los equipos existentes, los materiales utilizados, entre otros aspectos relevantes.
- **Lista de Chequeo:** Es una lista de verificación que contiene una serie de ítems o preguntas específicas relacionadas con el diseño del sistema peletizador de pasto. Permite recopilar datos objetivos y estandarizados sobre diferentes aspectos del proyecto, como requisitos técnicos, materiales necesarios, costos estimados, entre otros.
- **Guion de entrevista:** Es un conjunto de preguntas estructuradas que se utilizaron durante las entrevistas con expertos en el tema o personas involucradas en la producción y uso del pasto en granjas. El guion, permite obtener información detallada sobre las necesidades y requerimientos específicos para el diseño del sistema peletizador, así como opiniones y sugerencias relevantes para su implementación exitosa. (Ver Apéndice A)

3.7 Técnicas de Análisis de Resultados

El análisis constituye un proceso que involucra la clasificación, la codificación, el procesamiento y la interpretación de la información obtenida durante la recolección de datos. La finalidad del análisis es llegar a conclusiones específicas en relación al evento de estudio, y de dar respuesta a la pregunta de investigación. (Hurtado, 2000:505).

Siendo las siguientes herramientas para el posterior análisis de los datos, las que más se adaptan a los requerimientos y objetivos de la investigación:

- **Espina de pescado (Diagrama de Ishikawa):** Es una herramienta utilizada para identificar y visualizar las posibles causas de un problema o efecto no deseado. Se representa como un diagrama con forma de espina de pescado, donde se identifican diferentes categorías (personas,

métodos, materiales, maquinaria, medio ambiente y medidas) que pueden estar relacionadas con el problema.

- **Diagrama de Pareto:** es una herramienta gráfica que se utiliza para identificar y priorizar los problemas o causas más importantes en un conjunto de datos. Se basa en el principio de Pareto, que establece que aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas, en este el primer paso sería identificar el problema y recopilar los datos relevantes, para establecer la categoría de cada uno, luego se calcularía la frecuencia o el número de ocurrencias para cada categoría. Esto permitirá determinar cuáles son las categorías más comunes o problemáticas. Finalmente, se dibujaría un gráfico de barras donde el eje vertical representa la frecuencia y el eje horizontal representa las categorías. El resultado final será un diagrama de Pareto que ayudará a visualizar rápidamente cuáles son los problemas o causas más importantes a abordar en función de su frecuencia y su impacto acumulado.
- **Los cinco Porque:** La técnica de análisis de datos de los 5 por qué es una herramienta utilizada para identificar y comprender las causas raíz de un problema o situación. Consiste en hacer una serie de preguntas "por qué" sucesivas, hasta llegar a la causa raíz del problema. Cada respuesta a la pregunta "por qué" se utiliza como base para formular la siguiente pregunta. El objetivo es ir más allá de las causas superficiales y descubrir las causas subyacentes que contribuyen al problema.

3.8 Validez de los instrumentos

La validez es un concepto importante en la evaluación de los instrumentos de recolección de datos, esta tiene la tarea de definir la capacidad que posee el instrumento para medir o capturar adecuadamente el fenómeno que se está estudiando. Así mismo, esta se refiere a la medida en que un instrumento realmente mide lo que pretende medir. Es decir, si el instrumento es válido, está midiendo de manera precisa y exacta el fenómeno o variable que se desea estudiar. Según, Hurtado (2000) “Es fundamental asegurarse de que los instrumentos sean válidos para evitar sesgos o errores en los resultados” (p.500) Para evaluar la validez de los instrumentos que se proponen implementar se utilizó el juicio de expertos en el área de estudio, que aseguraron la validez de los instrumentos propuestos, como se comprueba en el Apéndice A.

3.9 Fases Metodológicas

La exploración, el desarrollo de contenido y la adquisición de conocimientos precisos sobre un tema conllevan una serie de etapas que deben ser consideradas y se conocen como fases de la investigación. Estas fases metodológicas son las que enmarcan el direccionamiento y el progreso de la investigación, y están determinadas por la estructura propia de cada objetivo específico.

Fase I: Diagnóstico de la situación actual del almacenamiento de forraje en la granja ganadera “RONGRAT, C.A”

En esta fase, se realizará un estudio exhaustivo de la empresa para determinar cómo se almacena actualmente el forraje. Se recopilarán datos sobre los métodos utilizados, las capacidades de almacenamiento, los problemas y limitaciones existentes. Además, se evaluará la calidad del forraje almacenado y su impacto en la alimentación del ganado. Luego se comprobarán los aspectos físicos referentes a la empresa como el espacio, la seguridad y la higiene. Obtenidas las primeras impresiones se proseguirá con la descripción del proyecto para solventar la problemática.

Fase II: Análisis de los requerimientos técnicos y operativos que debe cumplir el diseño para su correcto funcionamiento.

Luego de planteado el proyecto, comienza la recolección de datos para que el diseño cumpla con todos los requerimientos necesarios para realizar su propósito, estos datos son respecto a la fuente de alimentación a utilizar, la producción necesaria y de acuerdo al espacio disponible para su colocación. En esta etapa, se examinarán los datos de manera detallada y se aplican técnicas estadísticas u otros métodos de análisis para identificar patrones, tendencias o relaciones significativas. Al tener todos los datos se procederá a realizar los cálculos de capacidad, dimensionamiento y estructuras necesarios para cumplir con las especificaciones dadas. Esto incluirá aspectos como la capacidad de producción, la eficiencia energética, la facilidad de uso y mantenimiento, así como cualquier normativa o regulación aplicable.

Fase III: Selección de los materiales y equipos necesarios para el diseño.

Sabiendo que características técnicas debe cumplir el diseño del sistema peletizador ahora se deben evaluar los diferentes materiales que serían los adecuados para su realización, En esta etapa, se llevará a cabo la recopilación sistemática y rigurosa de información adicional para respaldar o refutar las posibles aplicaciones de los componentes planteados durante el desarrollo del diseño.

Se evaluarán diferentes opciones en función de su disponibilidad, costo, durabilidad y compatibilidad con el proceso de peletización. También se considerarán aspectos como la seguridad laboral y ambiental al elegir los materiales.

Fase IV: Diseño de las partes constituyentes del sistema peletizador para su uso en el proceso de almacenamiento de forraje de la granja ganadera “RONGRAT, C.A”

Al tener todos los criterios técnicos y estructurales que debe cumplir el sistema peletizador y además conocer los materiales con los que se debe fabricar, se procederá con el diseño de sus partes, esto se realizará mediante el software Inventor en donde se puede ver de forma modelada del diseño de manera tridimensional facilitando las medidas que debe tener cada componente cuando se realice su fabricación.

En esta fase, se diseñarán las diferentes partes constituyentes del sistema peletizador. Esto incluirá aspectos como el diseño del molino o trituradora para convertir el forraje en pellets, el diseño del sistema de transporte y almacenamiento de los pellets, así como cualquier otro componente necesario para el proceso. Se tendrán en cuenta las especificaciones técnicas y operativas identificadas en la fase II.

Fase V: Evaluación de la viabilidad económica, técnica operativa y ambiental del proyecto.

En esta última fase se da a conocer el presupuesto necesario para efectuar el proyecto, también se estudiará si es viable económicamente, es decir, se comparará el costo de la fabricación hecha en Venezuela contra las maquinas peletizadoras estandarizadas cuando son compradas internacionalmente. Se realizará un análisis financiero para determinar los costos de implementación y operación del sistema peletizador, así como los posibles beneficios económicos derivados de su uso. También se evaluarán aspectos técnicos como la eficiencia energética y la capacidad de producción. Por último, se realizará una evaluación ambiental para determinar el impacto del sistema peletizador en el medio ambiente y si cumple con las regulaciones ambientales aplicables, así mismo se verá si es viable llevarlo a cabo en condiciones de seguridad con la tecnología disponible en la empresa y si el resultado final no afecta negativamente el ambiente.

3.10 Cuadro de Operacionalización de Variables

De acuerdo a Arias (2016), “La operacionalización de variables se emplea en investigación científica para designar el proceso mediante el cual se transforma la variable de conceptos abstractos a términos concretos, observables y medibles, es decir, dimensiones e indicadores.” (p. 62).

De acuerdo a lo anterior se muestra el cuadro de operacionalización de variables.

Cuadro 3. Operacionalización de Variables

OBJETIVO ESPECÍFICO 1	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	FUENTE DE INFORMACIÓN
Diagnosticar la situación actual del almacenamiento de forraje en la granja ganadera “RONGRAT, C.A”	Características del proceso de almacenamiento de pasto en la empresa.	Condiciones para el proceso de almacenamiento de pasto.	Almacenamiento y Equipos	1,2,4	Entrevista Estructurada
			Tiempo y Volumen	3	
	Aprovechamiento de recursos	Recursos necesarios	Costos Suministros	4	
		Capacitación del personal	Efectividad	5	

Fuente: Triviño, E (2023).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En este capítulo se exponen los hallazgos y conclusiones derivadas del análisis de los datos, así como su relación con los objetivos planteados en la investigación. En relación a este último, Hernández R, (2014) plantea “el capítulo IV, resultados de un trabajo de investigación, trata sobre la presentación y análisis de los datos obtenidos a través de la metodología utilizada en la investigación” P. 30

4.1 Fase I: Diagnóstico de la situación actual del almacenamiento de forraje en la granja ganadera “RONGRAT, C.A”

La eficiencia en el proceso de almacenamiento de forraje es crucial para el éxito de una explotación ganadera. Por ello, se procede a abordar la Fase I del diseño del sistema peletizador de pasto, con este objetivo se llevaron a cabo numerosas visitas guiadas para observar las características actuales del proceso de recolección y almacenaje de pasto en la granja “RONGRAT, C.A” , y así se identificaron las posibles mejoras que pudieran implementarse en el proceso, por ello se realizan entrevistas a distintos expertos en el área, con el fin de obtener su opinión respecto al manejo de la problemática y así señalar las principales necesidades y desafíos que enfrenta la granja en este aspecto. Este diagnóstico nos permitió tener una visión clara y detallada de la situación actual, lo cual será fundamental para el desarrollo posterior del sistema peletizador.

Durante las visitas a la granja “RONGRAT, C.A”, se puede observar que el proceso de recolección de pasto se realiza mediante henolaje, henificado, o ensilaje lo cual presenta diversas problemáticas. En primer lugar, se destaca que estos métodos de recolección resultan en una pérdida significativa de nutrientes y calidad del pasto, ya que durante el proceso de secado y compactación se pierden importantes propiedades alimenticias para el ganado, ya que la calidad del forraje conservado en forma de heno nunca será superior al material que le dio origen. (ver figura 12).

Además, el proceso de henolaje o ensilaje requieren de una maquinaria costosa y especializada, así como un tiempo considerable para su ejecución. Esto puede resultar en un aumento en los costos de producción y una disminución en la eficiencia del proceso.



Figura 12. Diferencias de pasto en buen y mal estado.

Fuente: Triviño. E (2024)

Por otro lado, la utilización de maquinaria pesada para el método de almacenamiento actual puede causar daños al suelo y al pasto, afectando negativamente la productividad a largo plazo. En la Figura 13, se observan las diferentes maquinarias que son utilizadas durante el proceso almacenaje actual de pasto, y además aparte de estas, también se requieren tractores, cortahileradoras, roto enfardadoras, cizallas, entre otros.



Figura 13. Tractor con manipulador hidráulico y accesorio (enrolladora) para henificación.

Fuente. Empresa GoWeil (2023)

En efecto, se han observado grandes dificultades en el proceso debido a la gran cantidad de espacio que se requiere para almacenar las pacas de pasto, las cuales son muy voluminosas, ya que usualmente los rollos miden entre 1,55 m de ancho y 1,80 m de diámetro. (ver figura 14) Esta situación ha generado conflictos en la gestión del espacio disponible en la granja, así como en la logística de almacenamiento y distribución del pasto para alimentar al ganado.



Figura 14. Pacas de heno gigantes.

Fuente: Triviño E. (2024)

Frente a esta problemática, el diseño e implementación de un sistema peletizador de pasto podría ser una solución válida, ya que el mismo es capaz de proporcionar un aumento en la eficiencia y efectividad del proceso de recolección y almacenamiento del forraje en la granja. Este representa un avance tecnológico significativo en la industria agrícola y ganadera. Dicho sistema permitirá a los ganaderos optimizar el proceso de alimentación del ganado al convertir el pasto en pellets compactos y fáciles de almacenar, transportar y distribuir. Además, el uso de pellets de pasto puede mejorar la eficiencia en la alimentación del ganado al proporcionar una dieta balanceada y de alta calidad. Este avance tecnológico no solo beneficiará a los ganaderos al reducir costos y aumentar la productividad, sino que también contribuirá a la sostenibilidad ambiental al minimizar el desperdicio de alimentos y reducir la huella de carbono asociada con la producción ganadera.

En conclusión, el diseño de un sistema peletizador de pasto para la granja sería una solución innovadora y sostenible que mejora la gestión del forraje y garantiza una alimentación óptima para el ganado. Esta propuesta no solo resolvería los problemas actuales relacionados con el espacio y calidad del forraje, sino que también podrá reducir los costos operativos al eliminar la necesidad de maquinaria especializada para el henolaje. También contribuiría a aumentar la productividad y rentabilidad de la granja, al no requerir un proceso prolongado de secado y compactación, se reduciría el tiempo necesario para la recolección del pasto.

Como resultado de este análisis se procedió a la realización de las entrevistas a expertos en el sector agropecuario, para obtener su opinión en los diferentes aspectos que se relacionan con los requerimientos que debe cumplir y solventar la maquina peletizadora.

4.1.1 Entrevista estructurada

Cuadro 4. Respuestas a la pregunta N° 1 aplicada a expertos en el área agrícola y afines.

Pregunta N° 1: Desde su experiencia ¿Cuál es el método de almacenamiento de forraje que se está utilizando actualmente en la granja y que tipo de equipos o maquinaria se utiliza?		
Experto N° 1	Experto N° 2	Experto N° 3
Actualmente se está implementando el ensilado, o henolaje, enterrando y/o recubriendo el pasto con bolsas plásticas, comúnmente se alquilan máquinas como enfardadoras y encintadoras con Tractores.	Se está separando y almacenando el pasto en bolsas herméticas con forma de rollo, se utilizan muchos tipos de maquinaria pesada para realizar el proceso.	Se está utilizando máquinas de corte para sesgar el pasto y luego aglomerarlo en formas de pacas cuadradas o en rollos que pesan entre 40-100 kilos.

Fuente: Triviño, E (2023)

En esta primera pregunta, se pudo obtener información detallada sobre los métodos de almacenamiento de forraje que se utilizan actualmente en las granjas, esta información es crucial para comprender las limitaciones y necesidades actuales dentro de ese procedimiento, donde en efecto, el método de almacenamiento actual consiste en la creación de pacas o rollos tipo henificado, que requieren de múltiples maquinarias, amplia mano de obra, y se suele utilizar material contaminante como el plástico necesario para envolver y dar forma a los rollos.

La realización de estas entrevistas a sujetos expertos en el área ganadera y agrícola fue de vital importancia para la recolección de los datos necesarios para el posterior desarrollo del diseño, ya que proporcionan información valiosa sobre la situación actual en las granjas ganaderas y los desafíos que enfrentan los productores al almacenar el forraje. Además, permite obtener datos

concretos sobre el tiempo que se invierte en recolectar y almacenar el pasto, así como su uso en la granja.

Cuadro 5. Respuestas a la pregunta N° 2 aplicada a expertos en el área agrícola y afines.

Pregunta N° 2: Desde su óptica ¿Cuáles son los principales desafíos o dificultades que enfrentan actualmente los productores al almacenar el forraje?		
Experto N° 1	Experto N° 2	Experto N° 3
Los altos costos de la maquinaria y mano de obra, puesto que se usan máquinas que requieren expertos para su manejo.	El espacio que ocupan los rollos de pasto es considerable y para trasladar esos rollos a los potreros donde comen los animales se requiere mucha maquinaria de carga pesada y personal. Debido a su volumen, llegan a pesar de 50-200 kilos.	El volumen que ocupa el pasto o forraje, la mayoría de los productores no posee el espacio o infraestructura adecuado para poder salvaguardar el pasto necesario para la alimentación del ganado.

Fuente: Triviño, E (2023)

En relación a esta pregunta, las respuestas obtenidas permiten identificar los principales desafíos y dificultades que enfrentan los productores al almacenar el forraje, lo cual es fundamental para diseñar un sistema peletizador que pueda resolver estos problemas de manera efectiva, el principal inconveniente expresado es la cantidad de espacio necesario para almacenar el forraje, debido a él gran volumen que este ocupa, este último se traduce también en la dificultad que persiste cuando se requiere movilizar los rollos de pasto de un sitio a otro, debido a que alcanzan pesos entre de los cincuenta (50) y ciento cincuenta (150) kilos, además los altos costos de adquisición de la maquinaria y el equipo necesario para llevar a cabo la tarea de recolección y almacenamiento.

Cuadro 6. Respuestas a la pregunta N° 3 aplicada a expertos en el área agrícola y afines.

Pregunta N° 3: Desde su experiencia en el área agrícola ¿Cuánto tiempo les lleva recolectar y almacenar el pasto y que tanto se utiliza en la granja?		
Experto N° 1	Experto N° 2	Experto N° 3
Depende del tipo de pasto, y la mano de obra que se tenga al momento de realizar la recolección, también de los equipos disponibles	El tiempo varía según el tipo y la cantidad de pasto a almacenar, pero es una tarea que suele requerir de jornadas de trabajo largas y mucho personal para lograr almacenar la cantidad de forraje que requieren los animales para su alimentación.	Se suelen necesitar una cantidad variable de pasto según la época en la que se este y la cantidad de animales que se tengan, pero el volumen común necesario es entre 100-500 kilogramos de pasto diario.

Fuente: Triviño, E (2023)

Así, se obtuvieron los datos concretos sobre el tiempo invertido en recolectar y almacenar el pasto, así como la cantidad necesaria en la granja. Estos datos son esenciales para evaluar la eficiencia del sistema actual y determinar las posibles mejoras que se pueden implementar con el diseño del sistema peletizador, los expertos entrevistados coinciden que es una tarea que requiere de jornadas de trabajo completas que varían de 2 a 8 horas y que igualmente requieren de personal que maneje la maquinaria de corte y transporte, en cuanto a la cantidad, esta varía según el tipo de granja, pero para el caso de la granja ganadera “RONGRAT, C.A” los expertos infieren que se requerirían un estimado entre 50 kilogramos a 300 kilogramos para satisfacer las necesidades de los animales.

Cuadro 7. Respuestas a la pregunta N° 4 aplicada a expertos en el área agrícola y afines.

Pregunta N° 4: En su opinión ¿De qué manera manejan la pérdidas de forraje debido a problemas de almacenamiento?, y ¿Qué medidas toman para evitar la contaminación o deterioro del forraje durante el almacenamiento?		
Experto N° 1	Experto N° 2	Experto N° 3
El forraje almacenado es un tema recurrente en la granja, debido a que si este no se hace adecuadamente el pasto se pudre y se pierde esa fuente de alimentación, entonces se recurren a alimentos comerciales.	Normalmente el pasto ya trabajado se deja al aire libre, ya que no se cuenta con el espacio para almacenar toda la cantidad, pero así se corre el riesgo de que le entre humedad al producto y también que este se pierda por las inclemencias del clima, como incendios y otros, obligando a los ganaderos a repetir todo el proceso de recolecta.	Si se presenta la pérdida de pasto almacenado, se recurre al pastoreo o compra de alimento comercial, en ambos casos se observa un incremento del tiempo necesario para llevar a cabo la tarea de alimentación de los animales.

Fuente: Triviño, E (2023)

Por otro lado, sobre el manejo de pérdidas de forraje debido a problemas de almacenamiento, se obtuvieron respuestas que destacan la importancia de contar con instalaciones adecuadas para el almacenamiento, así como la implementación de medidas preventivas como el uso de sellado hermético y control de humedad para evitar la contaminación o deterioro del forraje, pero como se evidencia en las respuestas de los expertos, esta es una problemática recurrente en el ámbito ganadero, ya que generalmente no se cuenta con la cantidad de espacio necesario para almacenar la cantidad de forraje obtenido usando las técnicas actuales, lo que resulta muchas veces en que este forraje recolectado se pierda debido a su deterioro por las inclemencias del clima, bien sea por pérdidas debido a que se humedezca el pasto recolectado debido a precipitaciones o por el contrario, como el pasto es un material seco, se corre el riesgo de incendio del mismo, y entonces se deba recurrir a realizar la recolecta nuevamente o los ganaderos afectados deben comprar

alimentos comerciales, elevando así los costos internos de producción y disminuyendo las ganancias obtenidas para la empresa.

Cuadro 8. Respuestas a la pregunta N° 5 aplicada a expertos en el área agrícola y afines.

Pregunta N° 5: En su opinión, ¿cuáles serían los beneficios potenciales del uso de un sistema peletizador en comparación con el método actual de almacenamiento de forraje?		
Experto N° 1	Experto N° 2	Experto N° 3
Sería una herramienta valiosa para la granja ya que nos permitiría aglomerar en una capsula todos los nutrientes que se están cosechando en el campo.	Este tipo de maquinaria ayudaría a que el pasto se almacene en forma de pellet, lo que ocuparía menos espacio y concentraría los nutrientes necesarios.	Se aumenta el tiempo de conservación del alimento, y así su vida útil, al no estar expuesto al clima, evitando la perdida de pasto por humedad o contaminación.

Fuente: Triviño, E (2023)

Sobre los beneficios potenciales del uso de un sistema peletizador en comparación con el método actual de almacenamiento, se destacaron posibles ventajas como la reducción de pérdidas por deterioro o contaminación de la materia prima, mayor facilidad en el manejo y transporte del forraje peletizado, así como una mayor durabilidad del producto, también los expertos coinciden en que un sistema peletizador sería una herramienta valiosa para la granja ya que les permitiría aglomerar en una capsula todos los nutrientes que se están cosechando en el campo.

Ahora bien, con la información recolectada de las entrevistas realizadas a expertos del área agrícola como lo son los Ingenieros agrónomos o Médicos veterinarios, entre otros, se han obtenido datos importantes sobre el proceso de recolección del pasto que eventualmente se utiliza para alimentar el ganado en la granja, los datos que fueron esenciales para el desarrollo del diseño del sistema peletizador, son principalmente la cantidad diaria de pasto que es requerida, que oscila entre 100 y 500 kilogramos diarios, junto con los pasos que se siguen para realizar la recolección actualmente, así mismo, se identificaron la cantidad y el tipo de material que se utiliza durante el mismo. También se evidencio la cantidad de mano de obra y el tipo de maquinaria agrícola de

carga y volumen pesado que son necesarios para realizar la actividad de recolección y de almacenamiento de pasto, de ahí que con estos datos se procedió con el diseño del sistema peletizador que sea capaz de abarcar estas necesidades y sus requerimiento técnicos y operativos.

Finalmente, las respuestas obtenidas durante las entrevistas resaltan la importancia de implementar medidas adecuadas para evitar pérdidas y contaminación del forraje durante el almacenamiento, así como los potenciales beneficios que podría ofrecer un sistema peletizador en comparación con los métodos actuales. Esta información será crucial para fundamentar la necesidad y viabilidad del diseño del sistema peletizador propuesto y así diseñar un peletizador eficiente que pueda satisfacer las necesidades reales de los productores ganaderos.

Luego, con el fin de sustentar la propuesta de diseño de un sistema peletizador y también los datos obtenidos de las entrevistas estructuradas, se procedió a realizar una revisión documental y bibliográfica, donde los documentos estudiados proporcionaron información relevante para el diseño, implementación y operación del sistema peletizador de pasto, por ello esta revisión documental podrá garantizar la eficiencia del sistema y su cumplimiento con las normativas vigentes.

Igualmente, esta extenua tarea sirvió para identificar los diferentes tipos de sistemas peletizadores disponibles en el mercado y analizar sus ventajas y desventajas para poder diseñar un sistema óptimo para la granja ganadera. Además, se examinaron estudios previos sobre la peletización de alimento animal y su impacto en la nutrición del ganado, también se realizó una investigación en las normativas y regulaciones relacionadas con la producción de alimentos para animales, incluyendo los requisitos de calidad y seguridad alimentaria que debería cumplir el pasto peletizado. Por otra parte, se analizaron casos de éxito de granjas que han implementado sistemas peletizadores, identificando las mejores prácticas y lecciones aprendidas que podrían ser aplicadas en el diseño en cuestión. Entre estos documentos estudiados están:

- Manuales de diseño de maquinaria agrícola.
- Manuales de operación y mantenimiento de peletizadoras.
- Documentos técnicos sobre el proceso de peletización.
- Normativas y regulaciones relacionadas con la producción y uso de pellets en la ganadería.
- Manuales de buenas prácticas agrícolas para la producción y manejo del pasto.
- Informes técnicos sobre la eficiencia y beneficios del uso de pellets en la alimentación animal.

- Guías de diseño y construcción de instalaciones para la producción en granjas ganaderas.

4.2 Fase II: Análisis de los requerimientos técnicos y operativos que debe cumplir el diseño para su correcto funcionamiento.

En esta fase del desarrollo de la investigación, se abordó el análisis de los requerimientos técnicos y operativos que debe cumplir el diseño del sistema peletizador de pasto para la granja ganadera. Para ello, se utilizaron técnicas de análisis de datos como el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto y los 5 por qué, el objetivo principal es identificar y comprender las necesidades y especificaciones que deben ser consideradas para garantizar el correcto funcionamiento del sistema. El uso combinado de las diferentes técnicas permitió obtener una visión integral sobre las necesidades específicas del sistema, lo cual fue fundamental para garantizar su correcto funcionamiento.

4.2.1 Diagrama de Ishikawa

La realización de un diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto, es una herramienta fundamental en la identificación y análisis de las diferentes causas que pueden estar afectando un proceso o problema en particular, se puede señalar que en este caso específico, este fue utilizado para identificar los posibles efectos que afectan el funcionamiento del sistema peletizador, así mismo, este análisis permitió visualizar las diferentes variables que pueden influir en su desempeño y establecer relaciones entre ellas, también fue útil para identificar las diversas causas que pueden estar afectando el procesamiento del pasto en granjas que utilizan otros medios de almacenamiento.

De acuerdo con esto, la realización del diagrama de Ishikawa proporciona varias relaciones importantes, ya que permite involucrar a toda una gama de categorías que se relacionan entre sí durante el proceso de almacenaje de pasto en la granja ganadera “RONGRAT, C.A” logrando plasmar los datos que llevarán a la priorización y selección de las acciones a tomar para resolver el problema.

A continuación, en la Figura 15, se deja plasmado la construcción del Diagrama de Ishikawa, donde podrán verse todos los procesos y factores (causas y efectos) involucrados en la recolección y almacenamiento de pasto.

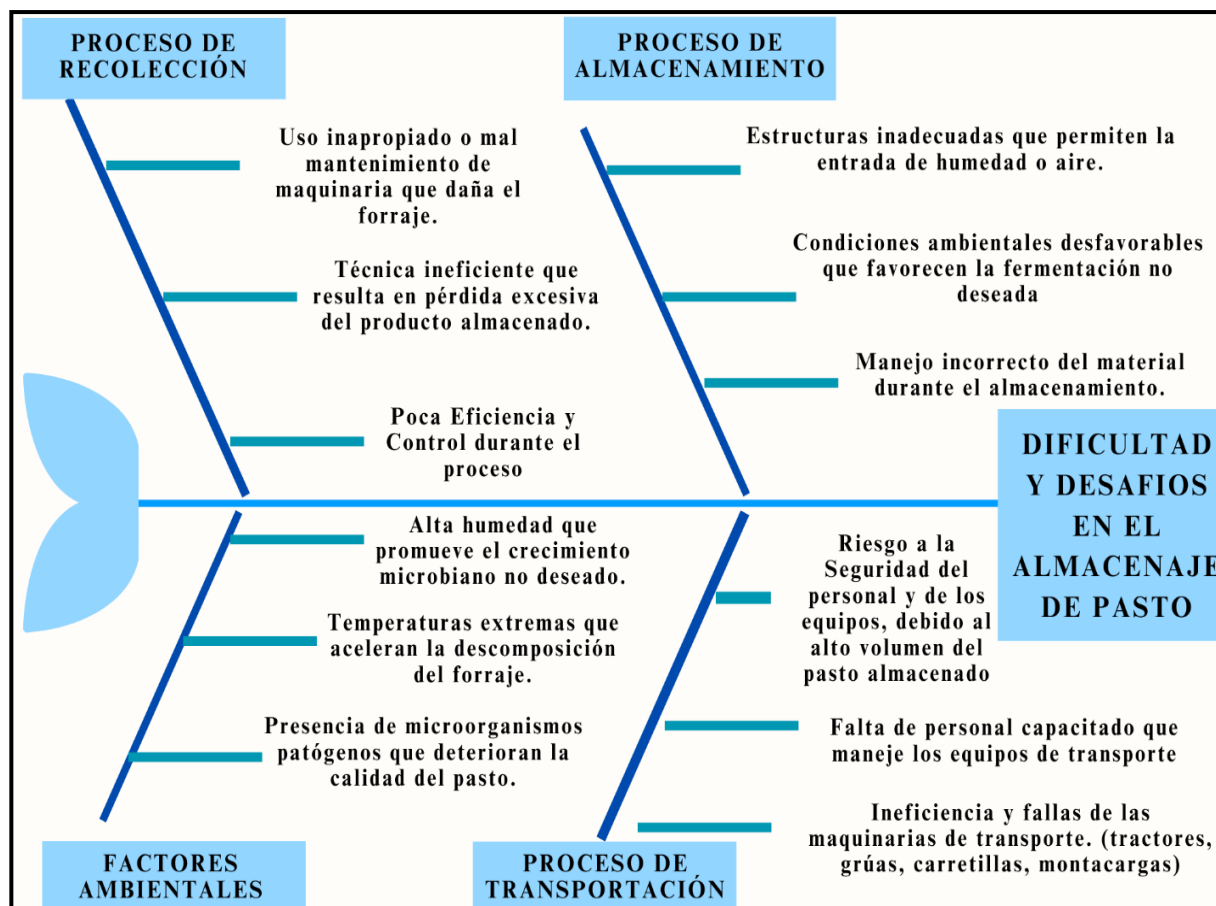


Figura 15. Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa)

Fuente: Triviño, E (2023)

La realización del diagrama de Ishikawa para identificar las posibles causas de los diferentes problemas o dificultades en el proceso de recolección y almacenamiento de pasto en la granja ganadera nos permitió tener una visión más clara y detallada de los factores que están afectando la calidad del forraje almacenado. Al desglosar las categorías y posibles causas, podemos identificar los puntos críticos en los que se deben enfocar los esfuerzos para mejorar el sistema actual.

Al tener esta información detallada, se pueden implementar soluciones específicas para cada una de las causas identificadas, lo que conllevó a una mejora significativa en la calidad del pasto utilizado como alimento para el ganado. Además, al conocer las posibles causas, se pueden tomar medidas preventivas para evitar que se repitan estos problemas en el futuro, al desarrollar la propuesta de diseño de un sistema peletizador que logre erradicar la mayoría de estos efectos negativos durante el proceso de almacenaje de forraje.

El diseño de un sistema peletizador de pasto como solución al problema identificado evidencia varias ventajas y beneficios. En primer lugar, el peletizado permite un mejor manejo y almacenamiento del forraje, reduciendo las pérdidas por fermentación no deseada o deterioro por factores ambientales. Además, al peletizar el pasto, se facilita su transporte y distribución, lo cual puede resultar en ahorros logísticos significativos.

Por otro lado, al mejorar la calidad del forraje utilizado como alimento para el ganado, se puede esperar un impacto positivo en la salud y productividad de los animales. Esto a su vez puede traducirse en beneficios económicos para la granja ganadera.

4.2.2 Diagrama de Pareto

La técnica de Pareto, también conocida como el diagrama de Pareto, es una herramienta de gestión que se utiliza para identificar y priorizar los problemas o causas que tienen el mayor impacto en un resultado específico. Esta técnica se basa en el principio de Pareto, que establece que aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas. El diagrama de Pareto actúa al recopilar datos sobre los problemas o causas y luego representarlos en un gráfico de barras, ordenados de mayor a menor importancia. Esto permite visualizar claramente cuáles son los problemas o causas más significativos y cuáles tienen un impacto menor. A partir de esta información, se pueden tomar decisiones informadas sobre cómo abordar los problemas prioritarios para lograr mejoras significativas en el resultado deseado.

En definitiva, el diagrama de Pareto será empleado para determinar cuáles son los requerimientos más críticos o prioritarios a considerar en el diseño del sistema. Esta técnica permitirá identificar aquellos aspectos que tienen un mayor impacto en el funcionamiento general del sistema, lo cual será crucial para la toma de decisiones durante la etapa de diseño.

En la figura 16, se estudia el diagrama de Pareto obtenido de los datos proporcionados por los testigos clave, trabajadores de la granja “RONGRAT. C.A” quienes están involucrados con los diferentes procesos y factores relacionados con la recolección y almacenamiento de pasto. Estos sustentan el origen y la cantidad de incidentes concernientes a dichos procesos en un tiempo determinado.

Cuadro. 9 Causas y Efectos del Diagrama de Pareto, con datos de incidentes recolectados en el periodo de enero a octubre año 2023

Causas y Frecuencias en el periodo Enero - Octubre 2023			
Categoría del Incidente	Cantidad de Influencia	Frecuencia	Frecuencia Acumulada
1. Proceso de Recolección	55	39.28%	39.28%
2. Proceso de Almacenamiento	40	28.57%	67.85%
3. Proceso de Transportación	35	25%	92.85%
4. Factores Ambientales	10	7.14%	100%
TOTAL DE INCIDENTES	140	100%	

Fuente: Triviño E. (2024)

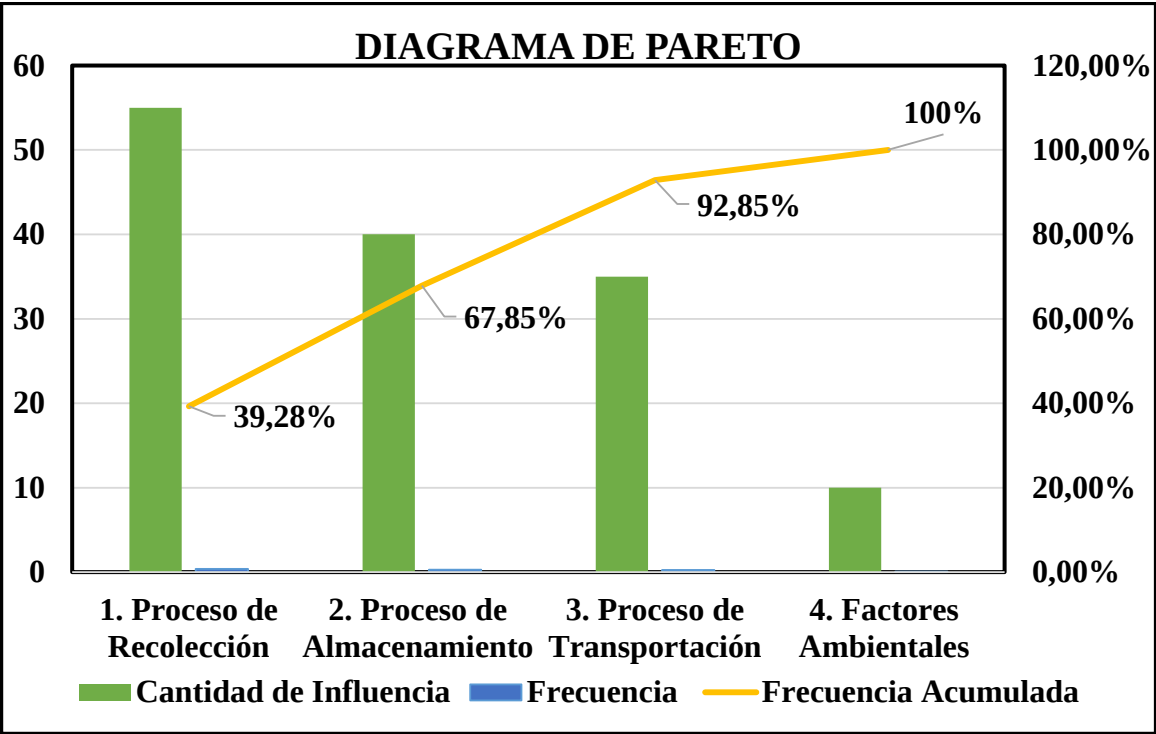


Figura 16. Diagrama de Pareto
Fuente: Triviño E. (2024)

El diagrama de Pareto ha evidenciado que los efectos más relevantes provienen de la causa principal que es el proceso de recolección, donde interactúan varios puntos cruciales para un almacenamiento satisfactorio y eficiente del pasto, como lo son: el uso inapropiado o mal

mantenimiento de maquinaria que daña el forraje o afecta directamente la eficacia del proceso actual, en esta misma categoría se destaca la técnica ineficiente que resulta en pérdida excesiva del producto almacenado, y también el poco control que se tiene sobre el desarrollo del proceso.

4.2.3 Los 5 ¿Por Qué?

Finalmente, los 5 por qué fueron utilizados para indagar a fondo sobre las causas subyacentes que podrían estar afectando el cumplimiento de los requerimientos técnicos y operativos. Esta técnica ayudo a profundizar en la comprensión de las necesidades reales del sistema peletizador, así como a identificar posibles soluciones o mejoras que puedan ser implementadas.

Cuadro 10. Técnica de los 5 ¿Por qué?

Dificultad para procesar y almacenar grandes cantidades de pasto en una granja ganadera de manera eficiente.				
1. ¿Por qué es difícil procesar y almacenar grandes cantidades de pasto en una granja ganadera?	2. ¿Por qué el pasto no se puede compactar fácilmente para su almacenamiento?	3. ¿Por qué no se cuenta con un sistema que permita compactar el pasto de manera eficiente?	4. ¿Por qué no se ha diseñado un sistema específico para esta tarea en la granja ganadera?	5. ¿Por qué no se ha identificado previamente la necesidad de contar con un sistema peletizador para el pasto?
RESPUESTAS				
Porque el pasto no se puede compactar fácilmente para su almacenamiento.	Porque no se cuenta con un sistema de procesamiento que permita compactarlo de manera eficiente.	Porque no se ha diseñado un sistema específico para esta tarea en la granja ganadera.	Porque no se ha identificado previamente la necesidad de contar con un sistema peletizador para el pasto.	Por falta de conocimiento sobre las ventajas que podría ofrecer un sistema peletizador en la granja ganadera.

Fuente: Triviño E. (2024)

De hecho, los resultados obtenidos mediante la aplicación de la técnica de los 5 Porqués permitieron identificar una serie de problemas y limitaciones en el sistema actual de procesamiento y almacenamiento de pasto en una explotación ganadera. En primer lugar, es innegable que la dificultad para procesar y almacenar grandes cantidades de pasto radica en la falta de capacidad para compactarlo de forma eficiente. Esta limitación se debe a la falta de un sistema específico que permita realizar esta tarea de forma adecuada. Así mismo, esta situación también muestra una falta de planificación y anticipación por parte de los responsables de la operación respecto de las necesidades y requerimientos del proceso productivo.

Por otro lado, se destaca que la falta de un diseño previo del sistema de peletización se debe a que aún no se ha reconocido la necesidad de este tipo de tecnología en la ganadería. Esta falta de reconocimiento de las ventajas y beneficios que podría proporcionar un sistema de peletización en el proceso de producción de pastos refleja una falta de conocimiento por parte del personal involucrado en el manejo agrícola. Con este fin, el diseño de una planta peletizadora de pasto ofrece numerosos beneficios que pueden mejorar significativamente la eficiencia y productividad de la operación. Estos beneficios incluyen, entre otros:

- **Mayor facilidad de procesamiento y almacenamiento:** Con un sistema de peletización se puede compactar el pasto de manera eficiente, facilitando su manipulación, transporte y almacenamiento en la explotación o granja ganadera.
- **Reducción de desperdicio:** Al compactar el pasto en forma de pellets, se reduce la posibilidad de desperdiciar alimento, ya que se evita que se deteriore o se contamine durante el almacenamiento.
- **Calidad nutricional mejorada:** Los pellets de pasto pueden ser formulados con aditivos y nutrientes adicionales para mejorar su calidad nutricional, lo que puede resultar en una mejor alimentación para el ganado.
- **Ahorro de espacio:** Al compactar el pasto en forma de pellets, se reduce significativamente el espacio necesario para su almacenamiento, lo que puede ser especialmente beneficioso en explotaciones o granjas ganaderas con espacio limitado.
- **Mayor rentabilidad:** implementar un sistema peletizador puede resultar en una mayor rentabilidad para la granja ganadera, ya que permite aprovechar al máximo los recursos disponibles y optimizar los procesos de alimentación del ganado.

Finalmente, se evidencia que la falta de un sistema peletizador específico para el pasto en la empresa “RONGRAT, C.A” hasta ahora ha sido un factor limitante en su gestión productiva, Sin embargo, al identificar esta necesidad y diseñar un sistema adecuado, se abre la posibilidad de mejorar significativamente las operaciones en la granja ganadera, ya que el diseño e implementación de un sistema peletizador de pasto ofrecerá una serie de beneficios que pueden tener un impacto significativo en la eficiencia y productividad del negocio. Es importante reconocer la importancia de identificar las necesidades específicas del sector agrícola y buscar soluciones tecnológicas innovadoras para mejorar las prácticas existentes.

4.3 Fase III: Selección de los materiales y equipos necesarios para el diseño.

En esta parte de la realización del proyecto se utilizó la metodología Vílchez, diseñada por el Ing. Nelson Vílchez de la Universidad de Carabobo, en su texto publicado “Estrategias Creativas en el Diseño Mecánico” (2016) para tal efecto, esta fue la herramienta que se aplicó para elegir la mejor solución entre tantas opciones disponibles, como resultado se evaluarán diferentes opciones en función de su disponibilidad en el mercado actual, costo, características de durabilidad como la resistencia a la corrosión y compatibilidad con el proceso de peletización, también se consideraron aspectos como la seguridad laboral y ambiental al elegir los materiales y las especificaciones de diseño.

4.3.1 Definición de las Probables Soluciones

A continuación, se evidencian los resultados de la aplicación del método de Vílchez, con el objetivo de avanzar hacia el siguiente aspecto del proceso de diseño de un sistema peletizador que se adecúe a las necesidades y requerimientos expuestos en la Fase I y Fase II que fueron presentadas en apartados anteriores.

Este método compara las posibles soluciones en relación con las limitaciones del proyecto; Sólo las posibles soluciones que respeten todas las restricciones impuestas podrán transformarse en soluciones concretas al problema. Las soluciones probables (PS_N) son:

- **PS_1 : Peletizadoras de rodillos: de peletización por prensado.**

Este tipo de peletizador utiliza rodillos para comprimir el material en forma de pellets. Los peletizadores de rodillo funcionan mediante la compactación del material entre dos rodillos

que giran en direcciones opuestas. A medida que el material es comprimido toma la forma de pellets.

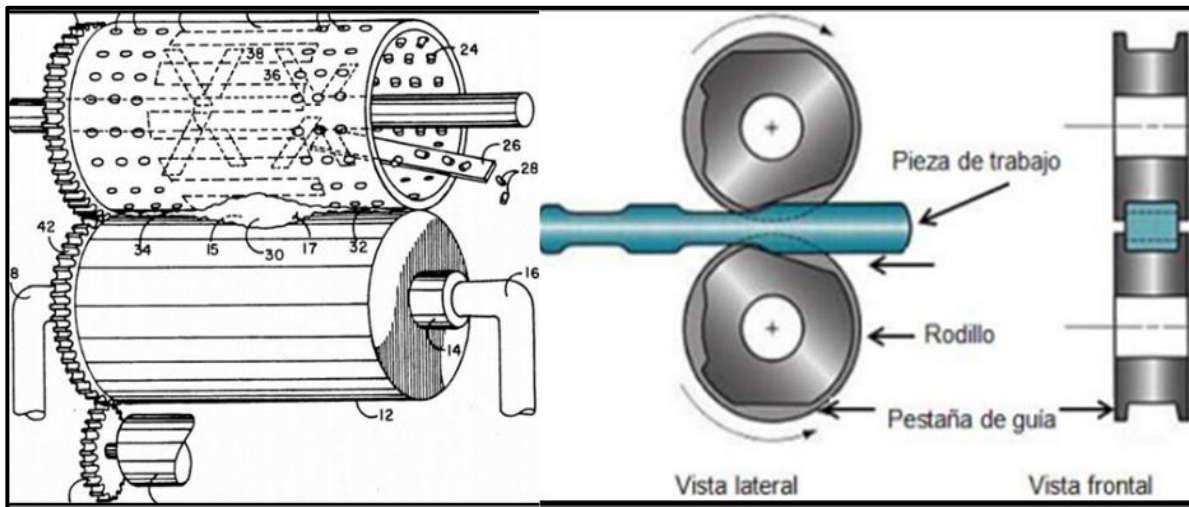


Figura 17. Peletizadoras de rodillos: de peletización por prensado.

Fuente: Triviño E. (2024)

- **PS₂: Peletizadora de matriz plana con tornillo sin fin: de peletización por prensado.**

Este tipo de peletizadora utiliza una matriz plana horizontal (alimentación horizontal) con agujeros que comprime y forma los pellets a medida que el material es empujado a través de ella mediante un tornillo sin fin. Dentro de la matriz, el material es comprimido y forzado a través de los agujeros, formando así los pellets. Estos pellets son luego cortados a la longitud deseada y expulsados por la parte inferior o lateral de la máquina. Para este caso se evaluó con expulsión lateral.

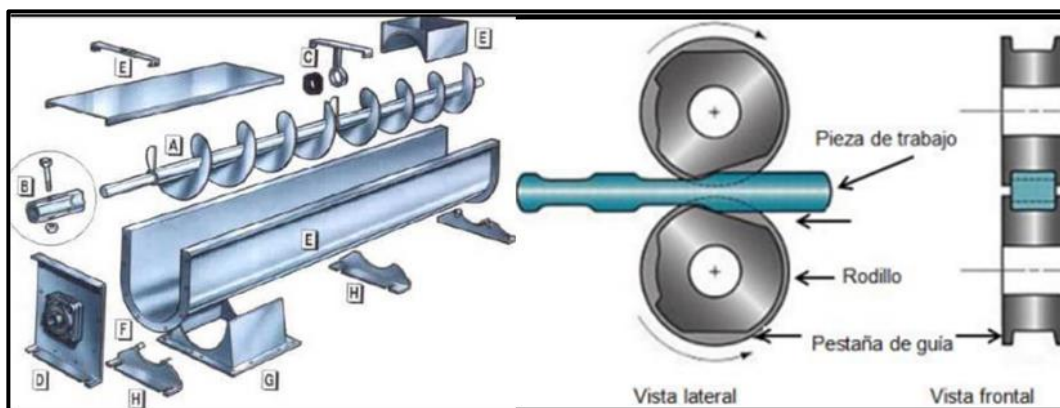


Figura 18. Peletizadora de matriz plana: de peletización por prensado.

Fuente: Triviño E. (2024)

- **PS₃: Peletizadoras de matriz vertical: de peletización por extrusión.**

Estos peletizadores utilizan una matriz vertical para comprimir el material en forma de pellets. El material se introduce en la parte superior en la tolva del peletizador, donde es comprimido por rodillos giratorios que empuja el material a través de una matriz vertical con agujeros de diferentes tamaños.

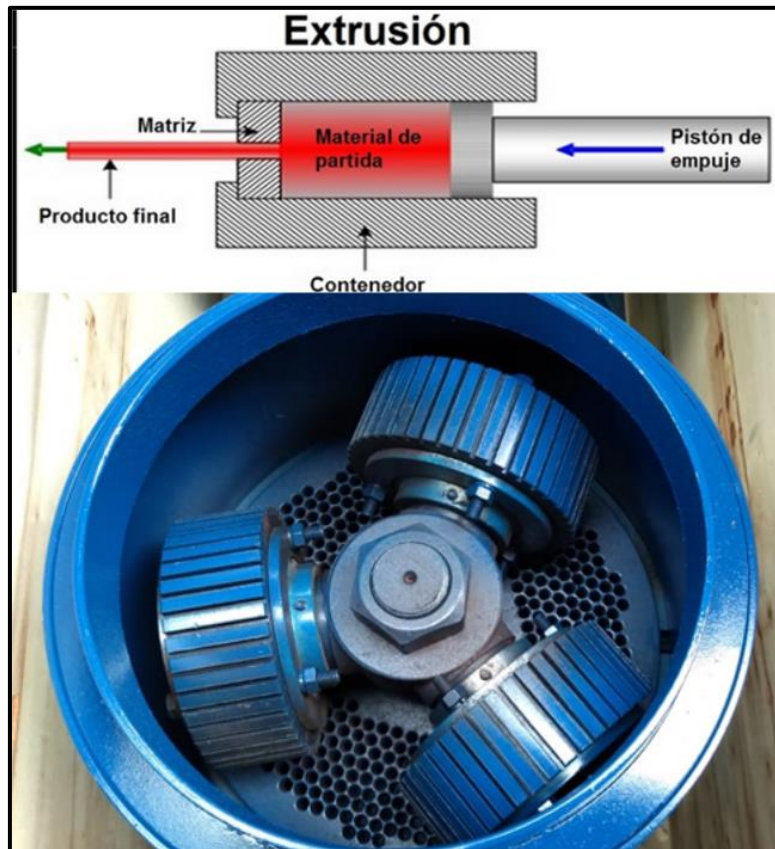


Figura 19. Peletizadoras de matriz vertical: de peletización por extrusión.
Fuente: Triviño E. (2024)

- **PS₄: Peletizadoras de matriz anular: de peletización por extrusión.**

Esta posible solución consiste en comprimir y moldear el material en forma de pellets a través de una matriz con agujeros en forma de anillo. Los peletizadores de matriz anular funcionan mediante la compresión del material a través de una matriz circular con agujeros en el centro, donde el material es empujado hacia afuera a través de los agujeros por un rodillo giratorio.

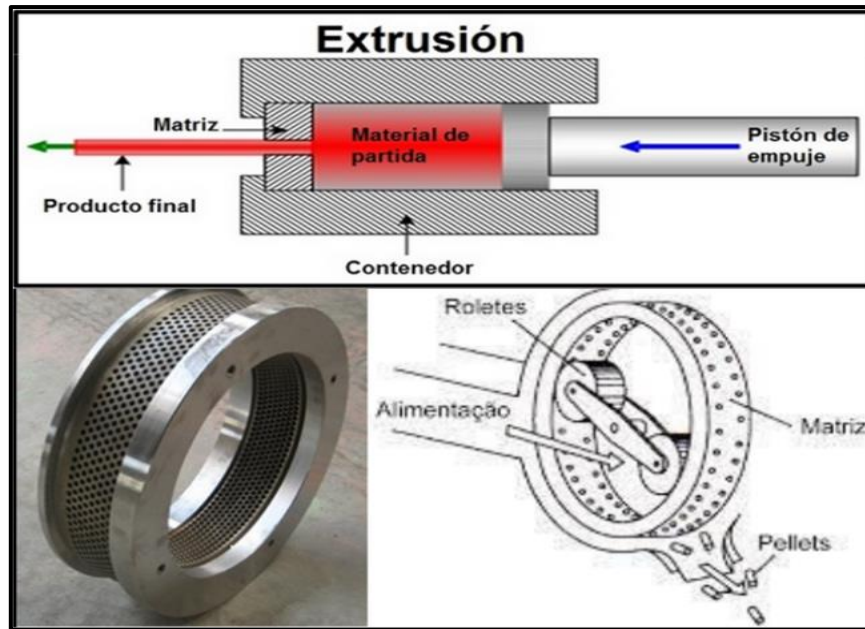


Figura 20. Peletizadoras de matriz anular: de peletización por extrusión.
Fuente: Triviño E. (2024)

A continuación, se definen las restricciones que deben cumplir las posibles soluciones para convertirse en soluciones y ser evaluadas en la siguiente fase del método.

4.3.2 Aplicación de las Restricciones a las Probables Soluciones

Las Restricciones a aplicar (R_N) serán:

- **R_1 : Capacidad de limpieza.**

El sistema peletizador será alimentado con pasto o forraje, el cual es una materia prima orgánica por lo que cualquier residuo que quede en la maquina seguirá su proceso de descomposición, entonces, se debe considerar si el sistema sería capaz mediante un proceso sencillo de limpieza de eliminar impurezas, polvo y otros contaminantes que puedan afectar la calidad de los pellets producidos, y de la calidad y durabilidad de los componentes de la máquina.

- **R_2 : Ajuste y control.**

Esto se refiere a la facilidad o capacidad de ajuste que se puede hacer al sistema para adaptarlo al procesamiento de varios tipos de materias primas y tamaños de pellet. Además, es importante evaluar la precisión y estabilidad del control del proceso de compactación (peletizado) para garantizar una calidad uniforme de los pellets producidos, así como su adaptabilidad a diferentes condiciones y necesidades de la granja ganadera.

- **R₃: Capacidad de peletizar materias primas blandas.**

Es importante evaluar si el sistema de peletización es capaz de procesar eficientemente materias primas blandas como el pasto sin que cause obstáculos o problemas durante el proceso de peletización. También se debe tener en cuenta si el sistema tiene las propiedades necesarias para garantizar una compactación suficiente de las materias primas blandas.

- **R₄: Durabilidad y Resistencia.**

Se debe evaluar la resistencia y durabilidad de los materiales y componentes utilizados en el diseño del peletizador, junto con su capacidad para soportar condiciones adversas como altas temperaturas, humedad o desgaste por uso continuo. Para poder garantizar que el sistema sea capaz de operar de manera eficiente durante los periodos de tiempo necesarios.

- **R₅: Confiabilidad funcional.**

Es esencial evaluar la confiabilidad del sistema en términos de su capacidad para operar de manera continua y sin interrupciones. En este apartado se pretende considerar aspectos como la frecuencia de mantenimiento requerida, la disponibilidad de repuestos y la seguridad del operario durante el funcionamiento del mismo.

Cuadro 11. Aplicación de las Restricciones a las posibles soluciones.

Restricciones	Posibles Soluciones				
		PS 1	PS 2	PS 3	PS 4
	R1	SI	SI	SI	SI
	R2	SI	SI	SI	SI
	R3	SI	SI	SI	NO
	R4	SI	SI	SI	
	R5	SI	SI	SI	

Fuente: Triviño, E. (2024)

Ahora bien, las posibles soluciones **PS₁**: Peletizadoras de rodillos: de peletización por prensado. **PS₂**: Peletizadora de matriz plana con tornillo sin fin: de peletización por prensado. Y **PS₃**: Peletizadoras de matriz vertical: de peletización por extrusión. Pasaron a ser Soluciones para ser evaluadas con los criterios de diseño, mientras que la Posible Solución 4 se descartó ya que no cumple con la restricción de ser óptima para peletizar materias primas blandas, lo cual es indispensable para el modelo de peletizado, ya que el pasto es característicamente blando en comparación a otras materias primas.

4.3.3 Ponderación y aplicación de los criterios a las Soluciones

Ahora bien, para realizar la selección del tipo de peletizador a diseñar se van a utilizar una serie de criterios para poder dar relevancia a los aspectos que destacan del funcionamiento de estos, estos criterios se toman en cuenta por medio de una escala numérica donde se le asigna un valor a cada criterio y se comparan los unos con los otros para así poder encontrar los criterios más importantes a tener en cuenta en la selección del sistema. En relación a esto, se plantearon seis criterios, a los cuales se les asigna una ponderación para cada uno, tomando una escala del uno (1) al seis (6), y aunque todos los criterios son importantes, se considera el criterio de mayor importancia aquel cuyo valor numérico dentro de la escala sea el mayor, luego, a partir de este, la relevancia del resto de criterios es asignada de manera decreciente. Los criterios escogidos (Cn) y sus ponderaciones (PC)n serán:

- **Capacidad de compresión (Criterio 1).**

Es importante valorar la capacidad de compresión del sistema peletizador para asegurar que el diseño de sus componentes pueda compactar eficientemente el pasto en pellets de alta calidad. Una mayor capacidad de compresión para este tipo de materia prima garantizará una producción más eficiente y un producto final de mejor calidad.

- **Operación y Mantenibilidad (Criterio 2).**

Será fundamental evaluar la facilidad de uso y mantenimiento del sistema para asegurar su operatividad a largo plazo. En el aspecto de facilidad de operación se busca garantizar que la manipulación de la máquina sea intuitiva y fácil de aprender para los operarios, por medio de una capacitación simple, así como también se evalúa que el sistema no requiera mantenimientos complicados o frecuentes. En definitiva se desea asegurar que el diseño del sistema sea eficiente en términos de uso y mantenimiento, con el objetivo de optimizar su funcionamiento y prolongar su vida útil en la granja ganadera. En virtud de esto, un diseño intuitivo y fácil de mantener reducirá los tiempos de inactividad y los costos asociados con el mantenimiento.

- **Adquisición de repuestos (Criterio 3).**

Es esencial estimar la disponibilidad y costo de los repuestos necesarios para el sistema peletizador. Una fácil adquisición de repuestos garantizará una rápida reparación en caso de averías, evitando largos tiempos de inactividad.

- **Costo de fabricación (Criterio 4).**

Un diseño eficiente cuyo conjunto de piezas minimice los costos de fabricación permitirá ofrecer un producto competitivo en el mercado.

- **Robustez de diseño (Criterio 5).**

La construcción o diseño robusto del sistema de peletización es importante para asegurar su durabilidad y resistencia a condiciones adversas. Un diseño robusto permite que el equipo dure mucho tiempo y reduce los costos asociados con el reemplazo frecuente.

- **Capacidad de transportación (Criterio 6).**

Evaluar la posibilidad de transporte del sistema de peletización podría asegurar su movilidad dentro de la granja. Un diseño que facilite su transporte entre diferentes zonas agrícolas aumentará la eficiencia operativa y facilitará su uso en diversas áreas de producción en la explotación ganadera.

Como se mencionó anteriormente, se escoge una ponderación en una escala del seis (6) al uno (1), ya que se evaluarán seis criterios de diseño, luego, se considera el criterio de mayor importancia aquel cuyo valor numérico dentro de la escala sea el mayor y aunque todos los criterios son importantes, a partir del valor numérico mayor, la relevancia del resto de criterios es asignada de manera decreciente.

Cuadro 12. Clasificación y ponderación de criterios.

Nombre	Criterio	Ponderación (PC) _x
C 1	Capacidad de compresión.	6
C 2	Facilidad de operación y <u>Mantenibilidad</u> .	5
C 3	Adquisición de repuestos.	4
C 4	Costo de fabricación.	3
C 5	Robustez de diseño	2
C 6	Capacidad de transportación.	1

Fuente: Triviño E. (2024)

La comprobación lógica de estas ponderaciones se muestra en el siguiente cuadro, donde se visualiza un orden de importancia entre todos los criterios expuestos.

Cuadro 13. Comprobación Lógica de los Criterios

Criterios	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Nº de veces	Ponderación del Criterio (PC) x
C1							5	6
C2	C1						4	5
C3	C1	C2					3	4
C4	C1	C2	C3				2	3
C5	C1	C2	C3	C4			1	2
C6	C1	C2	C3	C4	C5		0	1
Orden de Importancia	1 ero	2 do	3 ro	4 to	5 to	6 to		

Fuente: Triviño E. (2024)

4.3.4 Ponderación de Soluciones Respecto a Cada Criterio

En este apartado se relacionan los apartados anteriores para así poder obtener valores numéricos para cada solución. De acuerdo a la sección 4.3.2 las soluciones (Sn) serán:

- **Solución 1 (S1):** Peletizadoras de rodillos: de peletización por prensado.
- **Solución 2 (S2):** Peletizadora de matriz plana con tornillo sin fin: de peletización por prensado.
- **Solución 3 (S3):** Peletizadoras de matriz vertical: de peletización por extrusión.

La ponderación que tendrá cada solución respecto a cada criterio (Ppk) se mostrara en los cuadros del 12 al 19 donde se aplica un procedimiento similar al visto en la sección anterior.

Cuadro 14. Soluciones con respecto al Criterio 1: Capacidad de compresión.

soluciones con respecto al criterio 1					
C1	S1	S2	S3	Nº de Veces	Px1 = N
S1				0	P11 = 1
S2	S2			1	P21 = 2
S3	S3	S3		2	P31 = 3
Orden	3 ero	2 do	1 ero		

Fuente: Triviño, E. (2024)

Se puede observar en el cuadro anterior que, en función del criterio evaluado, la solución que mejor cumple con el mismo es la solución 3.

Cuadro 15. Soluciones con respecto al Criterio 2: Facilidad de operación y Mantenibilidad.

soluciones con respecto al criterio 2					
C2	S1	S2	S3	Nº de Veces	Px2 = N
S1				1	P12 = 2
S2	S1			0	P22 = 1
S3	S3	S3		2	P32 = 3
Orden	2 do	3 ero	1 ero		

Fuente: Triviño, E. (2024)

De acuerdo con los datos presentados en el cuadro, se puede concluir que la solución 3 es la que mejor se ajusta al criterio evaluado. Por ello se procede con la evaluación de las soluciones con respecto al siguiente criterio.

Cuadro 16. Soluciones con respecto al Criterio 3: Adquisición de repuestos.

soluciones con respecto al criterio 3					
C3	S1	S2	S3	Nº de Veces	Px3 = N
S1				0	P13 = 1
S2	S2			1	P23 = 2
S3	S3	S3		2	P33 = 3
Orden	3 ero	2 do	1 ero		

Fuente: Triviño, E. (2024)

Luego, de los datos presentados en el cuadro 16, se pudo observar en los resultados, que la solución que mejor se adapta al criterio en estudio es la solución 3.

Cuadro 17. Soluciones con respecto al criterio 4: Costo de fabricación.

soluciones con respecto al criterio 4					
C4	S1	S2	S3	Nº de Veces	Px4 = N
S1				0	P14 = 1
S2	S2			2	P24 = 3
S3	S3	S2		1	P34 = 2
Orden	3 ero	1 ero	2 do		

Fuente: Triviño, E. (2024)

Con los resultados plasmados en el cuadro anterior, es evidente que la solución 2, es la que mejor cumple en función del criterio en estudio, C4: costos de fabricación.

Cuadro 18. Soluciones con respecto al Criterio 5: Robustez de diseño.

soluciones con respecto al criterio 5					
C5	S1	S2	S3	Nº de Veces	Px5 = N
S1				1	P15 = 2
S2	S1			0	P25 = 1
S3	S3	S3		2	P35 = 3
Orden	2 do	3 ero	1 ero		

Fuente: Triviño, E. (2024)

Ahora bien, de los resultados obtenidos en el cuadro 18, el cual está en función del criterio 5: Robustez de diseño, se concluye que la solución que mejor se adapta en comparación a las demás presentadas, es la solución 3. Por lo que, se procede con el estudio del último criterio.

Cuadro 19. Soluciones con respecto al Criterio 6: Capacidad de transportación.

soluciones con respecto al criterio 6					
C6	S1	S2	S3	Nº de Veces	Px6 = N
S1				2	P16 = 3
S2	S1			0	P26 = 1
S3	S1	S3		1	P36 = 2
Orden	1 ro	3 ero	2 do		

Fuente: Triviño, E. (2024)

Finalmente, de los datos presentados en el cuadro, se pudo concluir que la solución 1 es la que mejor se ajusta al Criterio 6: Capacidad de transportación.

4.3.5 Ponderación Final

Este es el último paso para obtener el mejor tipo de peletizador de acuerdo a las necesidades propuestas, para hacer la ponderación final se utiliza una fórmula que relaciona la ponderación de cada criterio con cada solución dando al final un valor numérico, la solución que tenga el número mayor será la solución que mejor cumple con los criterios dados y por lo tanto será la que mejor rendimiento ofrezca. En la tabla 10 se constatan dichos datos.

Cuadro 20. Valor final de cada solución

PC x	PC 1x	PC x * P 1x	PC 2x	PC x * P 2x	PC 3x	PC x * P 3x
PC 1	P 11	PC 1 * P 11 = 6	P21	PC 1 * P21 = 12	P 31	PC 1 * P31 = 18
PC 2	P 12	PC 2 * P 12 = 10	P22	PC 2 * P22 = 5	P 32	PC 2 * P32 = 15
PC 3	P 13	PC 3 * P 13 = 4	P23	PC 3 * P23 = 8	P 33	PC 3 * P33 = 12
PC 4	P 14	PC 4 * P 14 = 3	P24	PC 4 * P24 = 9	P 34	PC 4 * P34 = 6
PC 5	P 15	PC 5 * P 15 = 4	P25	PC 5 * P25 = 2	P 35	PC 5 * P35 = 6
PC 6	P 16	PC 6 * P 16 = 3	P26	PC 6 * P26 = 1	P 36	PC 6 * P36 = 2
		$\sum PC\ x * P\ 1x = 30$			$\sum PC\ x * P\ 2x = 37$	$\sum PC\ x * P\ 3x = 59$

Fuente: Triviño, E. (2024)

Observando los valores obtenidos en el cuadro 20 se concluye de los resultados numéricos determinan que la solución que mejor se adapta a los requerimientos necesarios y los criterios evaluados para la peletización de pasto es la Solución 3, es decir el modelo de Peletizadora de matriz vertical: de peletización por extrusión. Ver figura 21.

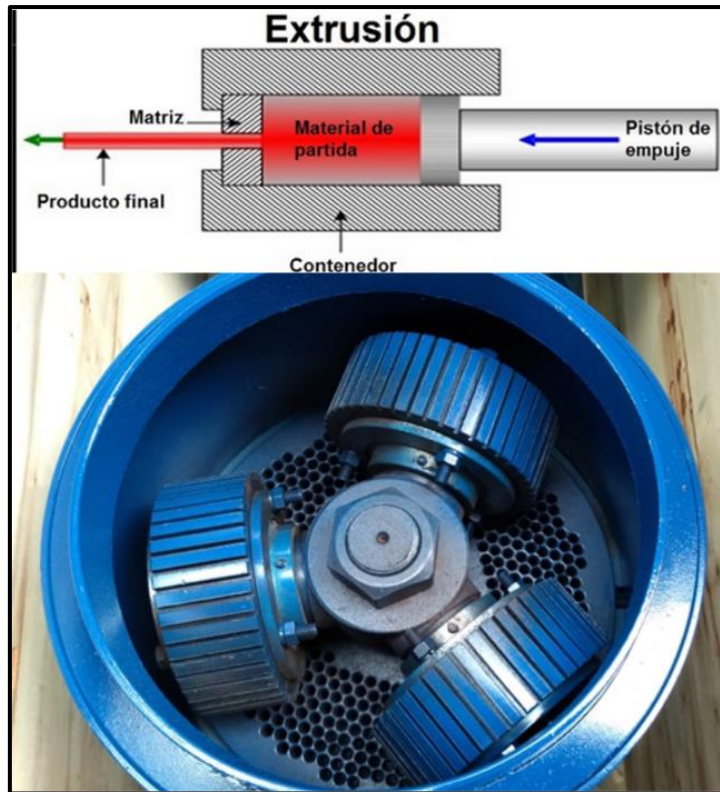


Figura 21. Solución seleccionada: Peletizadora de matriz vertical, de peletización por extrusión.
Fuente: Triviño E. (2024)

Ahora bien, estos peletizadores en particular utilizan una matriz plana de sentido vertical para comprimir el material en forma de pellets. Donde el material se alimenta en la parte superior en la tolva del peletizador, y luego es comprimido por rodillos giratorios que empujan el material a través de una matriz con agujeros que pueden ser de diferentes tamaños. En efecto esta solución cumple de forma excelente con los criterios necesarios para la peletización de pasto, ya que este tipo de diseño, confieren alta eficiencia debido al proceso de extrusión utilizado, el cual permite una mayor compresión y densidad de los pellets.

Además, este método de peletización garantiza un producto final uniforme en tamaño y forma, lo que facilita su almacenamiento, transporte y consumo por parte de los animales. También, la matriz vertical permite un control preciso del proceso de peletización, lo que reduce el desperdicio de materia prima (pasto) y garantiza un uso óptimo de los ingredientes utilizados en la producción de alimentos para animales. Finalmente, este tipo de peletizadora suele ser más resistente y duradera, lo que garantiza una larga vida útil y un menor costo de mantenimiento a largo plazo.

4.4 Fase IV: Diseño de las partes constituyentes del sistema peletizador para su uso en el proceso de almacenamiento de forraje de la granja ganadera “RONGRAT, C.A”

4.4.1 Magnitudes físicas que afectan al diseño.

Para diseñar una máquina peletizadora eficiente y funcional, es necesario realizar una serie de cálculos para determinar aspectos como la capacidad de producción, la potencia requerida, el tamaño y la forma de los pellets, entre otros. Es importante realizar un análisis detallado y preciso de cada componente para garantizar un funcionamiento óptimo del equipo y obtener resultados satisfactorios en términos de calidad y eficiencia en la producción de pellets.

- **Dimensión del troquel. (Matriz)**

Las dimensiones de la matriz de compactación de la peletizadora deben corresponder a la presión ejercida por el rodillo y al material sobre la matriz. Esta dimensión es importante para poder cumplir con las especificaciones de densidad del pellet, ya que el diámetro del mismo afectará directamente la presión necesaria para producir pellets. Para tener una mejor comprensión de las dimensiones que se desean determinar con el diseño de la matriz, se toma de ejemplo a la figura 22, donde se pueden observar las distintas medidas que conforman una matriz comercial.

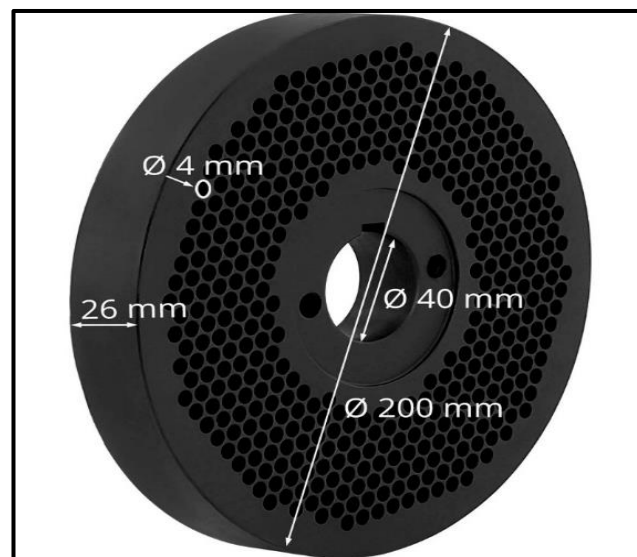


Figura 22. Matriz comercial, modelo WIE-PM-2500
Fuente: Expondo (2024)

Luego, se procede con el diseño de la matriz de peletizado según los requerimientos obtenidos de la fase I, donde con ayuda de los expertos en el sector agropecuario, los informantes clave de la empresa y algunos manuales de maquinarias peletizadoras, se determinó que la matriz

debe poder producir pellets de 6mm de diámetro y 30 mm de longitud. En la figura 23, se podrá observar el resultado final de diseño.

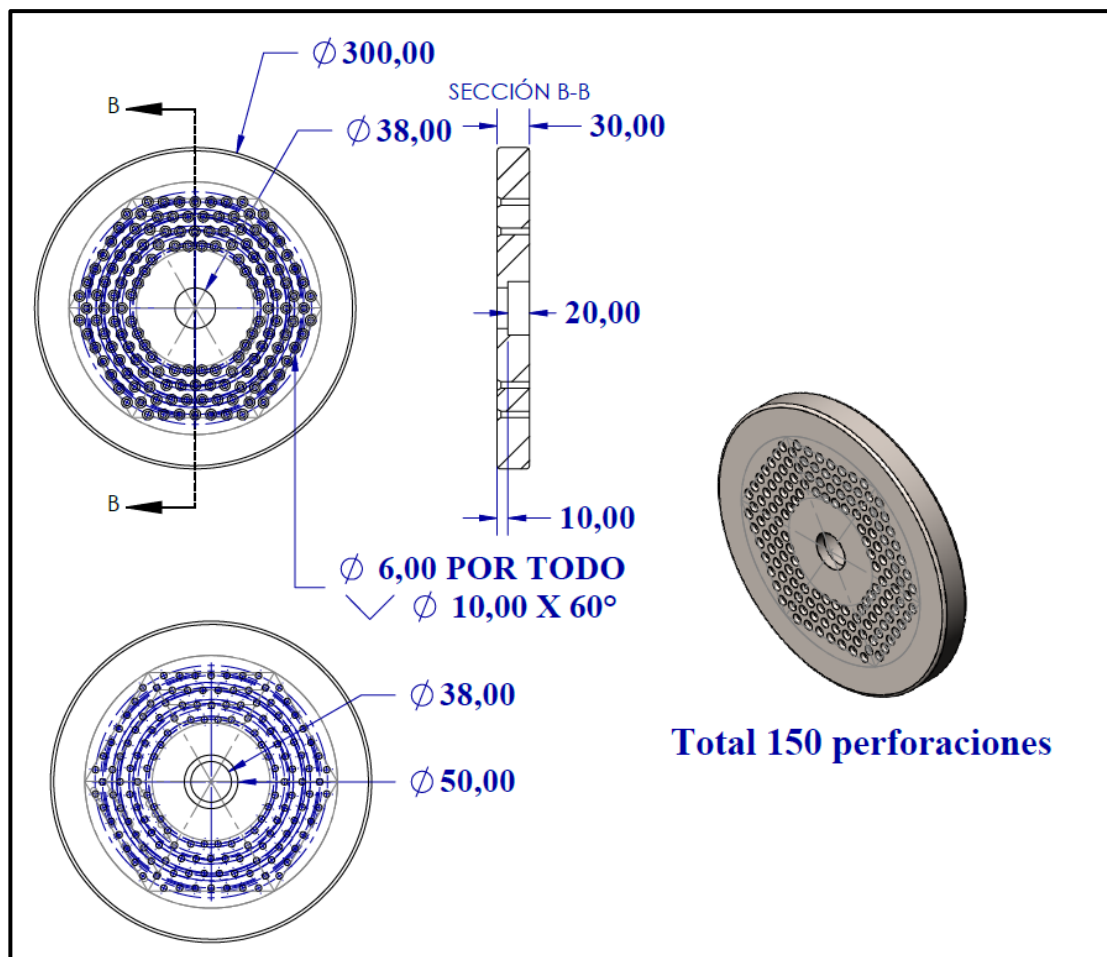


Figura 23. Dimensiones de la matriz.

Fuente: Triviño, E. (2024)

- **Avellanado cónico de la matriz**

Los orificio de la matriz de peletización, donde sucede el proceso de compactación, debe de contar con un avellanado, para que el material que será compactado entre de una manera más fácil al orificio, los avellanados en las matrices son muy variados pero por lo general cuenta con una conicidad de entre 55° a 60° , se debe de tomar en cuenta que la profundidad del avellanado no sea demasiado profundo en comparación con el dado ya que esto podría ocasionar que el material se compacte demasiado, provocando un atasco del material y se tape el orificio, de allí pues que se toman valores de máximo 10 mm de profundidad del avellanado o conicidad del orificio. En la figura 24, se representa la configuración de un avellanado común en matrices peletizadoras.

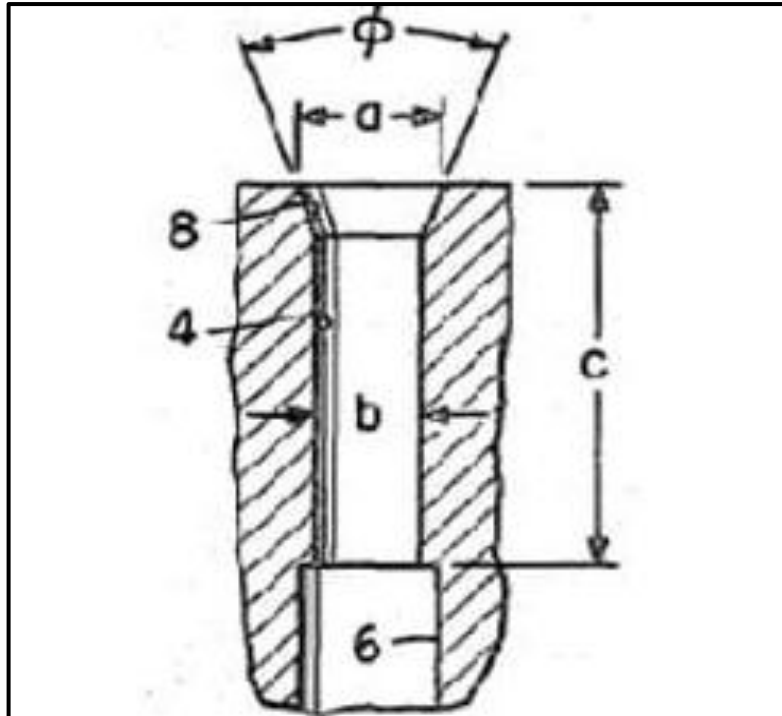


Figura 24. Geometría de agujero de una matriz con avellanado.
Fuente: Escobar, J. (2010)

Además, en la figura 25, se puede evidenciar el avellanado realizado a los agujeros de la matriz diseñada, el cual tiene una configuración de 10 mm de diámetro mayor a 60° y 6 mm de diámetro menor, para más detalles se recomienda ver apéndice C.

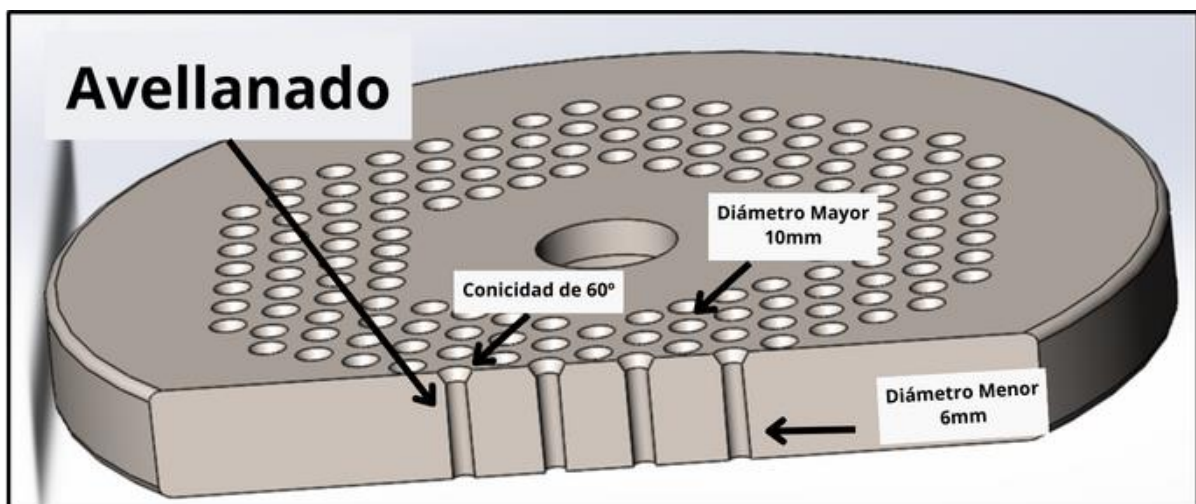


Figura 25. Geometría de agujero de la matriz diseñada con avellanado.
Fuente: Triviño, E (2024)

- **Cantidad total de pasto comprimido.**

La geometría y el tamaño de los rodillos son factores que influyen en la altura del material que es extruido hacia afuera, también este factor dependerá de la velocidad con la que se estrellé el material por la matriz, así como los orificios con los que cuenta la matriz. Ahora bien, los modelos comerciales precisan la presión de los rodillos para el peletizado oscilando de los 100 Mpa a 245 Mpa dependiendo del material.

En relación a este último, se define que el material con el que va trabajar el sistema para peletizar, es el pasto o forraje, siendo el espécimen de estudio la combinación de pasto estrella y pasto guinea, (ver figura 26). Ya que estos son los más comunes de encontrar en la geografía donde está ubicada la granja “RONGRAT, C.A”



Figura 26. Pastos Estrella (derecha) y Guinea (Izquierda)
Fuente: Infopastosyforraje (2021)

Es por ello que, con el fin de obtener una idea de la cantidad de pasto peletizado necesario, se deja un ejemplo del cálculo, donde: se presume que una vaca adulta común pesa en promedio 300 a 400 kilogramos, y según los expertos en el sector agropecuario esta come aproximadamente el 3 % de su peso vivo, en materia seca, lo que efecto utilizando el valor promedio, un animal rumiante consume 10 kilogramos diarios de forraje seco.

Luego estableciendo el tiempo estimado de trabajo de la maquina en jornadas de 7 horas, la cantidad de material peletizado será de 1050 kilogramos, lo cual es capaz de alimentar a 110 animales rumiantes a diario. En relación a esto, los valores serán representados en el cuadro 21, donde se deja evidencia de los valores planteados, sin embargo, estos pueden variar dependiendo del espécimen de animal, como su peso y edad, lógicamente esta estimación también varía según

los cambios que se realicen en el tiempo estimado para la jornada de trabajo de la máquina. Finalmente, la capacidad de producción seleccionada de la peletizadora en 150 kg/Hora, es capaz de afectar positivamente los objetivos productivos de la empresa “RONGRAT, C.A”.

Cuadro 21. Valores que sustentan la capacidad producción del sistema.

Peso Promedio de un Animal Rumiante	Cant de Pasto que consume	Cant Final
300 Kg.	3%	9 kg
Producción de diseño de la peletizadora		
1 Hora	150 Kg	
La jornada de trabajo se establece en 7 horas		
1 jornada	1050 kg	

Fuente: Triviño, E. (2024)

A continuación, se procede con los cálculos técnicos que son necesarios para el diseño, evaluación y modelado del sistema peletizador.

1. Tolva de alimentación

Para el sistema de alimentación se dimensiona una tolva para la capacidad de producción deseada, esta será de geometría cónica, lo cual tendrá el beneficio de permitir una mejor entrada de la materia prima y que esta se distribuya mejor en la matriz extrusora, la ecuación en este caso será el cálculo del volumen de la tolva que se obtiene con la siguiente fórmula:

$$V_{\text{Tolva}} = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + r^2 + R \cdot r) \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

V_{Tolva} : Volumen de la tolva cónica

h: Altura de la tolva

R: Radio mayor de la tolva

r: Radio menor de la tolva

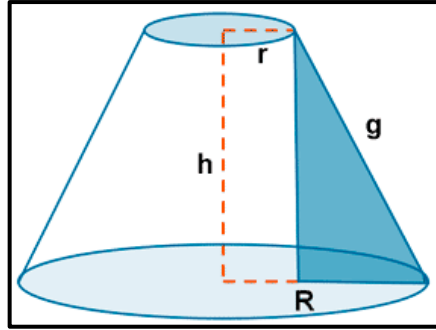


Figura 27. Cono Truncado (Forma elegida para la tolva)
Fuente: Triviño E. (2024)

Luego,

$$V_{\text{Tolva}} = \frac{\text{masa de produccion}}{\rho \text{ de la mat prima}} \quad \text{Ec. 2}$$

V_{tolva} : Volumen del Recipiente (m^3)

M: Masa del alimento (Kg)

ρ : densidad del material

Tomando en cuenta que a la materia prima (Forraje) se le realiza un acondicionamiento previo, donde a través del proceso de secado se disminuye el porcentaje de humedad en su composición y más importante aún, se le realiza el corte que pretende transformar la forma natural del pasto, haciéndolo prácticamente una harina (materia de partículas muy pequeñas). Dicho procedimiento es ejecutado por la empresa y su personal.

Por ello se toma en cuenta que, para la composición del pellet, la materia prima ya tiene su forma habitual de pequeñas partículas, evidentemente ya ha pasado por el proceso de acondicionamiento previo (corte) y su densidad será de aproximadamente 450 kg/m^3 , por ello:

$$V_{\text{Tolva}} = \frac{150 \text{ kg}}{450 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,33 \text{ m}^3$$

Luego de la Ec.1 suponiendo una altura de la tolva de 600 mm y un diámetro mayor de hasta 650 mm y uno menor de 300 mm.

$$V_{\text{Tolva}} = \frac{1}{3} \pi (0,60) [(0,325^2 + 0,15^2 + (0,325 * 0,15))] = 0,12 \text{ m}^3$$

Después de realizar los cálculos matemáticos necesarios, se determinó que los valores del volumen de la tolva ideal son de 0.33 m^3 y el valor obtenido del cálculo suponiendo los diámetros y la altura de la cual se desea fabricar la tolva es de 0.12 m^3 estos son aproximados y no representa

una problemática sino son iguales, por lo tanto, los cálculos realizados son correctos y las medidas con las que se selecciona el diseño de la tolva satisfacen el requerimiento. En la figura 28 y Figura 29 podrá observarse el diseño final de la tolva de alimentación, realizado en el software CAD SolidWork.



Figura 28. Tolva de Alimentación.

Fuente: Triviño E. (2024)

De la imagen mostrada, se concluye que la tolva de alimentación es un recipiente o contenedor que se utiliza para almacenar y suministrar el pasto a la maquinaria peletizadora. La tolva de alimentación tiene la función de mantener una cantidad constante de pasto disponible para ser procesado, lo que permite un flujo continuo y eficiente del mismo durante el proceso. Además, facilita la carga y descarga del material, así como su distribución uniforme en la máquina. Por lo que, la tolva de alimentación es un componente clave en el diseño del sistema ya que garantiza un suministro constante y controlado del material a ser procesado.

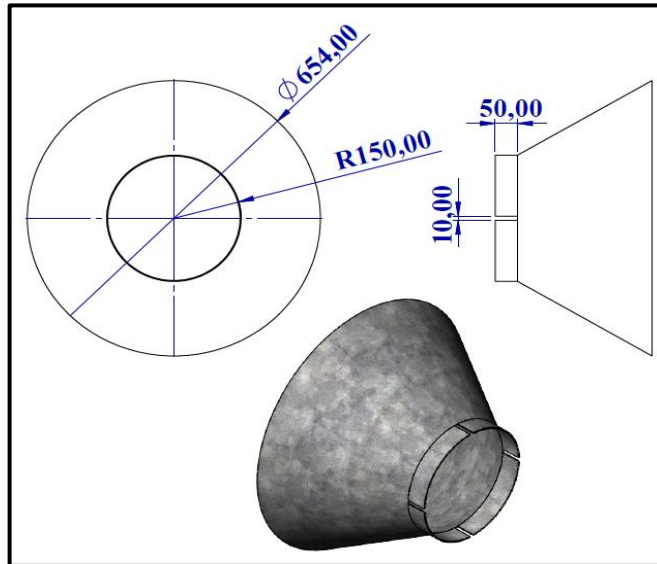


Figura 29. Dimensiones de la tolva de Alimentación.

Fuente: Triviño E. (2024)

Además, la tolva de alimentación forma parte de la estructura superior que conforma el sistema peletizador, la cual en conjunto se encarga de recibir la materia prima (pasto) a peletizar y de cubrir la matriz de peletización y el conjunto de rodillos. A continuación, se dejan las referencias visuales (Figura 30 y 31) del ensamble de la estructura superior del sistema peletizador. Para más detalles de estos se recomienda ver el apéndice C.

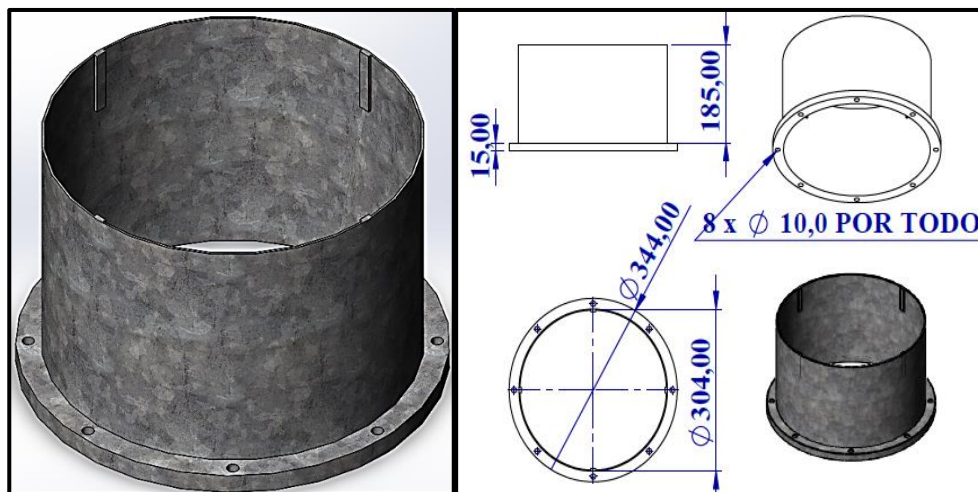


Figura 30. Cubierta Superior, que se une a la Tolva.

Fuente: Triviño, E. (2024)



Figura 31. Ensamble final de la Estructura Superior.
Fuente: Triviño, E. (2024)

2. Dimensión del pellet

Los Pellets de alimento, suelen tener un diámetro de entre 5 a 8 (mm) ver figura 32, por lo que se tomará un diámetro de 6 mm. En relación a este último, los expertos en el sector afirman que con 6 mm de diámetro se tendrá una longitud con la siguiente ecuación: L_p es menor y/o igual a 5 veces el diámetro del mismo. Especificando que la longitud será cinco veces el diámetro del pellet que se escogió o menor, siendo este valor menor y/o igual ($\leq$) a 30 milímetros, por ello, el volumen que tendrá el pellet se calculará con la ecuación de un cilindro (ver figura 33) ya que esta será la forma que tendrá, se calcula con la siguiente ecuación.

$$V_{\text{pellet}} = \pi (R_p)^2 * L_{\text{pellet}} \quad \text{Ec. 3}$$

Respecto al dimensionamiento del pellet que producirá el diseño propuesto, se debe tomar en cuenta la información plasmada en la figura 32, mostrada a continuación.



Figura 32. Diferentes tamaños de Pellets y su relación con el alimento animal.

Fuente: Triviño, E. (2024)

La variedad de tamaños de pellets mostrados en la imagen puede tener diferentes aplicaciones en la alimentación animal. Por ejemplo, los pellets más grandes pueden ser utilizados para animales de mayor tamaño o con mayores requerimientos nutricionales, mientras que los pellets más pequeños pueden ser adecuados para animales más pequeños o con necesidades nutricionales específicas. Para la resolución de la Ec. 3, se muestra la figura 33.

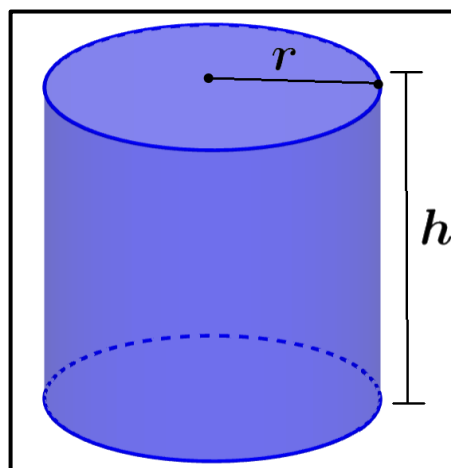


Figura 33. Cilindro (Forma del Pellet)

Fuente: Triviño E. (2024)

Donde:

R_p : radio del pellet: 3mm.

(h) L_{pellet} : se establece en 30mm;

Luego, para el cálculo del volumen de un pellet, tomando en cuenta su forma de cilindro:

$$V_{\text{pellet}} = \pi(3\text{mm})^2 * 30\text{mm} = 848,23 \text{ mm}^3$$

Este valor es el esperado y servirá para proceder con los siguientes cálculos necesarios.

3. Relación de compresión (R_c)

Como se sabe el proceso de peletización se genera a partir de una capa de material que es compactado por rodillos y al volver a pasar este comprimirá material nuevo en el orificio de extrusión haciendo que los pellets se formen, el volumen de material que es comprimido en el orificio de extrusión se denomina relación de compactación (ver figura 34)

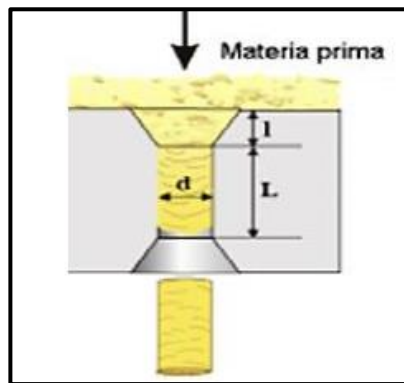


Figura 34. Relación de compactación.
Fuente: Trujillo, A. (2010)

En relación a esto, la relación de compactación se calcula con la siguiente ecuación:

$$R_c = \frac{L}{D_{\text{pellet}}} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde, en la figura 34, se puede determinar:

D_p : Diámetro del pellet

L : Longitud recta del orificio de compactación

R_c : Relación de compresión

$$R_c = \frac{30 \text{ mm}}{6 \text{ mm}} = 5$$

En efecto, la relación de compresión de la matriz de la peletizadora se refiere a la relación entre la longitud efectiva del orificio de la matriz y el diámetro de la matriz, y es un índice que refleja la fuerza de extrusión de la peletizadora. Por lo que, la calidad de la producción de la misma depende de la relación de compresión del troquel o matriz, y el resultado de 5, que también puede expresarse como relación 1:5 es un valor adecuado al funcionamiento del sistema peletizador, ya que varios modelos comerciales que han sido ampliamente estudiados también tienen esta relación. Por lo que con esta relación obtenida, la fuerza de extrusión de la peletizadora será plenamente capaz de peletizar pasto.

4. Presión de compactación

Dado que la compactación de los pellets a través del orificio se comporta como un proceso de extrusión se tomará la deformación del material, la ecuación simula una deformación ideal de la siguiente manera:

$$Pr = \bar{Y}f \epsilon x \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

Pr: Presión que ejercen los rodillos

$\bar{Y}f$: Módulo de elasticidad para el caso (Pasto).

ϵx : Deformación de la extrusión

$$\epsilon x = a + b \ln (RC) \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

a y b: Constantes de 0.8 y 1.2 a 1.5 respectivamente, R_C : Relación de compresión.

A continuación, en la figura 35, se deja evidencia de la actuación que la fuerza de compactación va a tener sobre la materia prima (pasto).

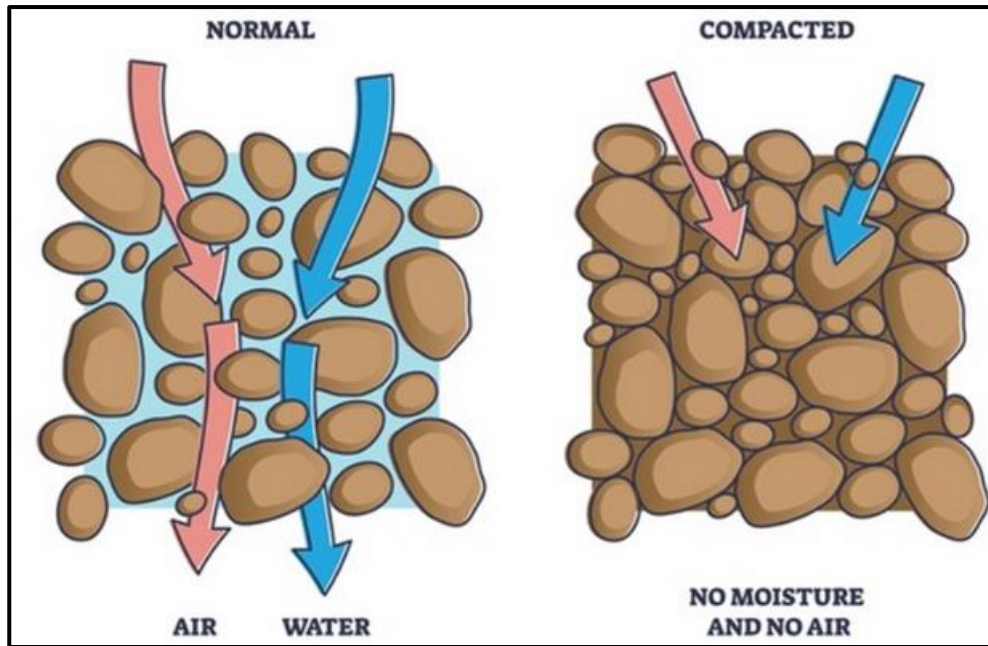


Figura 35. Actuación de la Presión de compactación

Fuente: IngeMecanica (2020)

De este modo, para conseguir la presión de compactación es necesario el módulo de elasticidad y la deformación que se presenta en la extrusión, para este caso se desea la peletización de pasto, sin embargo, para las frutas y verduras, este parámetro no se estudia ampliamente, ya que su comportamiento mecánico no se asemeja al de materiales tradicionales como metales o plásticos, siendo que el módulo de elasticidad (denotado como E) es una medida de la rigidez de un material y su capacidad para resistir la deformación bajo carga, para el caso del pasto seco, aunque no hay un valor específico ampliamente aceptado, se podría realizar una estimación aproximada.

El pasto seco, al ser un material orgánico, tiene una estructura fibrosa y porosa. Su rigidez depende de varios factores, como la especie de pasto, su contenido de humedad y su densidad. A modo de referencia, algunos valores aproximados para el módulo de elasticidad de materiales naturales son: Madera seca: Alrededor de 10 a 20 GPa, Hueso humano: Aproximadamente 15 a 20 GPa, vidrio: Alrededor de 7 a 15 GPa. Estos se corroboran en la Tabla 2.

Tabla 2. Módulo de elasticidad de varios materiales.

Material	Módulo Young, E (GPa)
Hueso	15-30
PMMA	3.0
Polietileno	0.4
Cartilago	Viscoelást

Los módulos de Young teóricos para acero, aluminio madera son:

Material	E (10 ⁹ N/m ²)
Acero	170 - 210
Aluminio	60 - 70
Madera	10 - 20

Fuente: Ingeniería de materiales (2019)

Dado que el pasto seco es menos denso y flexible que la madera o el hueso, por lo que podríamos estimar su módulo de elasticidad en un rango como 5 a 20 MPa. Por lo tanto, se utilizará un módulo de elasticidad de 15 MPa, según Salaya (2012), quien toma un promedio entre los posibles valores, finalmente la deformación se calcula con la Ec.6 tomando $a = 0.9$ y $b = 1.5$ siendo datos ideales para pellets de alimento animal, se calcula de la siguiente forma:

$$e_x = a + b \ln R_c = 0.9 + 1.5 (\ln 5) = 3,314$$

$$p_r = \bar{Y}_f \epsilon_x = (15 \text{ Mpa})(3,314) = 49,71 \text{ Mpa}$$

Luego, se debe tener en cuenta la fuerza de compactación, donde la presión ejercida sobre el orificio de la matriz, resulta en una fuerza de compactación que hará que el material se desplace a través del orificio, la fuerza se determina de la siguiente manera:

$$F_{\text{Comp}} = P_r * A_{\text{orif}} \quad \text{Ec. 7}$$

$$F_{\text{Comp}} = (49,71 \text{ Mpa})(\pi(0,003\text{m})^2) = 1405,52 \text{ N}$$

5. Fuerzas y presión en el dado.

Cuando la materia prima entra al plato de extrusión, esta tiene cierta altura h_0 , después que los rodillos pasan y comprimen el material, este pasa a tener otra altura h_f , para los rodillos realicen esta diferencia de alturas deberán vencer la fuerza de fricción del material. Suponiendo que la altura final está entre los 0.1 y 0.3 mm. (Meelko, 2013) Se toma 0.3 mm., donde P_f será la presión necesaria para vencer la fricción. En la figura 36, se pondrá observar el dado y su relación con las fuerzas obtenidas.

$$P_f = \bar{Y}_f \frac{2 H_f}{D_{\text{pellet}}} \quad \text{Ec. 8}$$

$$P_f = 15 \text{ Mpa} \frac{2 (0,0003)}{0,006} = 1,5 \text{ Mpa}$$

Por lo que ahora la presión del cilindro puede ser soportada por todos los aspectos diseñados.

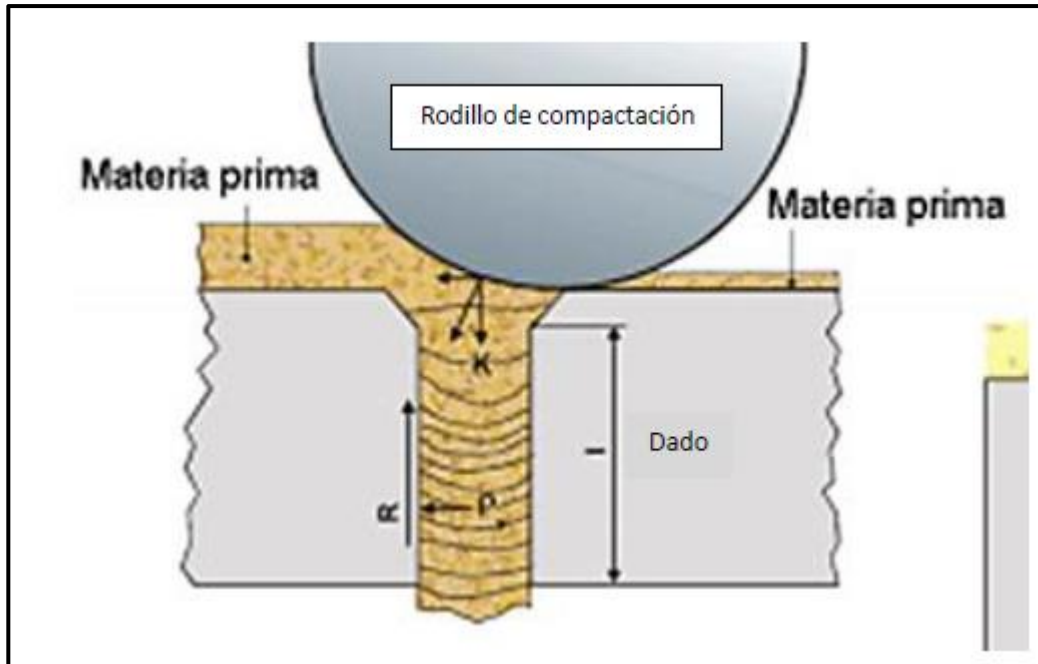


Figura 36. Ubicación del dado y Fuerzas generadas en el proceso de compactación.
Fuente: Ramos, M. (2019)

- **Presión en las paredes de la matriz (dado).**

El material al ser comprimido ejerce una fuerza contra su entorno, en este caso contra las paredes internas del dado, las paredes se verán afectadas por la fuerza de fricción entre los dos materiales que están en contacto, usando el coeficiente de fricción de la biomasa y el acero de 0.65, se procede a calcular dicha presión. En la figura 37, se representan las fuerzas ejercidas del rodillo a cada dado de la matriz, por otro lado, P_0 será la presión del material contra las paredes.

$$P_0 = \frac{P_f D_{\text{Pellet}}}{4 \mu H_f} \quad \text{Ec. 9}$$

$$P_0 = \frac{1,5 (0,006)}{4 (0,65)(0,0003)} = 11,54 \text{ Mpa}$$

Este valor es el esperado según las condiciones del diseño, considerando que el material en estudio es el pasto.

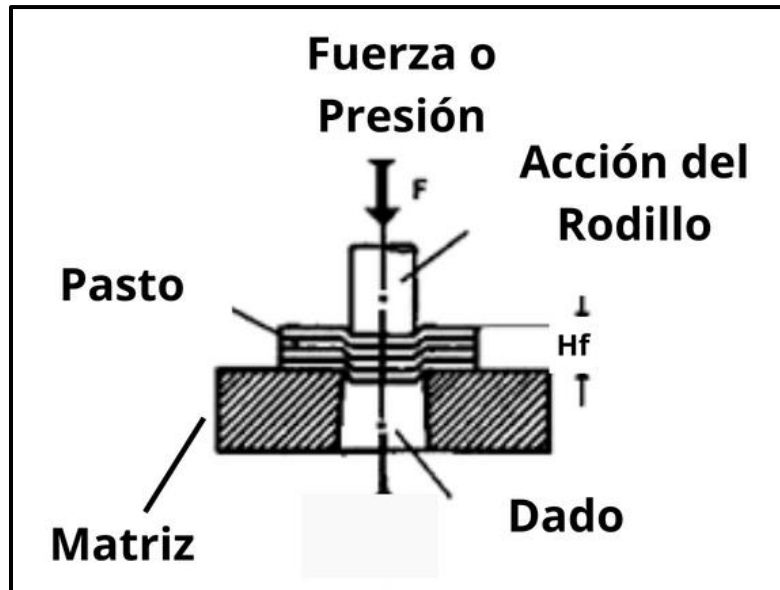


Figura 37. Representación de las fuerzas ejercidas en los dados por el rodillo de compactación.

Fuente: Triviño, E. (2024)

6. Dimensiones del rodillo de compactación

Ya que se obtuvieron las fuerzas que interactúan con el proceso extrusión de la materia prima a través de la matriz, ahora se deben dimensionar los rodillos para una correcta extrusión de la materia y equiparar la potencia necesaria en los rodillos, haciendo la peletización lo más eficiente posible.

- **Radio de los rodillos:**

El radio de los rodillos (ver figura 38) estará en función de las alturas inicial, para ello se elegirá una altura inicial de 30 (mm), ya que el material es pasto cortado hasta ser de partículas muy pequeñas y la altura final de 0.3 (mm) del material que se peletizará, además de la fricción del acero y la biomasa, este radio se calculara con la Ec. 10 de la siguiente manera:

$$\text{Radio}_{\text{Rodillo}} = \frac{H_0 - H_f}{\mu^2} \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

h_0 : Altura inicial de la materia prima antes de pasar el rodillo

h_f : Altura final de la materia prima después de pasar el rodillo



Figura 38. Radio y Longitud de contacto del rodillo.
Fuente: expondo.es (2024)

En la figura anterior se puede determinar el radio y la longitud de contacto del rodillo. Luego, en la imagen que se muestra a continuación, se pondrán determinar las posiciones que toma el material (pasto) correspondiente a h_o y h_f .

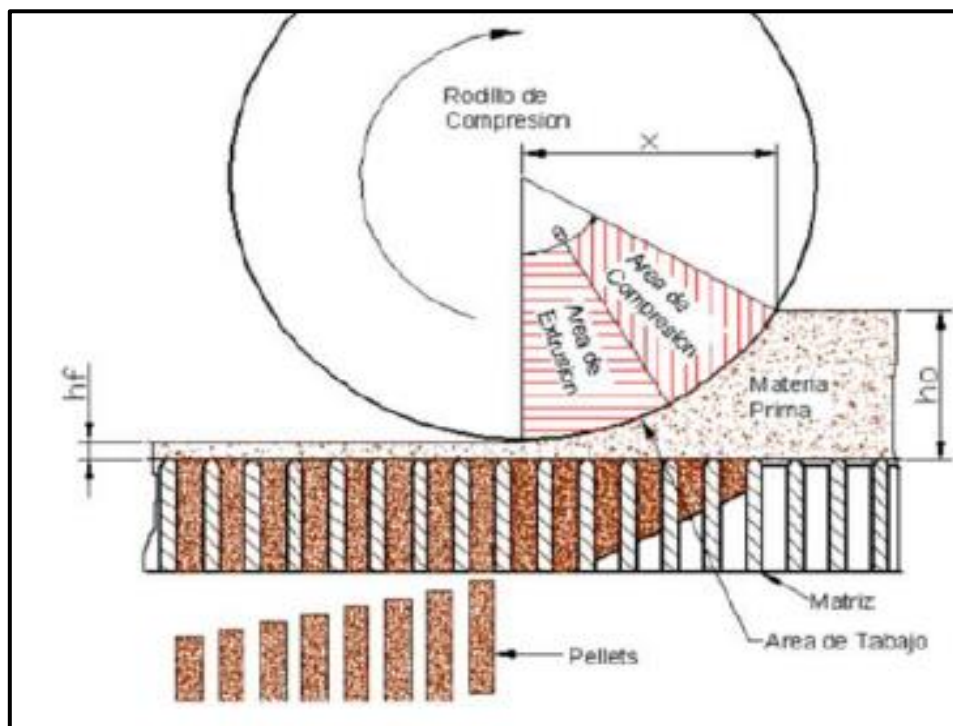


Figura 39. Altura final e inicial para compactación de la materia. (X es el radio del rodillo)
Fuente: Guerra, S. (2013)

Por lo que,

$$R_{\text{Rodillo}} = \frac{0,03 - 0,0003}{0,65^2} = 0,0703 \text{ m}$$

Finalmente, el diámetro de los rodillos de peletización será de $D_{\text{rodillos}} = 0,1406 \text{ m} = 140,60 \text{ mm}$, este sería el diámetro mínimo requerido para los rodillos.

- **Longitud de contacto**

El espacio que estará en contacto entre el material y el rodillo de peletización será un elemento que se necesitará posteriormente para poder determinar la potencia de los rodillos. Ver figura 38 y 40 en las que se pueden observar la disposición de la longitud de contacto, la cual se calcula con la Ec. 11.

$$L \approx \sqrt{r (H_i - H_f)} \quad \text{Ec. 11}$$

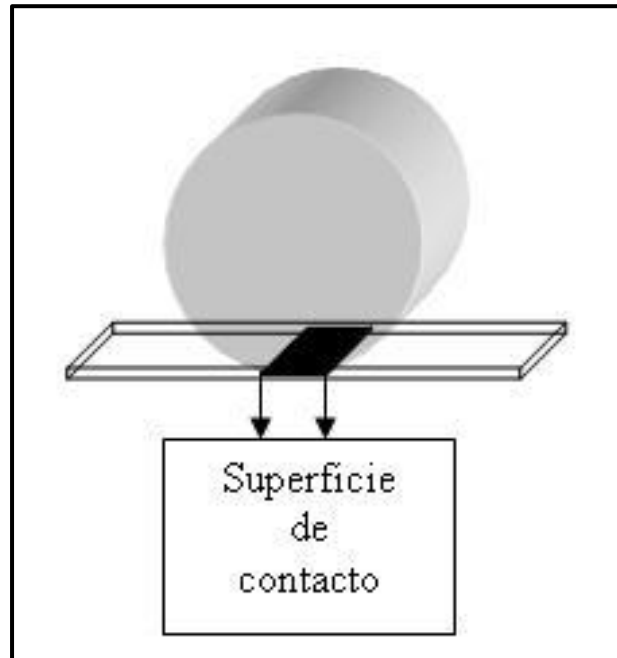


Figura 40. Longitud de contacto del Rodillo.
Fuente: Guerra, S. (2013)

Ahora, se procede con el cálculo de longitud de contacto, necesario para dimensionamiento del sistema.

$$L \approx \sqrt{0,0703 (0,03 - 0,0003)} = 0,0457 \text{ m o } 45,7 \text{ mm}$$

Finalmente, estas son las dimensiones mínimas que debe tener el diseño final del rodillo de compactación para que este pueda peletizar adecuadamente el pasto, sin duda las mismas

resultaron ser idóneas para el diseño propuesto. Por ello a continuación se señalan las dimensiones del diseño final de los rodillos.

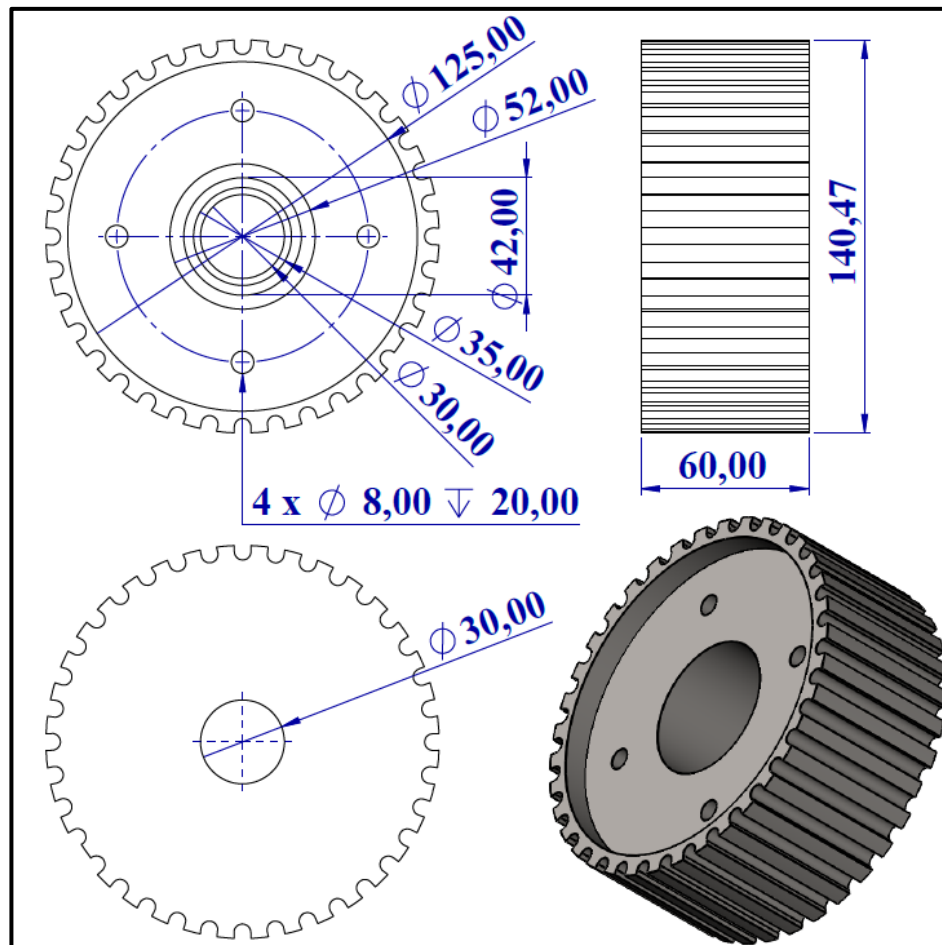


Figura 41. Rodillo diseñado
Fuente: Triviño, E. (2024)

Además, del rodillo, también se diseñará una tapa para el mismo, cuyas dimensiones se encuentran en la figura 42, esta tapa cumple con hacer el rodillo fácilmente desmontable, bien sea para realizar un limpieza general del mismo o para realizarle mantenimiento a los rodamientos internos que el rodillo lleva para su correcto funcionamiento, los cálculos y dimensionamiento de dichos rodamientos se encuentran más delante de esta sección.

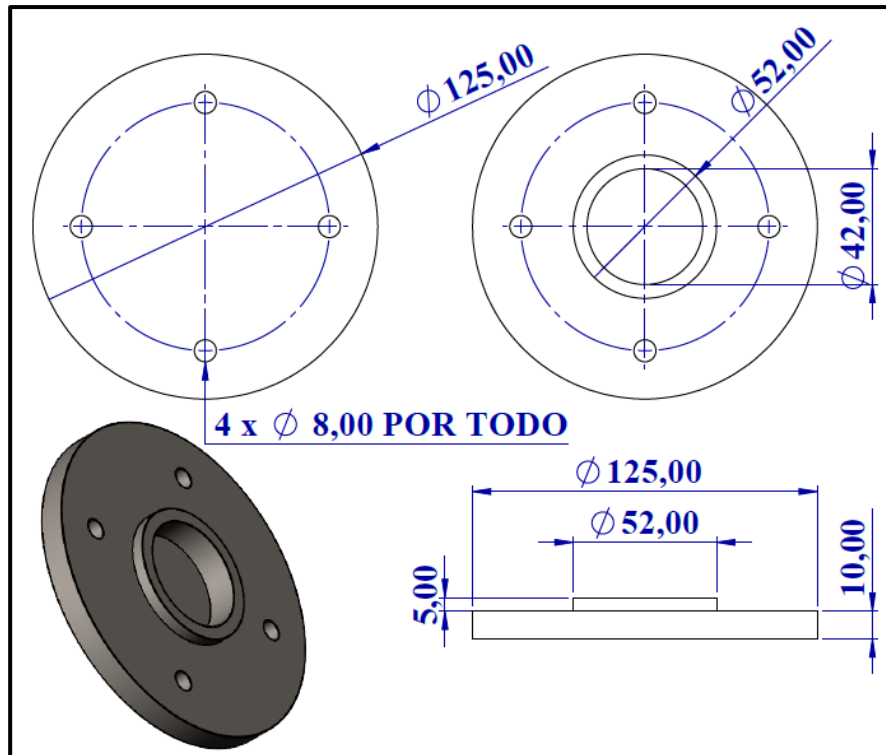


Figura 42. Tapa de Rodillo diseñada
Fuente: Triviño, E. (2024)

- **Masa del rodillo**

Ahora, se puede determinar la masa que tendrá cada uno de los rodillos, lo que ayudará a determinar posteriormente la potencia del motor que se requerirá para la peletización, la masa de los rodillos se determina tomando una densidad promedio para el acero de 7800 kg/m^3 , además, el ancho del rodillo se diseña con una longitud de contacto de 60 mm.

$$\text{Masa}_{\text{rodillo}} = (\pi r_{\text{rodillo}}^2 \text{ ancho}_{\text{rodillo}}) \rho_{\text{acero}} \quad \text{Ec. 1}$$

$$M_{\text{rodillo}} = \pi (0,0703 \text{ m})^2 (0,06 \text{ m}) \left(7800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) = 7,26 \text{ Kg}$$

Por lo que, en la figura 43, se comprueban las propiedades físicas del rodillo con tapa, que fue diseñado, y evidencia que el valor obtenido es idóneo. Más detalles del conjunto se encuentran en el apéndice C.

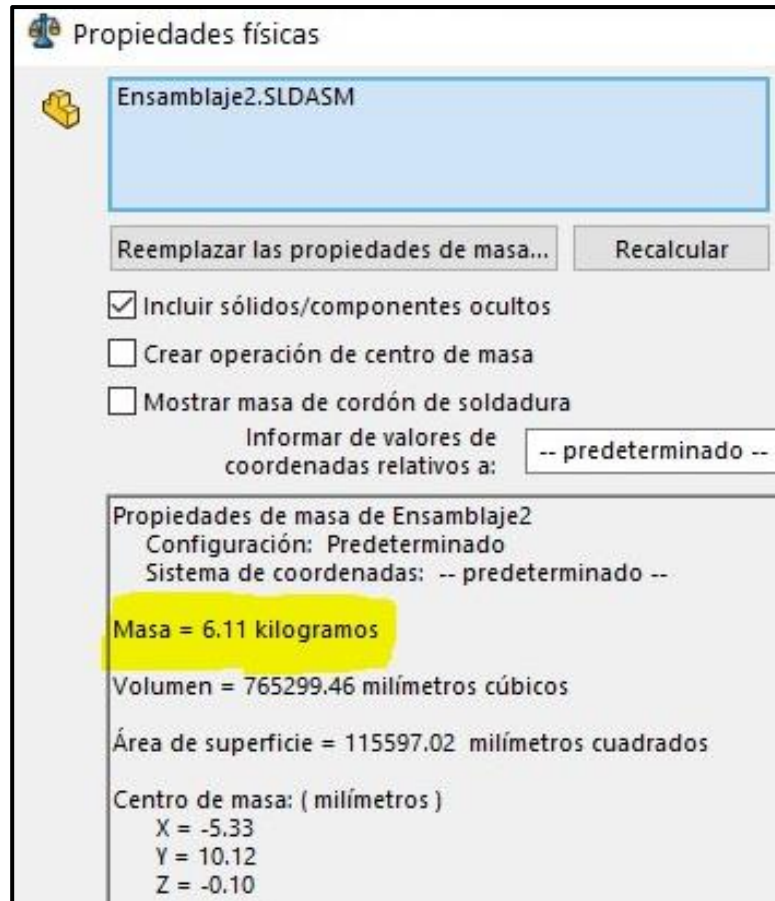


Figura 43. Propiedades físicas (Masa) del rodillo junto con la tapa.
Fuente: Triviño, E. (2024)

7. Fuerzas generadas por el giro de los rodillos

Los rodillos de peletización al girar sobre sí mismos y alrededor de la matriz de extrusión producirán fuerzas debido al movimiento, estas fuerzas son las siguientes.

- **Fuerza de fricción en el interior del dado**

El material cuando es introducido en los orificios de extrusión debe de vencer la fuerza de fricción que resulta del rozamiento del pasto y las paredes de los dados de la matriz. (ver figura 44) por lo que, en la Ec. 13 veremos el cálculo de este valor.

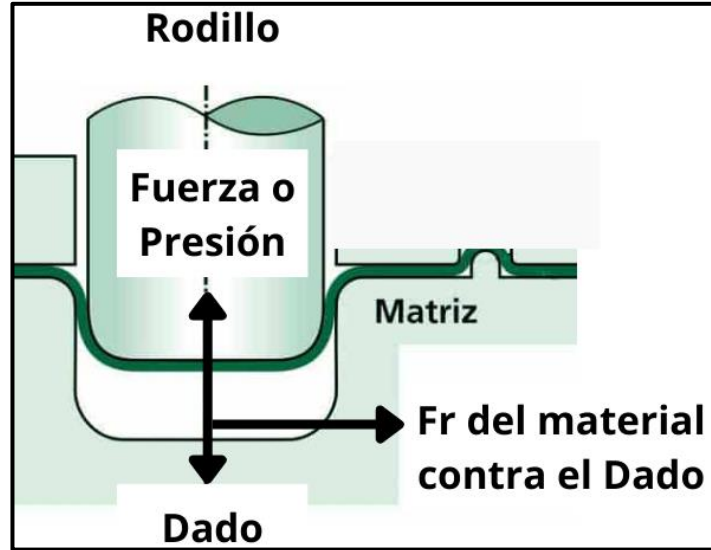


Figura 44. Fuerza de Fricción generada en el dado.
Fuente: Triviño, E. (2024)

$$F_R = \mu P_0 D_{\text{pellet}} L_{\text{pellet}} \quad \text{Ec. 13}$$

$$F_R = (0,65)(11,54 \text{ Mpa})(0,006 \text{ m})(0,03 \text{ m}) = 1350,18 \text{ N}$$

Para que el pasto pueda ser extruido debe cumplirse la condicionante donde: $F_R < F_{\text{comp}}$, donde el material podría vencer la fuerza de fricción y avanzar por el canal de peletización o dado.

$$1350.18 \text{ N} < 1405.52 \text{ N}$$

Al comparar ambas fuerzas de la condicionante, se llega a la conclusión que el material (Pasto) podrá ser peletizado con el sistema diseñado.

- **Aceleración del rodillo**

Cuando los rodillos se ponen en movimiento, debido a la potencia inducida por el motor, producen una aceleración (ver figura 45) que se encuentra en función de la fuerza de compactación y la fricción, la cual se procede a calcular con la Ec.14.

$$\text{Aceleración}_{\text{Normal_Rodillo}} = \frac{F_{\text{comp}} - F_R}{M_{\text{rodillo}}} \quad \text{Ec. 14}$$

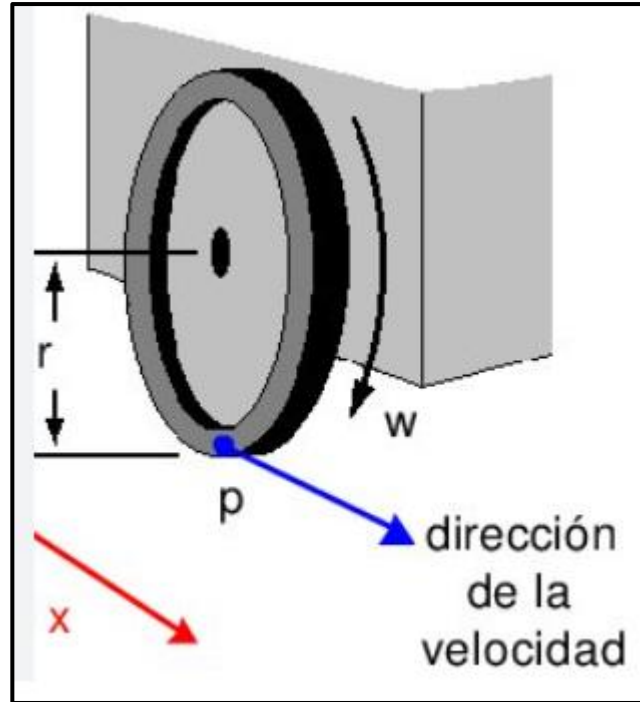


Figura 45. Aceleración del rodillo.

Fuente: Triviño, E. (2024)

De la imagen que se observa, se tiene que W es la aceleración del rodillo, y r es el radio del rodillo, para luego pasar a los cálculos de la velocidad del rodillo.

$$A_{N_rodillo} = \frac{(1405,52 - 1350,18) \text{ N}}{7,26 \text{ Kg}} = 7,62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Con este resultado, se comprueba que el sistema peletizador diseñado tendrá una aceleración adecuada y no es desproporcionada a todos los dimensionamientos del sistema, por lo que a continuación se realiza los cálculos necesarios para hallar la velocidad del rodillo.

- **Velocidad tangencial del Rodillo**

Luego, como se muestra en la figura 46, existe una velocidad tangencial asociada al movimiento del rodillo, la cual servirá para calcular la distancia que recorre en un lapso de tiempo fijo.

$$V_{tang} = \sqrt{(A_{N_rodillo})(R_{Rodillo})} \quad \text{Ec. 15}$$

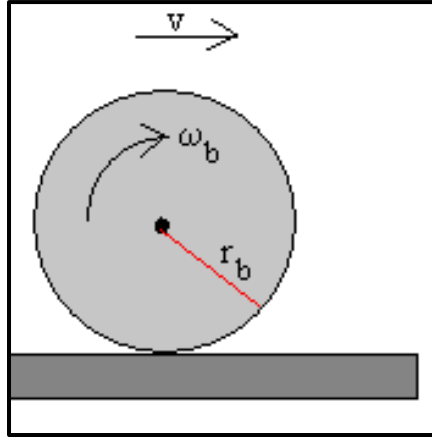


Figura 46. Velocidad del rodillo.
Fuente: Guerra, S. (2013)

De la imagen que se observa, se tiene que w es la velocidad del rodillo, y r es el radio del rodillo, por lo que los cálculos de la velocidad del rodillo son:

$$V_{tang} = \sqrt{(7,62 \frac{m}{s^2})(0,0703)} = 0,732 \frac{m}{s}$$

- **Velocidad de Giro del Rodillo.**

Como se evidencia en la figura 46, el movimiento de los rodillos está asociado a una velocidad w , ya que los rodillos de Peletización girarán alrededor de la matriz extrusora, entonces estos realizan el movimiento con cierta cantidad de revoluciones por minuto, a continuación, se expone la Ec.16 para obtener el valor correcto.

$$W_{rodillo} = \frac{V_{tang}}{R_{rodillo}} \quad \text{Ec. 16}$$

$$W_{rodillo} = \frac{0,732 \frac{m}{s}}{0,0703 m} = 10.41 \frac{rad}{seg} * \frac{1 rev}{2 \pi rad} * \frac{60 seg}{1 min} = 99,5 \approx 100 \text{ RPM}$$

En efecto, este resultado quiere decir que el motor que se seleccione para potenciar el sistema peletizador debe de tener una velocidad de salida de 100 revoluciones por minuto, para que así los rodillos cumplan con los requerimientos del diseño para peletizar pasto.

- **Tiempo para salida del pellet de pasto.**

Las perforaciones u orificios de la matriz de extrusión cuentan con un ángulo de inclinación que podrá observarse en la figura 47, y este es el adecuado para que el material pueda ser introducido y no haya obstrucción por el mismo, este ángulo podrá ayudar a determinar cuánto tiempo tarda en producirse un pellet con la longitud deseada (30 mm), a continuación, se determina dicho ángulo con la Ec. 17.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{L}{R_{\text{rodillo}}} \quad \text{Ec. 17}$$

De la figura 47, se puede observar cual es el ángulo al inicio del orificio de extrusión, que ayudara al ingreso del material a los orificios.

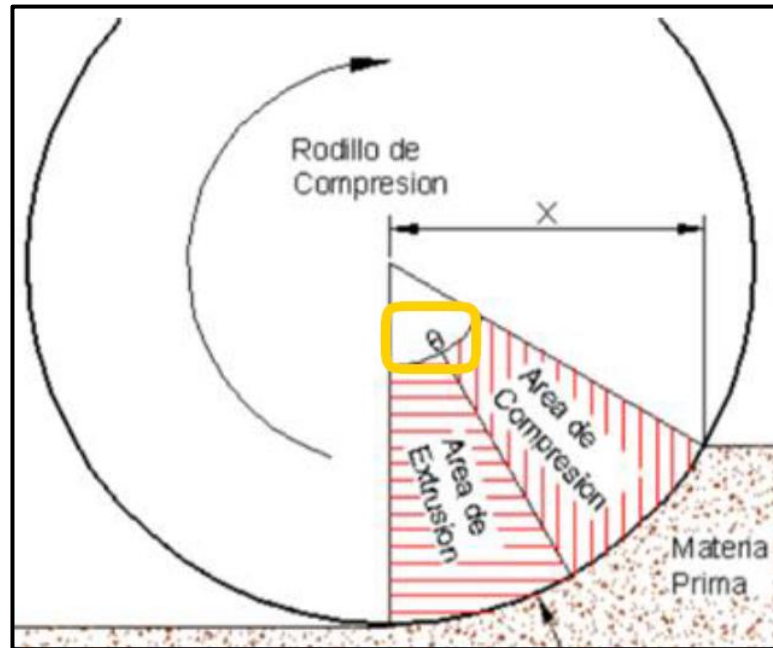


Figura 47. Angulo de inclinación del rodillo para compactar el material.
Fuente: Guerra, S. (2013)

$$\theta = \tan^{-1} \frac{45,70 \text{ mm}}{70,30 \text{ mm}} = 33,03^\circ = 0,5764 \text{ Rad}$$

Ahora, con la ayuda del ángulo que se obtiene con la ecuación anterior es posible la obtención del tiempo que tardara la extrusión del pellet a la longitud deseada de 30 mm, entonces:

$$\text{Tiempo}_{\text{Extrusión}} = \frac{\theta}{W_{\text{rodillo}}} \quad \text{Ec. 18}$$

$$\text{Tiempo}_{\text{Extrusión}} = \frac{0,5764 \text{ rad}}{10,41 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}} = 0,0554 \text{ seg}$$

Este sería el tiempo que tarda un pellet en producirse, el valor obtenido es idóneo y se adapta a las condiciones que se le impusieron al diseño.

8. Orificios de extrusión

De acuerdo a la producción deseada en un periodo de tiempo fijado, este de 150Kg en 1 hora, la matriz de Peletización debe de tener una cantidad de orificios en ella (ver figura 48)

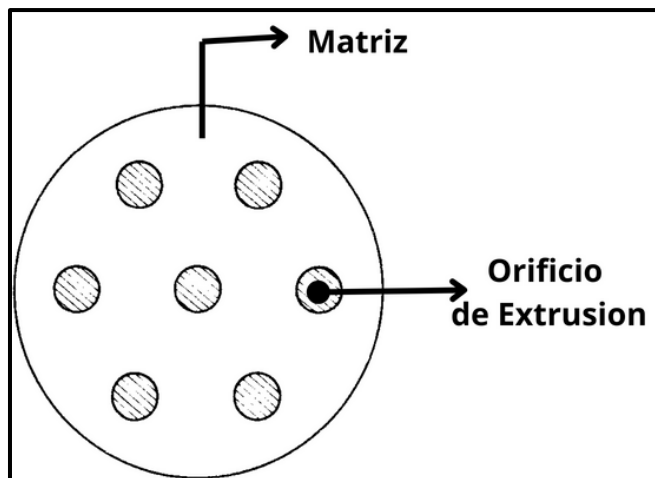


Figura 48. Orificios de Extrusión en matriz.
Fuente: Triviño, E. (2024)

Para calcular el número de orificios ideal para la producción requerida, se deberá de calcular ciertos factores previos que afectan la producción de la máquina, siendo estos:

1. Aceleración en el interior del dado de la matriz

El material al ser obligado a introducirse en los agujeros de la matriz, adquiere velocidad y aceleración, (ver figura 49) estos factores serán útiles para determinar el número de agujeros que deberá tener la matriz, para cumplir con la producción requerida.

En primer lugar, el factor de sobreproducción es un factor de seguridad que ayudara a que no se presenten repercusiones en los componentes si se excede la producción, se estima un porcentaje de aproximadamente 30 a 35% de sobreproducción de la producción deseada la cual será de 150 kg/h, con este incremento no se afectara el funcionamiento de la máquina peletizadora, el factor de sobreproducción se calcula de la siguiente manera:

$m_{\text{PASTO}} = 150 \text{ kg/h} + 35\% = 202,5 \text{ Kg/h}$, por conveniencia se tomará 200 kg/hora, luego la aceleración del material en el interior del dado será:

$$\text{Aceleración}_{\text{Extusión}} = \frac{F_{\text{comp}} - F_R}{M_{\text{PASTO}}} \quad \text{Ec. 19}$$

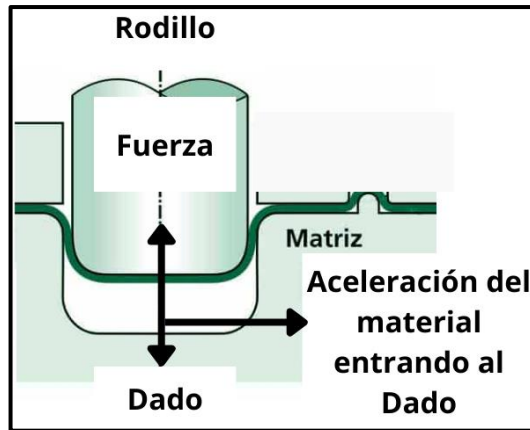


Figura 49. Aceleración del material en el dado de la matriz.
Fuente: Triviño, E. (2024)

$$A_{\text{Extusión}} = \frac{(1405,52 - 1350,18) \text{ N}}{200 \text{ kg}} = 0,277 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}$$

Este valor de la aceleración es adecuado a lo esperado y con este se procede al siguiente paso para hallar la cantidad de orificios mínimos que debe tener la matriz.

2. Velocidad de extrusión del pellet

Existe una velocidad con la que el material será extruido de la matriz, esta velocidad se calcula con Ec. 19, la velocidad dependerá de la aceleración del material en el dado y el tiempo con el que se extruye el pellet, debido a que el material parte del reposo la velocidad inicial se considera como 0.

$$V_{\text{Extusión}} = V_0 + A_{\text{Extusión}} T_{\text{Extusión}} \quad \text{Ec. 20}$$

$$V_{\text{Extusión}} = 0 + \left(0,277 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}\right) (0,0554 \text{ seg}) = 0,0154 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

3. Flujo volumétrico de producción

Para poder determinar el número de perforaciones que debe tener la matriz de peletización, se debe conocer el flujo volumétrico de material que pasará por la matriz de peletización (extrusión) en un cierto tiempo, el cual es un factor importante para obtener la producción deseada de 200 kg/h incluyendo el factor de sobre producción w, para el caso del pasto, se asume que esta tendrá una densidad equivalente a la de la biomasa seca, la cual en promedio tiene una densidad el de 450 kg por m³ para el pasto seco, con esta densidad es posible calcular el flujo volumétrico a continuación:

$$Q_{\text{Volumen}} = (\text{Volumen de Produccion deseada})(\rho_{\text{Pellets}}) \quad \text{Ec. 21}$$

$$Q_{\text{Volumen}} = \frac{(200 \text{ kg/h})}{450 \text{ kg/m}^3} = 0,444 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,000124 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

Finalmente, con los valores que se han obtenido se procede a calcular el número de orificios de la matriz para que se produzcan 150 kg/h, para este cálculo se consideran el diseño de 2 rodillos de compactación, por lo que el número mínimo de orificios debe ser:

$$N^{\circ}_{\text{ORIFICIOS}} = \frac{Q_{\text{Volumen}}}{V_{\text{EXTRUSIÓN}} N^{\circ}_{\text{RODILLOS}} A_{\text{dado}}} \quad \text{Ec. 22}$$

$$N^{\circ}_{\text{ORIFICIOS}} = \frac{0.000124 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{0.0154 \frac{\text{m}}{\text{seg}} * 2_{\text{RODILLOS}} * (\pi * (0.003 \text{ m})^2)} = 143 \text{ orificios.}$$

Esta sería la cantidad mínima de orificios que debe de tener la matriz para cumplir con la producción deseada y su consideración de sobreproducción, que se estableció en 200kg/hora.

Sin embargo, se debe tener en cuenta el diseño de la matriz de peletización, la cual tiene un diámetro de 300 mm, pero solo un área de ese espacio es donde van a estar perforados los orificios. (ver figura 50). Además dicha área debe estar casi completamente cubierta de estos, siempre que se respete un espacio mínimo entre orificios, ya que si se deja mucho espacio en ese particular, los rodillos todavía pasarían por esa zona sin orificios y en vez de peletizar, pisarían y arrastrarían material, lo cual dificultaría el proceso de peletizado en general.

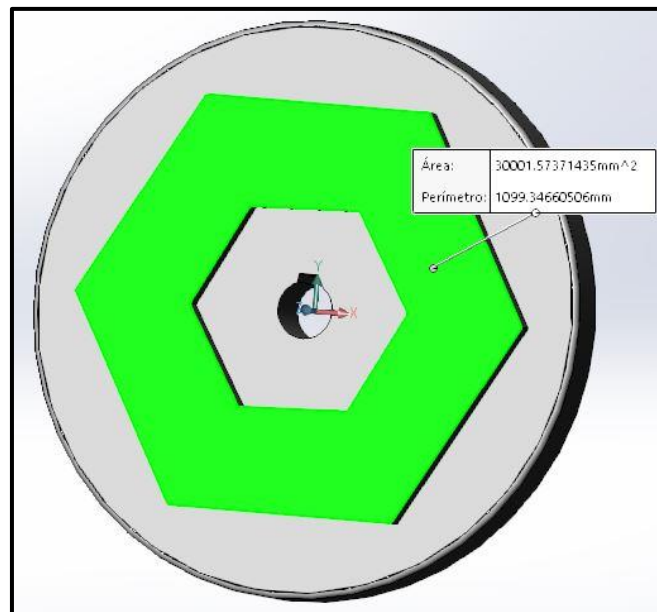


Figura 50. Área de peletizado en la matriz.
Fuente: Triviño E. (2024)

El área por donde pasaran los rodillos para extruir el material es de 30.000 mm², sin embargo el área total de ocupación sería el 15% del total, ya que los orificios son perforados uno junto a otro. Se procede a calcular el número de orificios necesarios para cubrir dicha área, teniendo en cuenta el área real que se debe cubrir con orificios y el área de un orificio.

$$N^{\circ} \text{ orifios} = \frac{30.000 (0.15)}{\pi (3 \text{ mm}^2)} = 159 \text{ orifios.}$$

Este valor resulta ser ideal, ya que se comprueba en el diseño final de la matriz de peletización (ver figura 51), mediante el software de diseño CAD, SolidWorks. En este se determina un total de 150 orificios que tienen un avellanado de 10 mm a 60 ° y 6 mm de diámetro con 30 mm de longitud, para más detalles de la matriz de peletización, se recomienda revisar el apéndice C.

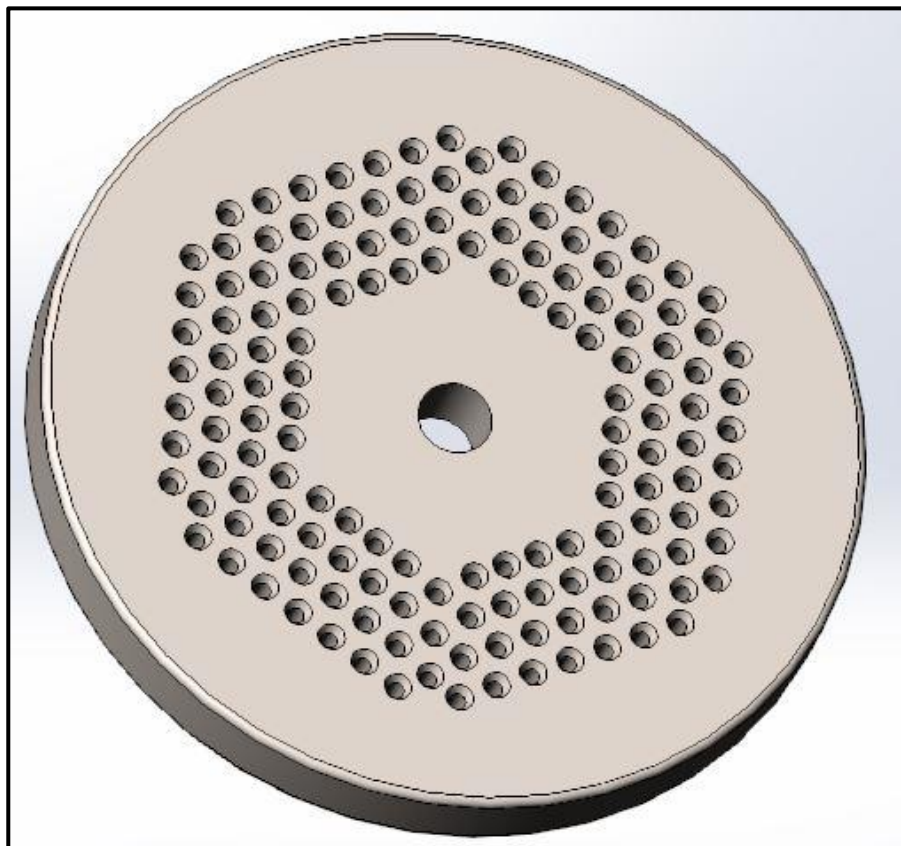


Figura 51. Diseño Final de la Matriz de peletizado.
Fuente: Triviño E. (2024)

9. Potencia necesaria

Para determinar la potencia que será demandada por el motor para mover el eje de la peletizadora (ver figura 52), es preciso tomar en cuenta la potencia que es necesaria para la compactación del material en el área la matriz y la potencia requerida en el área de corte por las cuchillas, una vez que se calcularon estas potencias será posible obtener el total de potencia necesario y así seleccionar el motor adecuado.

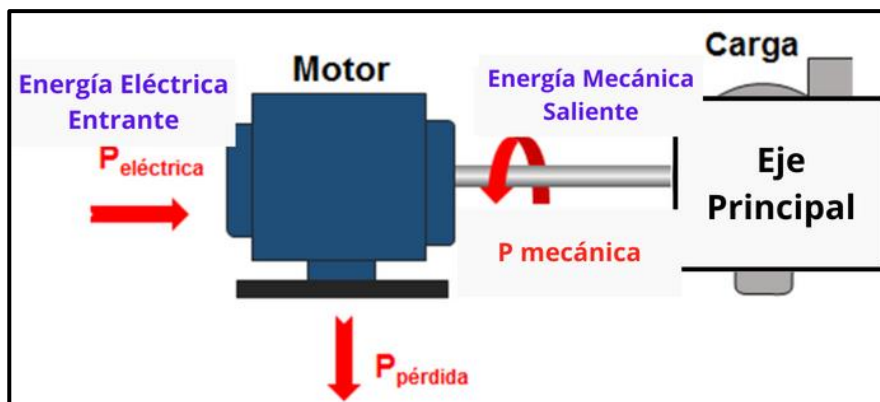


Figura 52. Potencia necesaria para mover el eje que acciona la peletizadora.
Fuente: Triviño E. (2024)

- **Potencia de los rodillos**

El número de rodillos, es el elemento del cual depende la potencia que se necesitara para compactar el pasto, también es necesaria la fuerza que se aplica para la compactación y la velocidad a la que los rodillos se mueven, esta potencia se calculara con la Ec. 23 ya que se cuentan con estos datos de los cálculos realizados anteriormente, como lo son: la longitud de contacto de 1 rodillo, la fuerza de compresión necesaria para el pasto y la velocidad a la que los rodillos se mueven.

$$Pot_{Rodillos} = L F_{comp} \omega_{Rodillo} N^{\circ}_{rodillos} \quad \text{Ec. 23}$$

$$Pot_{Rodillos} = (0,0457 \text{ m})(1405,52 \text{ N}) \left(10,41 \frac{\text{Rad}}{\text{seg}}\right) * 2 = 1,34 \text{ kW}$$

$$Potencia \text{ en HP} = 1,34 \text{ kW} * \frac{1,341 \text{ HP}}{1 \text{ kW}} = 1,8 \text{ HP}$$

En efecto, el motor que se seleccione para potenciar al sistema peletizador debe de trabajar con 1.8 Hp de fuerza mínima.

Finalmente, una forma empírica de sustentar este resultado sería que es de conocimiento común en el área de la producción manufacturera, que se requieren 10 HP para producir 1 TON

de producto, por lo que, para 200 kg, la potencia necesaria sería de 2 Hp, lo cual es acorde con el resultado obtenido.

- **Potencia de corte**

La potencia necesaria por las cuchillas que se muestran en la figura 53, para poder cortar los pellets a la longitud deseada y que los pellets no presenten desperfectos al momento del corte, estará en relación con la presión de resistencia del pasto que será compactado, la velocidad de extrusión del pellet. El área del pellet, y de la cantidad de pellets que la cuchilla corta simultáneamente, en la figura 55, se observa que en este caso el conjunto de corte podrá cortar 4 pellets al mismo tiempo.

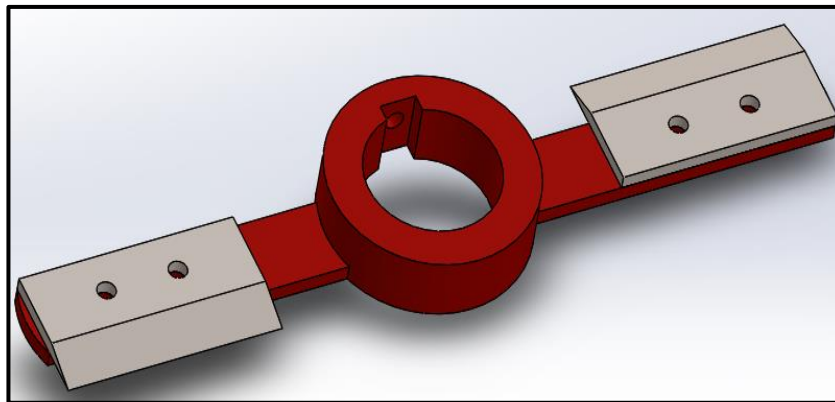


Figura 53. Diseño final del Conjunto de Corte.

Fuente: Triviño E. (2024)

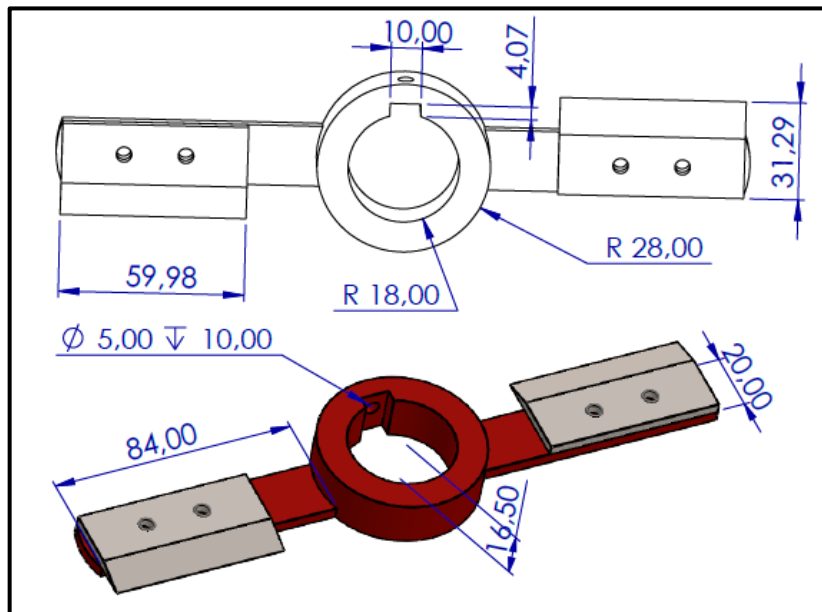


Figura 54. Dimensiones del Conjunto de Corte.

Fuente: Triviño E. (2024)

Para más de detalles del conjunto de corte, se recomienda revisar el apéndice C, mientras que en la siguiente imagen se puede observar que las cuchillas en relación a los orificios de la matriz pueden cortar 4 pellets al mismo tiempo.

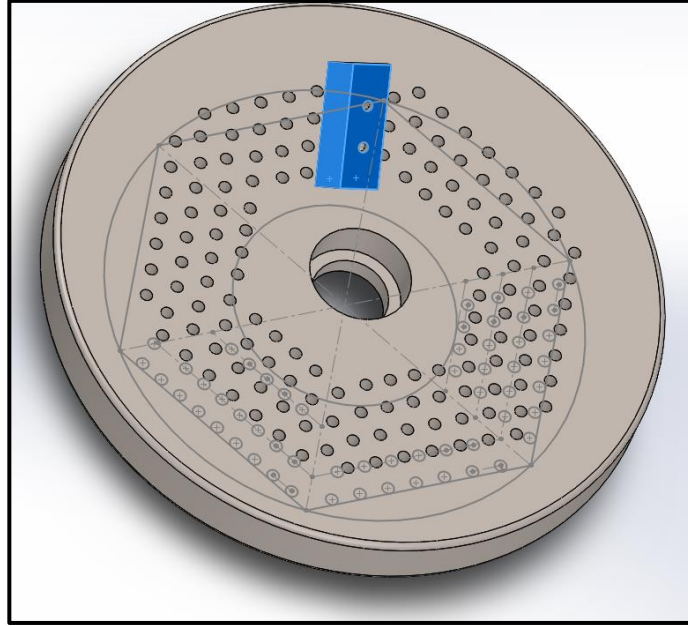


Figura 55. Cantidad de Pellets que cortan la cuchilla simultáneamente.
Fuente: Triviño E. (2024)

En la Ec.25, la potencia requerida por el conjunto de corte será calculada, pero para determinar el módulo de cizalladura, la cual es una constante de cada material elástico que caracteriza la deformación que sufre el material cuando se somete a un esfuerzo de corte, se deberá de conocer el coeficiente de Poisson (ν_p) el cual tiene un valor de 0.4 (Fuentealba, 2004) que es el ideal para frutas, con este coeficiente y el módulo de Young se procede a determinar el módulo de cizalladura (R_c) de la siguiente manera.

$$R_{\text{pasto}} = \frac{\bar{Y}_f}{2 (1 + \nu_p)} \quad \text{Ec. 24}$$

$$R_{\text{pasto}} = \frac{15 \text{ Mpa}}{2 (1 + 0.4)} = 5,35 \text{ Mpa}$$

Este valor será la presión de resistencia que impone un pellet de pasto a ser cortado, por lo que con él se procede a determinar la potencia que venza la resistencia que se determinó en 5.35 Mpa. Luego, la potencia de corte será

$$\text{Pot}_{\text{Cuchillas}} = (R_{\text{Pasto}})(S)(V_{\text{Extusión}}) \quad \text{Ec. 25}$$

Donde:

$P_{Cuchillas}$: Potencia necesaria para el corte de los pellets.

R_{pasto} : Presión de resistencia del pasto.

S: Superficie del material en el cual se ejercerá la presión

$V_{extrusión}$: Velocidad de extrusión del pellet.

$$\begin{aligned}Pot_{Cuchillas} &= 5,35 \frac{N}{m^2} (\pi * (0,003 m)^2 (2 \text{ rodillos})(4 \text{ pellets}) 0,015166 \frac{m}{seg}) \\ &= 0,00000018353 W = 0,0000246 Hp\end{aligned}$$

Este valor obtenido debe sumarse a la potencia requerida por los rodillos para así determinar las características que debe cumplir el Motor, sin embargo el valor obtenido en caballos de fuerza, es bastante pequeño, lo cual se ajusta a los requerimientos del sistema, ya que quiere decir que este valor no aumentara significativamente las características necesarias para la selección pertinente del motor.

10. Selección del Motor - Reductor

Con los datos obtenidos de la potencia necesaria para mover el sistema de extrusión (Rodillos) junto con la potencia necesaria para el corte de los pellets, se procede a seleccionar el equipo Motor-Reductor que accione el sistema de transmisión de potencia (Eje Central), para ello es necesario conocer la potencia que va a necesitar este, las revoluciones a las que debe girar el conjunto de rodillos, y el torque presente en estos, con los cuales se elige el conjunto de motor y reductor eficientes para el requerimiento. De los anteriores cálculos determinados, se tiene que:

- **Fuerza de Compresión en los rodillos:** 1405,52 N
- **Velocidad de los rodillos:** 10,41 Rad/seg = 100 RPM.
- **Potencia requerida por los rodillos y el sistema de corte:** 2 HP

Luego, el Torque es

$$Torque_{Rodillos} = Radio_{Rodillo} * Fuerza_{Compresion} * N^{\circ} \text{ de rodillos} \quad \text{Ec. 26}$$

$$Torque_{Rodillos} = (0,0703 m) * (1405,52 N) * 2 = 197,62 Nm$$

Con estos datos, se procede a seleccionar un motor que cumpla con 1.5 kW junto con un porcentaje de seguridad, eligiendo un motor de 2.6 kW (3.4 HP) para garantizar que con este se puedan vencer todas las fuerzas en el compactado de la materia prima. Además, el reductor es el mecanismo empleado para la regulación de motores eléctricos con el objeto de hacerles funcionar a un ritmo establecido, por lo que, el reductor, como se muestra en la figura 57, será de tipo cónicos

helicoidales, los cuales son motores reductores de ejes ortogonales, es decir el eje de salida del reductor está desplazado 90° respecto al eje del motor. (Ver anexo A)

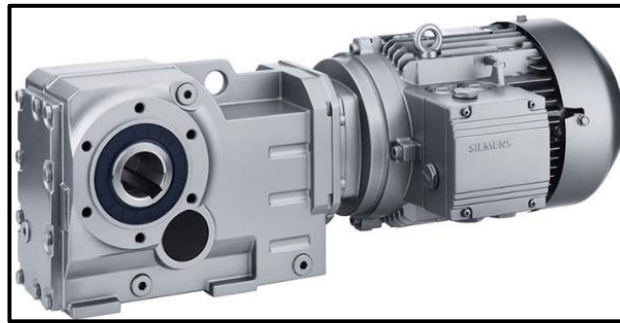


Figura 56. Motor-Reductor Cónico Helicoidal.
Fuente: Catálogo Siemens (2010)

El Modelo que se escoge del catálogo es el 2KJ 1503 – 1 FL13 – 2C H1, el cual tiene 110 RPM de salida, además de un Torque de salida de 228 Nm y un factor de servicio de 2.

Tabla 3. Motor-Reductor Cónico Helicoidal de 2.6 kW.

Motorreductores							
Motorreductores cónicos helicoidales							
Motorreductores de hasta 200 kW							
Datos para selección y pedidos (continuación)							
Potencia P_{motor} kW	Velocidad de salida		Par de salida T_2 Nm	Factor de servicio f_s	Índice de reducción i_{tot}	Referencia	Código (n.º polos) Peso ^{*)} kg
	n_2 (50 Hz) min ⁻¹	n_2 (60 Hz) min ⁻¹					
2,2 (50 Hz)	K 48-LA100L4						
2,6 (60 Hz)	57	68	368	1,2	24,85	2KJ1503 - ■FL13 - ■■N1	43
	63	76	333	1,3	22,54 ★	2KJ1503 - ■FL13 - ■■M1	43
	69	83	304	1,5	20,54	2KJ1503 - ■FL13 - ■■L1	43
	76	91	278	1,6	18,78 ★	2KJ1503 - ■FL13 - ■■K1	43
	85	102	248	1,8	16,79	2KJ1503 - ■FL13 - ■■J1	43
	92	110	228	2,0	15,42 ★	2KJ1503 - ■FL13 - ■■H1	43
	102	122	206	2,1	13,90	2KJ1503 - ■FL13 - ■■G1	43
	119	143	177	2,4	11,95 ★	2KJ1503 - ■FL13 - ■■F1	43

Fuente: Catálogo Siemens (2010)

11. Transmisión de potencia

Por la potencia que se obtiene del conjunto motor y reductor seleccionado según los cálculos anteriores, se procede a dimensionar los componentes (Ejes), con los cuales esta se transmitirá hasta los rodillos de compactación, en la figura 57, se muestra la sección que está

compuesta por el eje principal y el eje de los rodillos de compactación, estos elementos estarán diseñados en base a los anteriores cálculos hechos para el sector de Peletización.

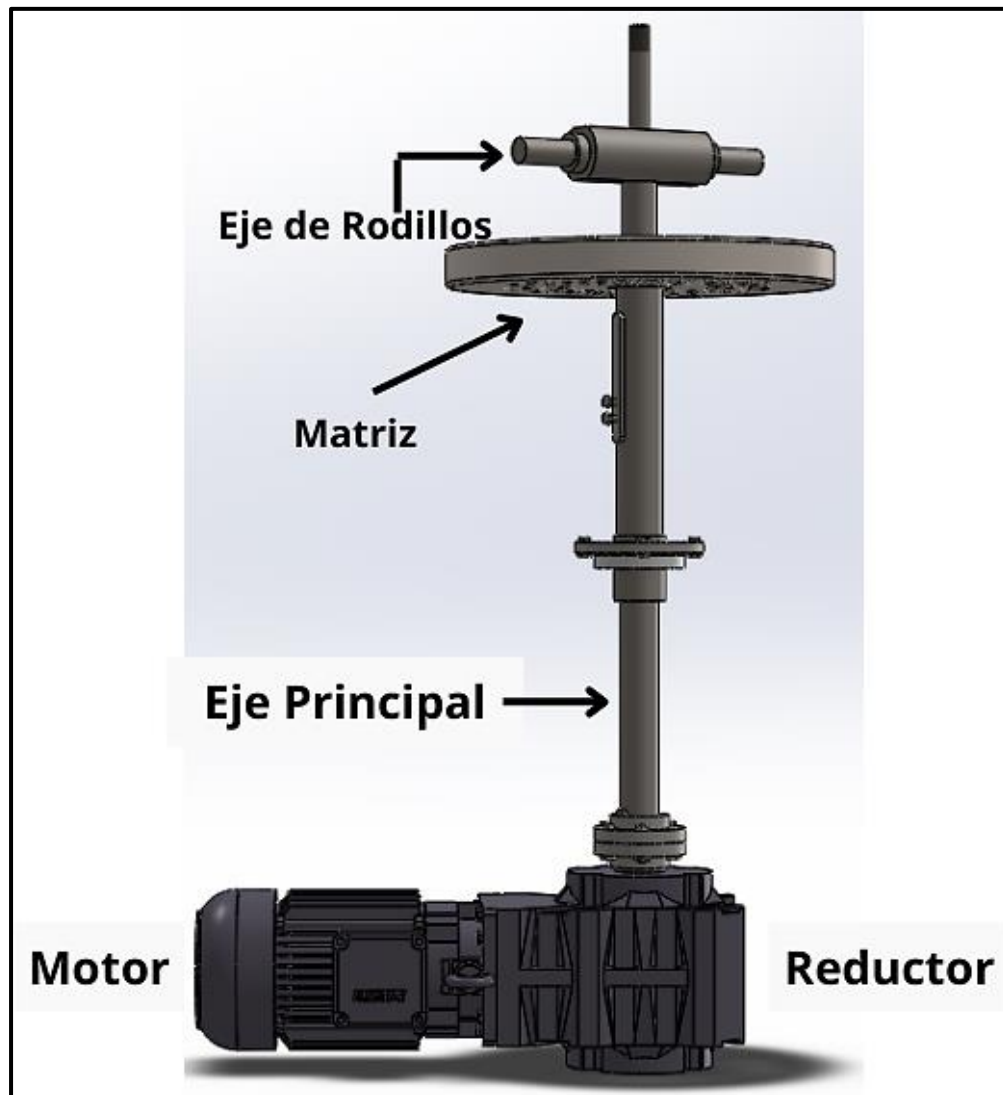


Figura 57. Posición de los ejes de transmisión de potencia.
Fuente: Triviño E. (2024)

- **Eje Central**

Se deberá de considerar que el eje central (ver figura 58) se encuentra sometido a diversas fuerzas producidas por la transmisión de la potencia del motor, de la unión de las cuchillas y de rodillos al eje, generando un par de torsión por las fuerzas anteriores.

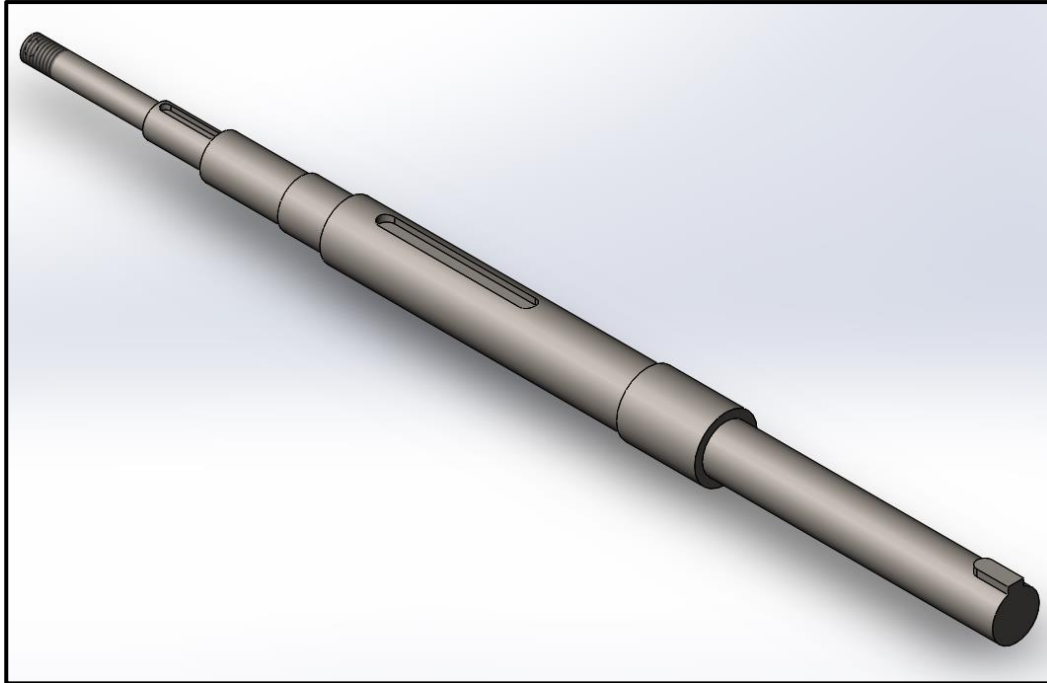


Figura 58. Eje Principal, se acopla al Motor-Reductor.
Fuente: Triviño E. (2024)

A continuación, en la Figura 59 se presenta un diagrama de cuerpo libre de las fuerzas a estudiar en el eje.

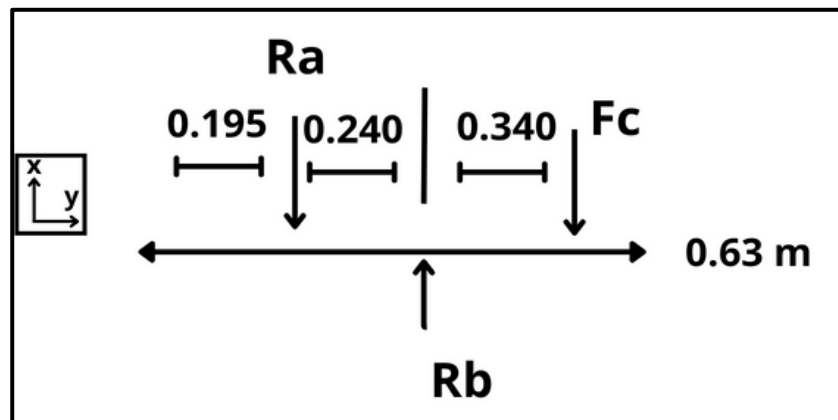


Figura 59. DCL del Eje Central.
Fuente: Triviño E. (2024).

Donde:

El eje mide 630 mm de largo

La reacción en a, (R_a) es la producida por el buje de apoyo del eje en la mesa.

La reacción en b, (R_b) es la producida por el apoyo (rodamiento) en la matriz de extrusión.

La fuerza de compresión, (F_c) es la generada por los rodillos de compactación.

Se realiza una suma de momentos respecto a R_a , ya que es donde se empiezan originar las fuerzas, se busca que el cuerpo este en equilibrio.

$$\sum M (R_a) = 0$$

$$\sum M (R_a) = 240 (R_b) - (1405,52 * 2) 340,3 = 0 \quad \text{Ec. 27}$$

$$R_b = 3985,82 \text{ N}$$

Luego,

$$\sum F_y = R_a - R_b + F_c = 0 \quad \text{Ec. 28}$$

$$\sum F_y = R_a - 3985,82 \text{ N} + (1405,52 * 2) = 0$$

$$R_a = 1174,8 \text{ N}$$

- **Calculo del momento flector y fuerzas cortantes**

Se debe determinar el diámetro ideal del eje, para ello es esencial calcular los momentos flectores que se dan debido a las fuerzas presentes, luego también se buscan las fuerzas cortantes. Ver figura 60.

$$V_1 = R_a = 1174,8 \text{ N}$$

$$M_1 = R_a X - 1174,8 X$$

$$0 \leq X \leq 0,240 \text{ m}$$

$$M_1 = (1174,8 \text{ N}) (0,240 \text{ m}) = 281,95 \text{ Nm}$$

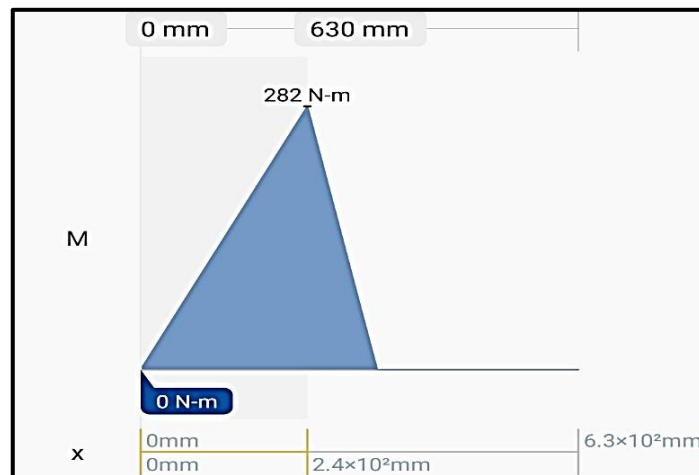


Figura 60. Diagrama del momento, máximo esfuerzo.
Fuente: Triviño E. (2024).

Además, en el tramo de $0 \leq X < 0.240$

$$V_2 = R_b - F_c = (3985,02 \text{ N}) - (2811 \text{ N})$$

$$V_2 = 1174,02 \text{ N}$$

Para el tramo, $0,240 \text{ m} \leq X < 0,340$

$$V = -2\,811 \text{ N}$$

$$M_2 = -R_b X + F_c (X - 0.630 \text{ m})$$

$$0,340 \leq X < 0,630$$

$$M = 0$$

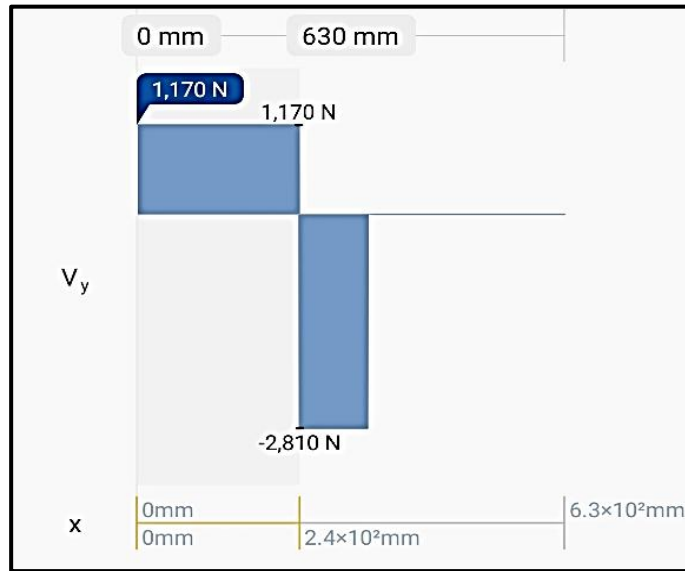


Figura 61. Diagrama del esfuerzo cortante máximo.
Fuente: Triviño E. (2024).

- **Par de torsión del eje**

Para evitar deformaciones debido al giro del eje, se debe calcular el par de torsión dado por la transmisión de potencia del motor que entra al eje central, esta torsión será sustraída del catálogo motor-reductor, según el equipo seleccionado este es de 228 Nm. (Ver Tabla 3).

- **Cálculo del diámetro del eje central.**

El eje principal es el responsable de transmitir la potencia hacia los rodillos peletizadores que compactan el pasto contra la matriz, para definir el diámetro del eje se debe de considerar el momento máximo que actúa en el eje, el par de torsión que se genera por la transferencia de potencia, además de considerar los parámetros del material con el cual se fabricara el eje, para la peletizadora se usara acero AISI 1045 del cual se necesitara su resistencia a la fatiga, que tiene un valor de $S_u = 570 \text{ MPa}$ y la resistencia a la fluencia $S_y = 310 \text{ MPa}$ (Ver Anexo B), Con la Ec. 29 se determinara el valor de la resistencia a la fluencia.

Este eje está sujeto a flexiones con fatiga alterna y a torsión. Para calcular el diámetro de este se utilizará el método ASME para flexión alterna y torsión constante:

$$d = \left[\frac{32N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{K_f \cdot M_r}{S_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{1/3} \quad \text{Ec. 29}$$

Donde:

N = Factor de seguridad

Kf = Factor de concentrador de esfuerzos

Mr = Momento flector resultante sobre el eje; Nm

T = Momento torsor sobre el eje; Nm = 228 Nm

Sn = Límite de fatiga; Pa

Sy = Esfuerzo de fluencia del material; Pa

Para aplicaciones agrícolas, donde se tienen aplicaciones de fuerzas en periodos intermitentes, se pretende que la maquina trabaje de 3 a 5 horas al día para generar la cantidad de alimento peletizado que requiera la empresa, se puede considerar un factor de seguridad de 3. Como se utilizarán apoyos en distintas partes del eje el factor de concentración de esfuerzos será de Kf = 1,6. Luego, para determinar la fatiga a la que está sometida el eje, se aplica la Ec.30

El límite de fatiga se encuentra gracias a los coeficientes de Marín, para este caso se excluirán los coeficientes cuyo valor es 1, entonces el límite de fatiga será:

$$S_n = S'_n \cdot C_s \cdot C_d \cdot C_{cf} \cdot C_c \quad \text{Ec. 30}$$

S'_n = Límite de fatiga para materiales ferrosos; MPa

Cs = Coeficiente por acabado superficial

Cd = Coeficiente por dimensión de la pieza

Ccf = Coeficiente por confiabilidad funcional

Cc = Coeficiente por carga de corte

Para acero el coeficiente por carga de corte tiene un valor de Cc = 0,6 y su límite de fatiga será:

$$S'_n = 0,5S_u = 0,5(570 \text{ MPa}) \rightarrow S'_n = 285 \text{ MPa}$$

Para una confiabilidad del 99% se tiene un coeficiente de confiabilidad de Ccf = 0,83.

Si consideramos que el diámetro resultante será $d < 12,5$ mm por lo que el coeficiente por dimensión de la pieza será de $C_d = 1$

Como el eje será rectificado el factor superficial será:

$$C_s = 1,58(S_u)^{-0,085} = 1,58(570)^{-0,085} \rightarrow C_s = 0,9213$$

Entonces el límite de fatiga será:

$$S_n = (285 \text{ MPa})(0,9213)(1)(0,83)(0,6) \rightarrow S_n = 130,8 \text{ MPa}$$

Por lo tanto sustituyendo valores en la ecuación 29:

$$d = \left[\frac{32(3)}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 281,95}{130,8}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{228}{310}\right)^2} \right]^{1/3} \rightarrow d = 5,3 \text{ mm}$$

Como el diámetro $< 12,5$ mm se seleccionaron bien los coeficientes. Además se toma en consideración el diseño de peletizadoras comerciales, para que si posteriormente se requiere adquirir un repuesto comercial, este diseño tenga una buena adaptación a estos, por ello se elegirá el menor diámetro del eje en 15 mm, como se muestra en la imagen siguiente y el cual se va a agrandar de ser necesario debido a la geometría de los componentes del sistema, este diámetro elegido como el menor diámetro en toda la extensión del eje es superior al diámetro mínimo calculado, por lo cual funcionara sin problemas.

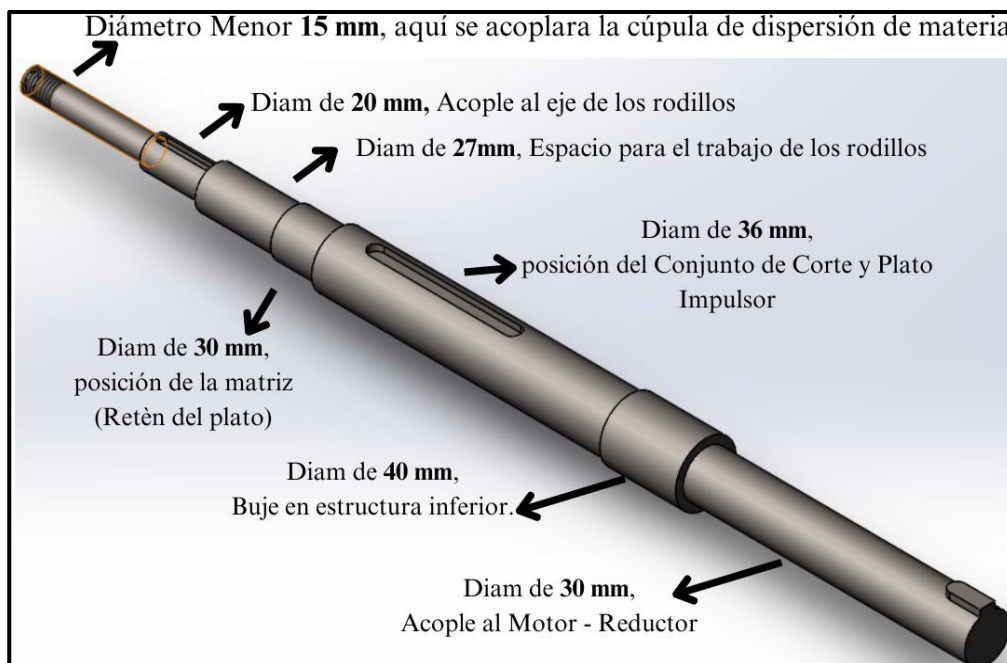


Figura 62. Posición del Diámetro mínimo del eje principal y relación de posición de los componentes del peletizador.

Fuente: Triviño E. (2024)

12. Diseño del eje de los rodillos

Los rodillos que realizan el trabajo de peletizar o compactar el material contra la matriz de extrusión, poseen un eje que los une (ver figura 63 y 64) el cual es dirigido por el eje principal, por lo que también está expuesto a fuerzas que lo afectan, se deben analizar esas fuerzas para poder determinar un tamaño adecuado para su diámetro.

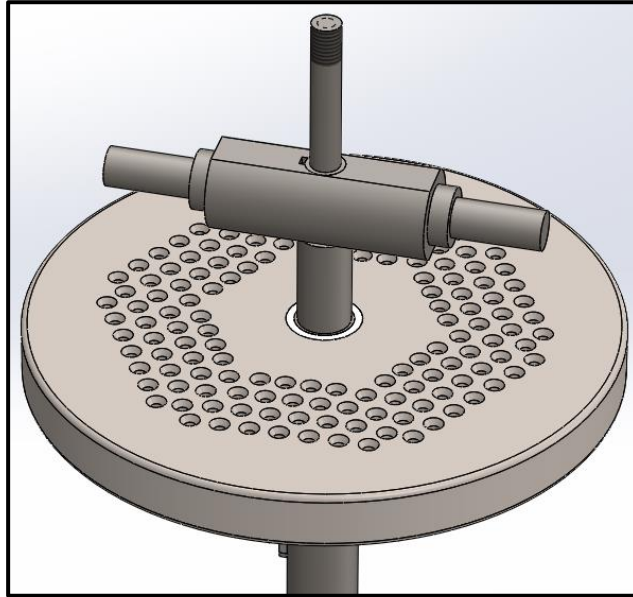


Figura 63. Posición del eje de los rodillos.

Fuente: Triviño E. (2024)

Ahora bien, en la siguiente figura se podrá observar el ensamblaje del eje con sus correspondientes rodillos.

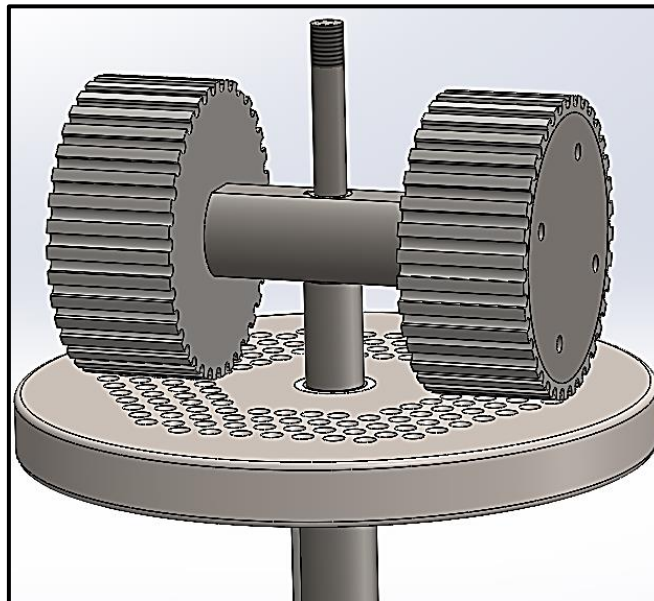


Figura 64. Ensamble del Eje con sus respectivos rodillos.

Fuente: Triviño E. (2024)

Luego, el primer paso para determinar un tamaño adecuado para el diámetro del eje de los rodillos será realizar un diagrama de cuerpo libre del mismo, como se observa en la figura 65. En este se ha tomado solo el estudio de la mitad del eje, donde está un solo rodillo de compactación, puesto que las mismas fuerzas y el mismo momento flector son los que interactúan en el conjunto de compactación que se divide en 2 rodillos.

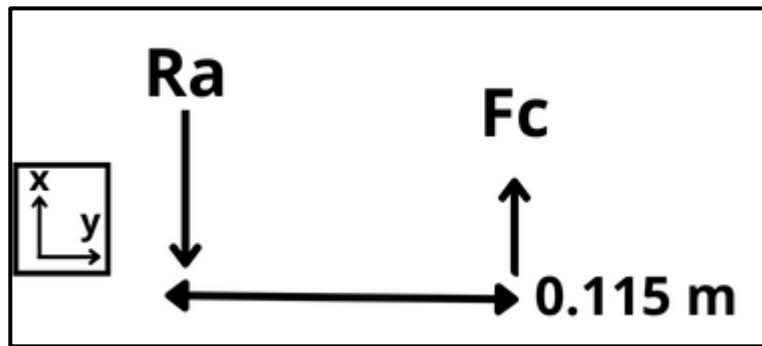


Figura 65. DCL para las reacciones en el eje de los rodillos.
Fuente: Triviño E. (2024)

Donde:

El eje mide 230 mm de largo, para el estudio se evalúa la longitud de eje que ocupa un rodillo. (115mm)

La reacción en a, (Ra) es la producida por el rodamiento de apoyo del eje al rodillo.

La fuerza de compresión, (Fc) es la generada por cada rodillo de compactación.

- **Calculo del momento flector y fuerzas cortantes**

$$\sum M (Ra) = 0$$

$$M \ 0,115 \text{ m} * (1405,52 \text{ N}) = 161,63 \text{ Nm}$$

$$\sum F x = 0$$

$$Ra - F \text{ comp} = 0$$

$$Ra = F \text{ comp} = 1405,52 \text{ N}$$

Luego, se realiza el diagrama de Momento respecto al punto a.

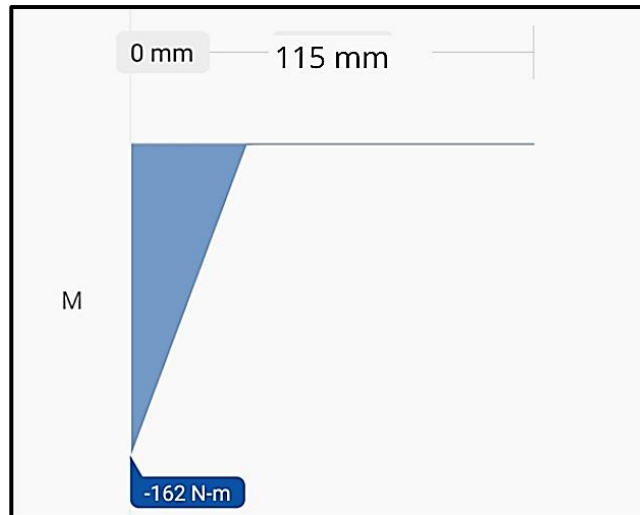


Figura 66. Diagrama del momento, máximo esfuerzo. Respecto al punto A.
Fuente: Triviño E. (2024)

Donde, $0 \text{ m} \leq X < 0.115$

$$M = 1405,52 X - 161,63 \text{ Nm}$$

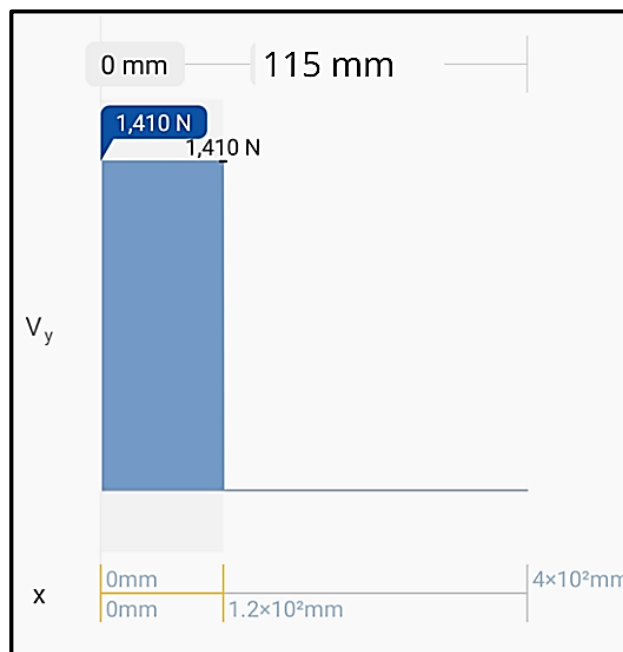


Figura 67. Diagrama del esfuerzo cortante máximo.
Fuente: Triviño E. (2024).

Para el tramo, $0 \text{ m} \leq X < 0,115$

El cortante máximo es 1405,52 N

- **Diametro para el eje del rodillo**

Este eje sera construido igualmente de AISI 1045, por ello se utilizaran los mismos factores seleccionados en el diseño del eje principal, y se aplica la misma ecuación. En Ec.31

$$\begin{aligned} S'_n &= 0,5S_u = 0,5(570 \text{ MPa}) \rightarrow S'_n = 285 \text{ MPa} \\ C_s &= 1,58(S_u)^{-0,085} = 1,58(570)^{-0,085} \rightarrow C_s = 0,9213 \\ S_n &= (285 \text{ MPa})(0,9213)(1)(0,83)(0,6) \rightarrow S_n = 130,8 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$D_{\text{eje}} = \left\{ \left[\frac{32 (3)}{\pi} \right] * \left[\sqrt{\left(\frac{2 (161,63 \text{ N m})}{130,8} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{228 \text{ Nm}}{310} \right)^2} \right] \right\}^{\frac{1}{3}} \quad \text{Ec. 34}$$

$$D_{\text{eje}} = 4,30 \text{ mm}$$

Finalmente, se debe destacar que en el diseño final presentado por modelación mediante el software SolidWorks, las medidas que corresponden al cálculo del diámetro mínimo del eje de los rodillos el cual resulto en 4,30 mm y para el diámetro mínimo del eje principal que resulto en 5,30 mm, ambos valores dependen de la potencia, torque y velocidad del motor seleccionado, las cuales son: 2.6 kW, 228 N-m y 110 RPM, con estas características del motor se logra cumplir con la capacidad de producción actualmente requerida por la granja (150 kg-Hora). Sin embargo, se tomaron en cuenta las aspiraciones señaladas por los informantes clave dentro de la empresa “RONGRAT, C.A”, quienes expresaron su interés en incrementar la producción en el futuro, manifestando su intención de hacer uso de un motor con mayor potencia y velocidad. Por lo que se decidió aumentar el diámetro mínimo del eje de los rodillos a 20 mm, y del eje principal a 15 mm, con el objetivo de garantizar la resistencia y durabilidad de los componentes del sistema peletizador ante posibles incrementos en la potencia del motor en el futuro. Esta decisión se tomó con base en las necesidades actuales de producción de la granja ganadera, así como a las proyecciones de crecimiento y expansión que se tienen contempladas. De esta manera, se busca asegurar que la inversión inicial realizada en el diseño del sistema peletizador sea sostenible a largo plazo y pueda adaptarse a las demandas cambiantes de la empresa.

Por otro lado, como se define en la próxima sección (13. Cálculo y selección de los Rodamientos) los rodillos requieren del uso de rodamientos internos que garanticen su correcto funcionamiento, durante el cálculo de los mismos se pudo observar que los rodamientos deben ser capaces de soportar la carga dinámica a la cual están sometidos los rodillos, de los resultados

obtenidos al calcular dicha carga (ver ecuación 37), se pudo constatar por medio del catálogo general SKF (ver anexo A) que los rodamientos para ejes de 4 a 10 mm no son capaces de soportar la carga necesaria, y así se rectifica una vez más que el diseño idóneo del eje será de 20 mm. Con relación a este último, como se muestra en la figura 68, el diámetro del eje va aumentando a partir del mínimo, siendo el máximo diámetro de 45 mm, por lo que para su fabricación se utiliza una barra de acero comercial de 2 pulgadas (50,80 mm), la cual será mecanizada (torneado) para obtener el diseño final de los ejes del sistema peletizador.

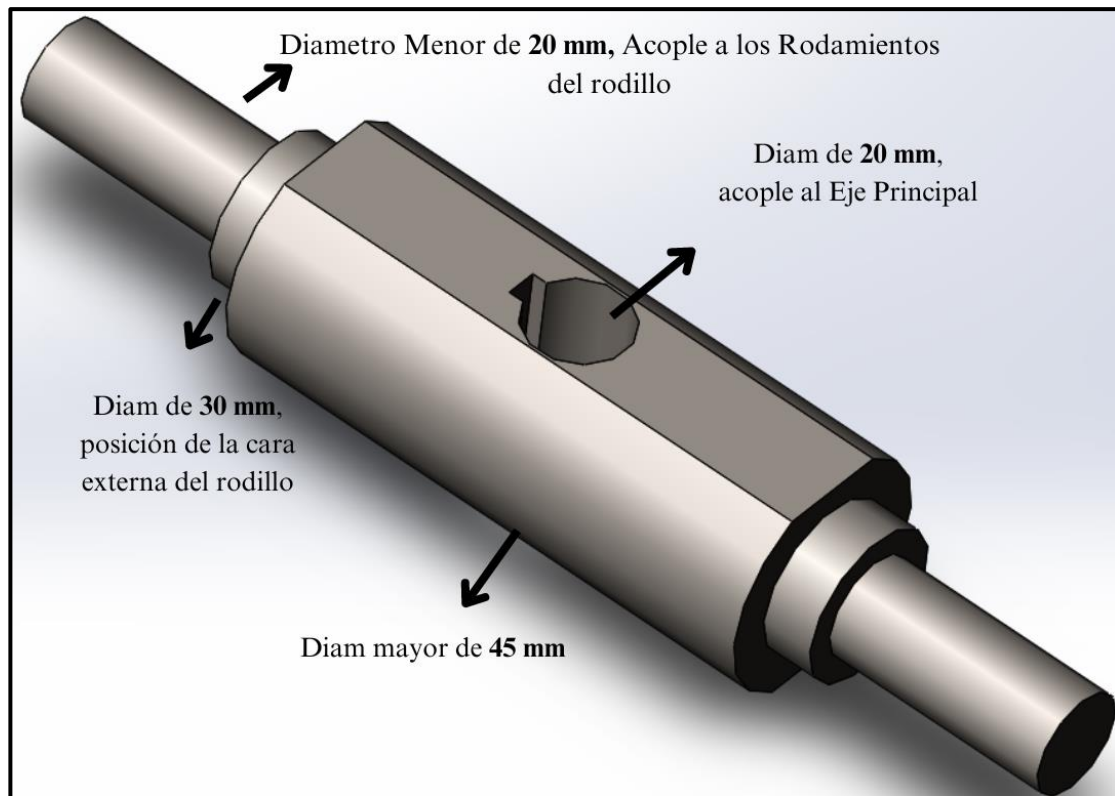


Figura 68. Posición del Diámetro mínimo del eje de los Rodillos, y posición de los componentes que conforman el conjunto de Rodillos.

Fuente: Triviño, E. (2024)

13. Cálculo y selección de los Rodamientos y Apoyos.

Con los diámetros de los ejes ya definidos, se procede a diseñar y/o seleccionar los apoyos o rodamientos necesarios para el funcionamiento de la peletizadora. En primer lugar se seleccionarán los rodamientos que están involucrados en el funcionamiento de los rodillos, los cuales se muestran en la figura 69 y que como tal estos interactúan con el eje de los mismos. Además, para cada rodillo se necesitan 2 rodamientos como se evidencia en la figura.

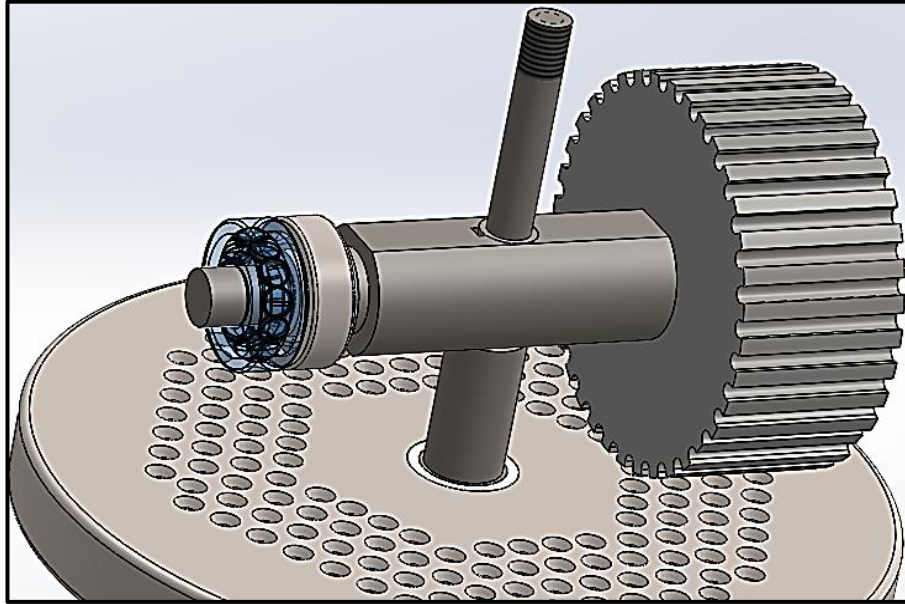


Figura 69. Posición de los rodamientos involucrados en el funcionamiento de los rodillos.

Fuente: Triviño, E. (2024)

En relación a lo anterior, se tiene que para el diseño de este eje se consideró que la carga axial es despreciable, además la carga equivalente sobre el rodamiento será únicamente la radial y como se observa en la figura 67 tendrá un valor de: 1410 N, siendo esta la mayor fuerza que actúa en todo el conjunto. En la Ec. 35 se pretende calcular la vida nominal del rodamiento para que este pueda cumplir con el trabajo requerido y así sea satisfactoriamente seleccionado.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p \quad \text{Ec. 35}$$

$$L_{10} = \left(\frac{L_{10h} * 60 * n}{10^6} \right)^p \quad \text{Ec. 36}$$

Dónde:

C = Capacidad básica de carga, N

P = Carga estática equivalente, kN; para el caso se usarán 1410 N

L_{10} = Vida nominal en millones de Revoluciones.

L_{10h} = Vida nominal en Horas de funcionamiento. (Ver Tabla 4)

n = velocidad de giro, rpm. Para el caso son 110 RPM.

p = 3 para rodamientos de bolas y 10/3 para rodamientos de rodillos.

Tabla 4. Vida nominal en Horas de funcionamiento (L_{10h}) según la clase máquina.

Valores orientativos de vida nominal requeridos para diferentes clases de máquinas	
Clase de máquinas	Vida nominal Horas de funcionamiento
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, equipos técnicos de uso médico	300 ... 3 000
Máquinas usadas intermitentemente o por cortos períodos: herramientas eléctricas portátiles, aparatos elevadores en talleres, máquinas y equipos para la construcción	3 000 ... 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos períodos o intermitentemente: ascensores (elevadores), grúas para mercancías embaladas o eslingas de tambores, etc.	8 000 ... 12 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario, no siempre totalmente utilizadas: transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos de uso industrial, machacadoras rotativas	10 000 ... 25 000

Fuente: Catalogo General SKF (2019).

$$L_{10} = \left(\frac{6000 * 60 * 110}{10^6} \right)^3 = 39,60$$

Luego, de la ecuación 35 se despeja capacidad de carga con la que debe cumplir el rodamiento seleccionado.

$$C = (L_{10})^{1/3} * P \quad \text{Ec 37}$$

$$C = (39.6)^{\frac{1}{3}} * 1410 \text{ N} = 4,81 \text{ kN}$$

Finalmente, con estos datos se procede a seleccionar del catálogo general de SKF, un rodamiento que cumpla con dichos requerimientos, este se señala en la tabla 5; el cual es el modelo *6304, Modelo Explorer, que se han diseñado para funcionar a una temperatura más baja, con más suavidad y durante más tiempo que los rodamientos estándar. Por lo que se recomiendan para aplicaciones donde hay altos niveles de contaminación o condiciones de lubricación pobre. El modelo seleccionado tiene un diámetro de 20 mm, como el eje de los rodillos, y puede soportar 16,8 kN, y 30.000 rpm. (Ver anexo A).

Tabla 5. Rodamiento para los rodillos de compactación. (Modelo 6304 Explorer).

Dimensiones principales			Capacidad de carga		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	básica dinámica C	estática C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	rpm		kg	—
17	26	5	1,68	0,93	0,039	56 000	34 000	0,0082	61803
	30	7	4,62	2,55	0,108	50 000	32 000	0,018	61903
	35	8	6,37	3,25	0,137	45 000	28 000	0,032	*16003
	35	10	6,37	3,25	0,137	45 000	28 000	0,039	*6003
	40	9	9,56	4,75	0,2	38 000	24 000	0,048	98203
	40	12	9,95	4,75	0,2	38 000	24 000	0,065	*6203
	40	12	11,4	5,4	0,228	38 000	24 000	0,064	6203 ETN9
	47	14	14,3	6,55	0,275	34 000	22 000	0,12	*6303
	62	17	22,9	10,8	0,455	28 000	18 000	0,27	6403
20	32	7	4,03	2,32	0,104	45 000	28 000	0,018	61804
	37	9	6,37	3,65	0,156	43 000	26 000	0,038	61904
	42	8	7,28	4,05	0,173	38 000	24 000	0,050	*16004
	42	9	7,93	4,5	0,19	38 000	24 000	0,051	98204 Y
	42	12	9,95	5	0,212	38 000	24 000	0,069	*6004
	47	14	13,5	6,55	0,28	32 000	20 000	0,11	*6204
	47	14	15,6	7,65	0,325	32 000	20 000	0,096	6204 ETN9
	52	15	16,8	7,8	0,335	30 000	19 000	0,14	*6304
	52	15	18,2	9	0,38	30 000	19 000	0,14	6304 ETN9
	72	19	30,7	15	0,64	24 000	15 000	0,40	6404

Fuente: Catalogo General SKF (2019).

14. Diseño de componentes auxiliares en software CAD SolidWork.

En esta sección se detallarán los componentes auxiliares del sistema peletizador, los cuales son fundamentales para el correcto funcionamiento de las piezas principales previamente mencionadas y son dependientes de estas. Estos componentes auxiliares, como apoyos, acoples y bujes, son esenciales para el ensamblaje final del diseño total de la peletizadora. Su importancia radica en que permiten la correcta alineación y fijación de las piezas principales, garantizando así la eficiencia y precisión del proceso de peletización del pasto. A continuación se describen y dimensionan las mencionadas piezas auxiliares.

- **Conjunto de Rodillos:** para poder realizar el ensamblaje del conjunto de rodillos, siendo que este se compone de los dos rodillos, los rodamientos y el eje, se necesitara un retén para el acople de cada rodillo con el eje (ver figura 70) y anillos de sujeción para los rodamientos, (ver figura 72) Estos últimos tienen medidas estandarizadas y fueron seleccionados de la ToolBox disponible en SolidWork.

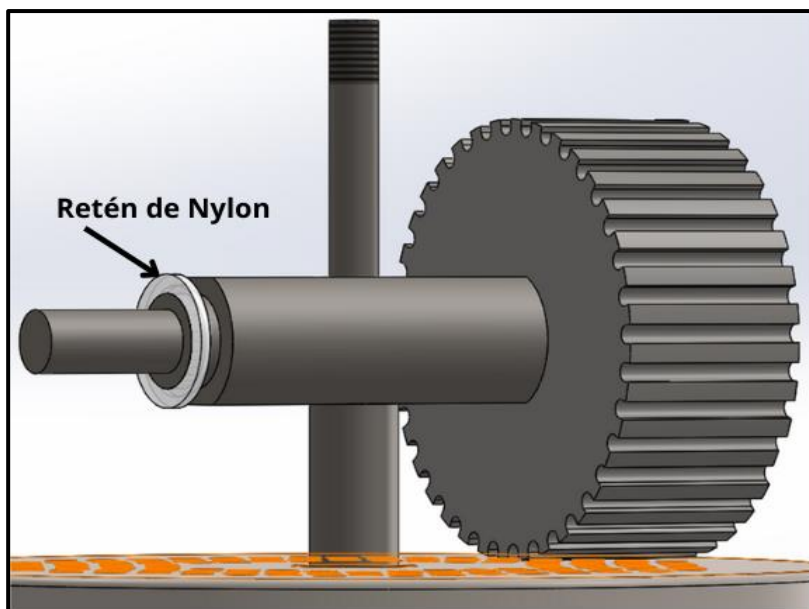


Figura 70. Posición del Retén para el rodillo y eje, fabricado en Nylon.

Fuente: Triviño, E. (2024)

En la imagen se puede observar la posición del retén en función de su relación con el eje y los rodillos, este componente tiene la función de mantener en su lugar al rodillo contra el eje, permitiendo que estos puedan girar de manera adecuada y sin desviaciones durante el proceso de peletización del pasto.

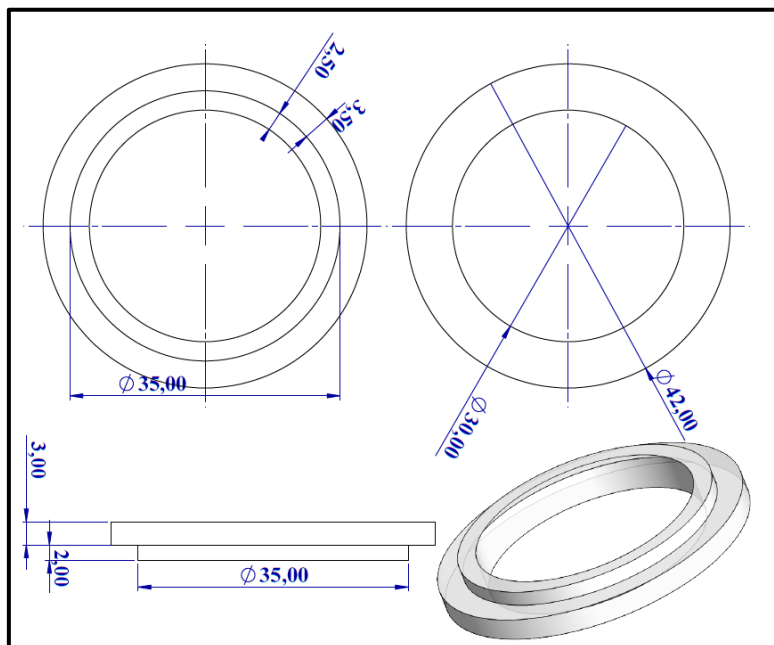


Figura 71. Dimensiones del Retén.

Fuente: Triviño, E. (2024)

En la figura anterior se pueden visualizar las dimensiones del retén, el cual está diseñado en Nylon, este es una pieza clave en el funcionamiento del sistema, ya que garantiza la estabilidad y precisión necesarias para obtener pellets de alta calidad a partir del pasto. Su diseño específico y resistencia a la fricción del material lo convierten en una opción ideal para este tipo de aplicaciones en entornos agrícolas.

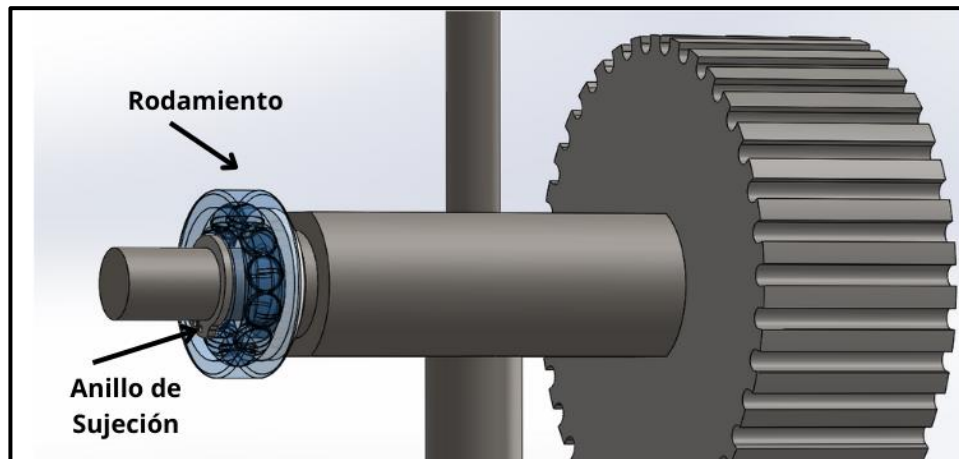


Figura 72. Posición del anillo de sujeción para los rodamientos del rodillo.

Fuente: Triviño, E. (2024)

De la figura anterior, se puede observar un diagrama de posición que muestra la ubicación y función del anillo de sujeción en los rodamientos del rodillo. El anillo de sujeción es fundamental en el mecanismo de los rodamientos del rodillo, ya que tiene la función de mantenerlos en su lugar y evitar que se desplacen o se salgan durante el funcionamiento del sistema. Esto es crucial para garantizar la estabilidad y eficiencia del proceso de peletización, ya que cualquier desajuste en los rodamientos podría provocar fallas en el funcionamiento y afectar la calidad de los pellets producidos.

- **Cubierta Inferior:** en este conjunto se encuentra el envase inferior (Figura 73) por donde saldrán los pellets producidos, la cual tiene un ajuste a la mesa de soporte con un buje y una tapa de buje. (ver figura 75)

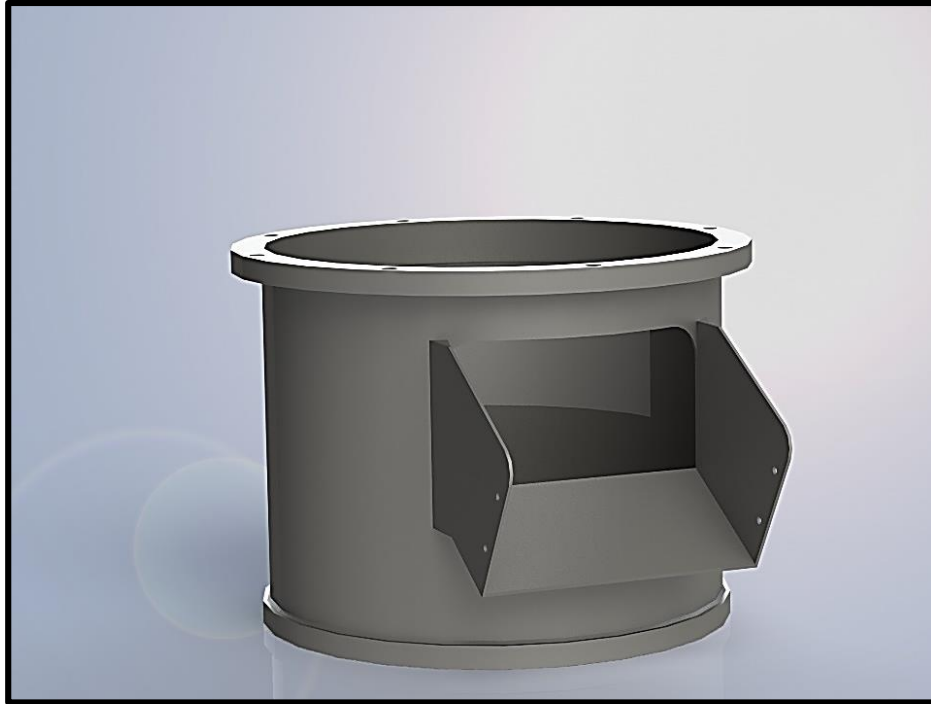


Figura 73. Envase Inferior (Acero Galvanizado)

Fuente: Triviño, E. (2024)

De esta cubierta es de donde salen los pellets que se producen después de procesar y comprimir el pasto. El mismo tiene ajustes a la mesa de soporte mediante un buje y una tapa de buje. Esto permite que el envase inferior permanezca en su lugar durante el proceso de peletización, garantizando un funcionamiento correcto y seguro del sistema.

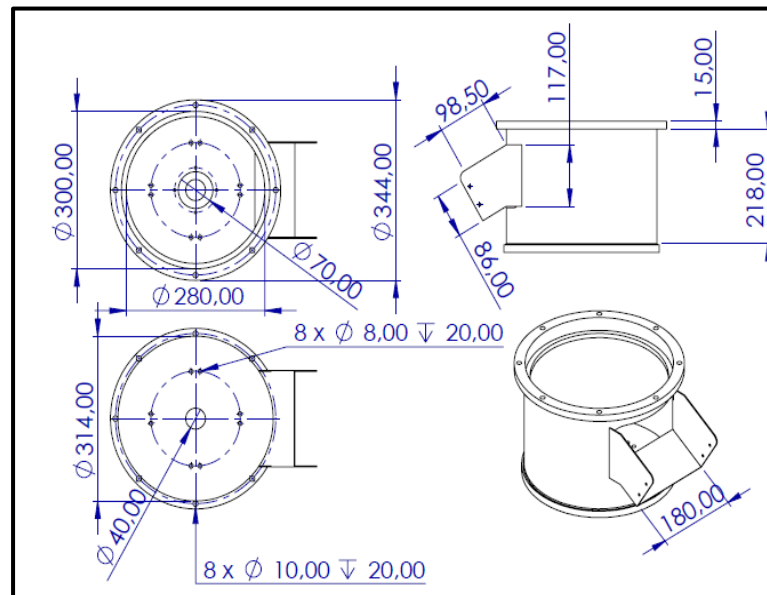


Figura 74. Dimensiones de la cubierta inferior.

Fuente: Triviño, E. (2024)

Luego, con el objetivo de identificar la posición de todos los apoyos y bujes del eje, se presenta la siguiente imagen.

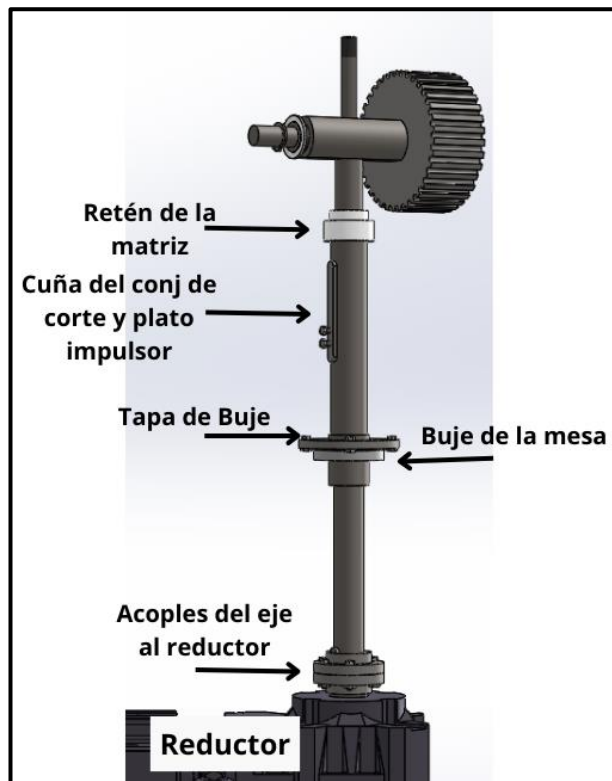


Figura 75. Posición de los diferentes acoples y apoyos al eje.
Fuente: Triviño, E. (2024)

De la anterior imagen, se puede observar la disposición estratégica de los diferentes componentes que conforman el sistema peletizador de pasto. En esta se pueden identificar los acoples y apoyos que se encuentran ubicados en el eje principal del equipo.

Estos permiten la conexión entre las diferentes partes móviles del equipo y proporcionan estabilidad durante su operación. Además, contribuyen a la distribución uniforme de la carga y evitan posibles desgastes prematuros en los componentes.

- **Conjunto de Corte:** estos componentes son el porta cuchillas, las cuchillas, que ya fueron visualizados en apartados anteriores (ver figura 53) y el plato impulsor que se encarga de hacer volar los pellet hacia el orificio de salida del envase inferior, también este se encarga de proporcionar la medida adecuada al corte de los pellets, para el caso esta será de 25mm de longitud para cada uno. Pero es modificable dependiendo de la altura en la que se ensamble el conjunto en la cuña correspondiente del eje, la posición de la cuña en el eje puede observarse en la figura 75. Además todas las relaciones de posiciones de este conjunto en particular podrán

verse en la figura 76. Luego, si se desea verificar las medidas exactas de cada componente del conjunto podrán encontrarse en el apéndice C.

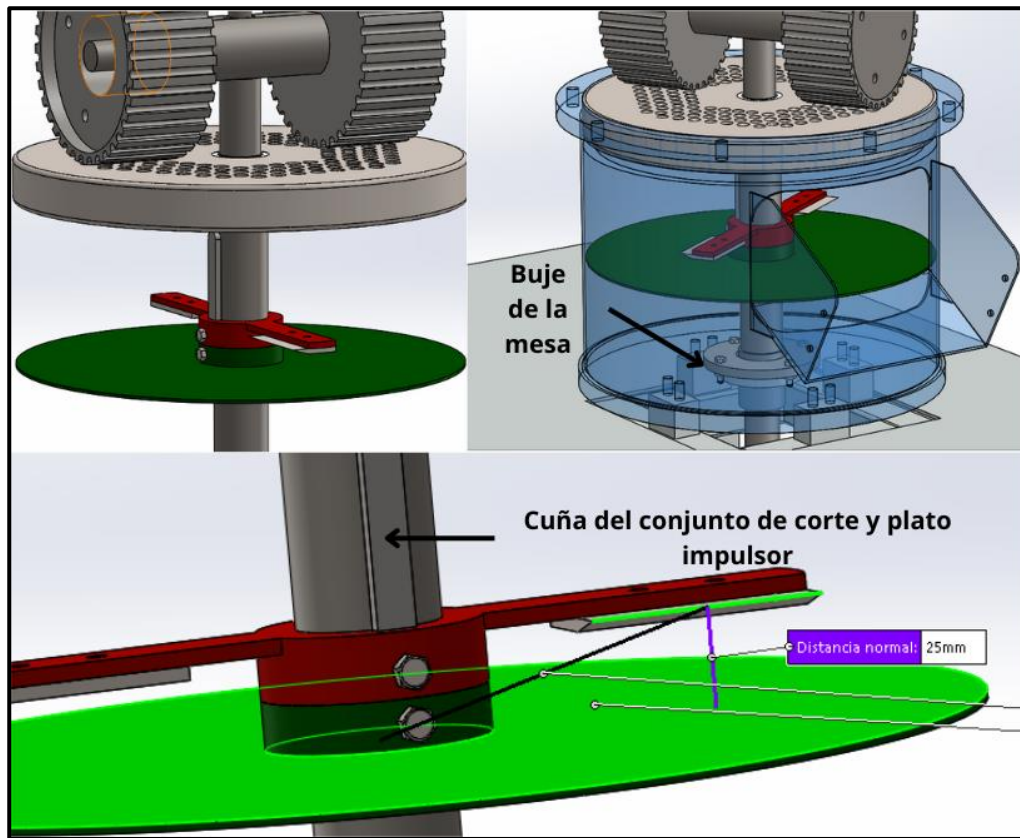


Figura 76. Posición del Conjunto de Corte y Plato impulsor.

Fuente: Triviño, E. (2024)

Estos componentes trabajan conjuntamente para producir pellets de una longitud determinada. La correcta posición y funcionamiento de estos elementos es fundamental para garantizar la eficiencia y calidad del proceso de peletización, asegurando que los pellets resultantes sean adecuados para la alimentación del ganado en la granja “RONGRAT, C.A”.

- **Cúpula:** mostrada en la Figura 77, es una pieza que se diseñó con el propósito de que cuando caiga el pasto en la tolva de alimentación esta con su forma cónica redirija la materia prima hacia los lados de la matriz de extrusión, justo donde está el espacio de trabajo de los rodillos.

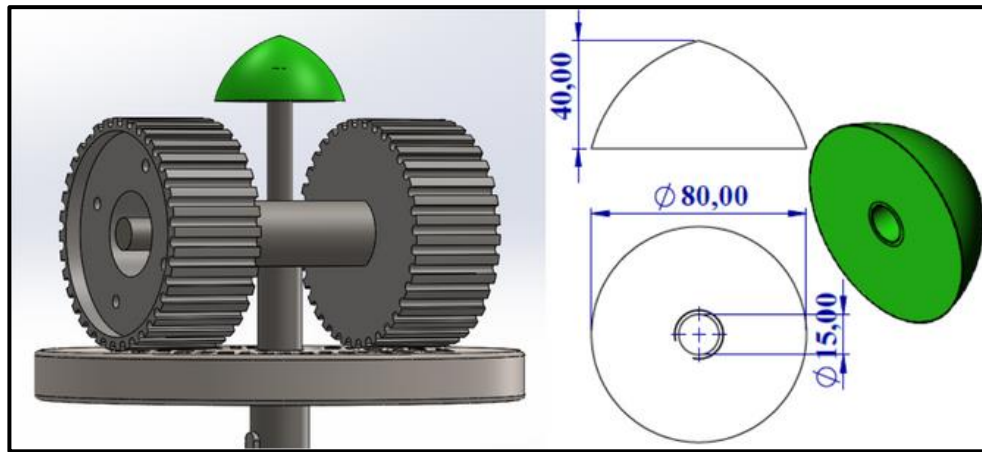


Figura 77. Cúpula (AISI 1020)
Fuente: Triviño, E. (2024)

Se puede observar una pieza con forma cónica que se encuentra ubicada en el extremo del eje central. El objetivo de esta cúpula es asegurar que el pasto caiga y se distribuya uniformemente en la matriz de extrusión, evitando obstrucciones y asegurando un flujo constante de materia prima para la formación de los pellets.

- **Retén de la matriz de peletización:** se utiliza con el fin de evitar el desgaste del eje central, al eliminar los roces entre metal que pudieran existir entre las piezas. Este se podrá visualizar en la figura 78.

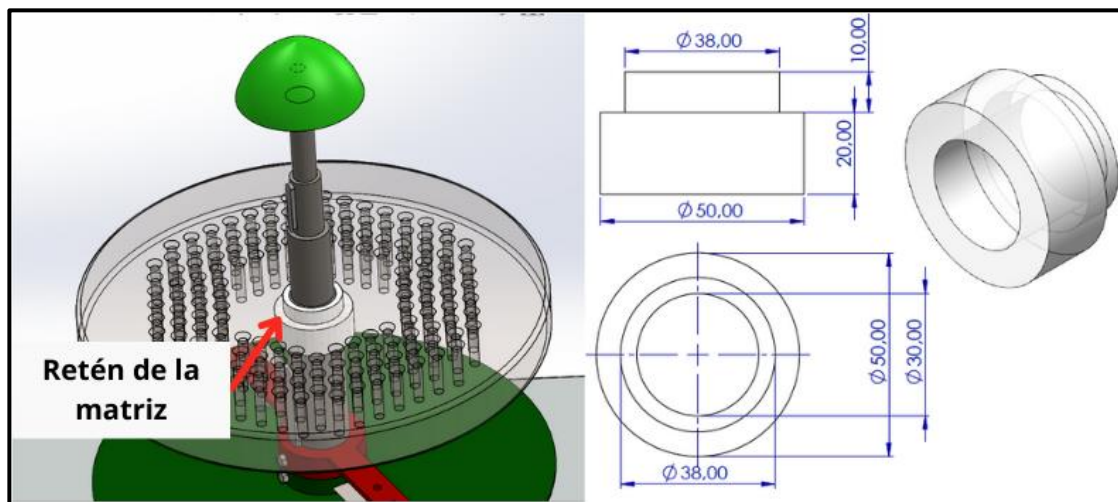


Figura 78. Retén de la matriz, diseñado en Nailon.
Fuente: Triviño, E. (2024)

De la imagen se puede determinar que este retén contribuye a mantener en buen estado la matriz y el eje, al evitar posibles daños por fricción. Gracias a su diseño y ubicación, este componente ayuda a prolongar la vida útil del eje y la matriz.

- **Buje de la mesa:** este tiene el propósito de evitar el roce del eje con la mesa y la cubierta inferior, igualmente sirve como apoyo del mismo, también en la misma relación esta la tapa del buje.

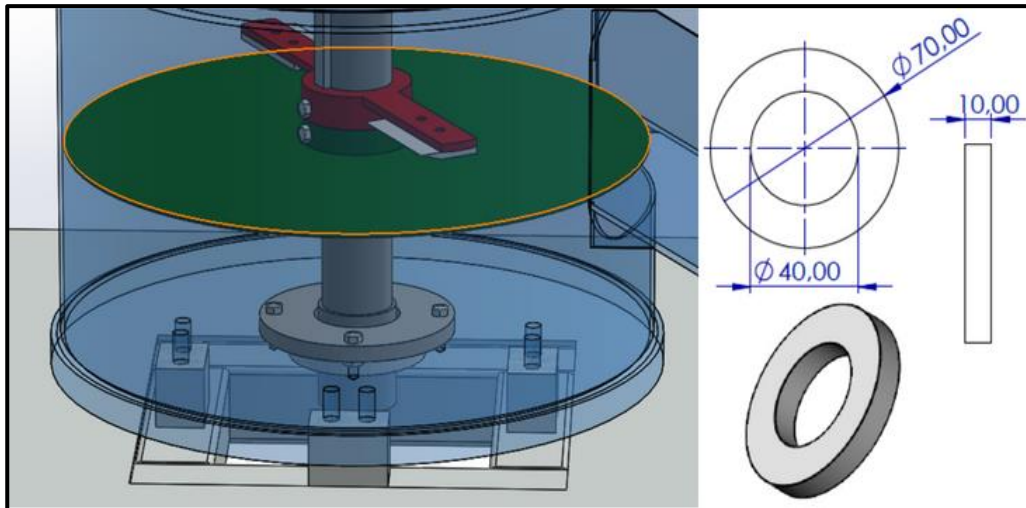


Figura 79. Buje, Diseñado en Teflón.

Fuente: Triviño, E. (2024)

Este componente es importante ya que ayuda a reducir el desgaste y prolongar la vida útil de las piezas como el eje, al evitar el roce entre el mismo y la estructura inferior.

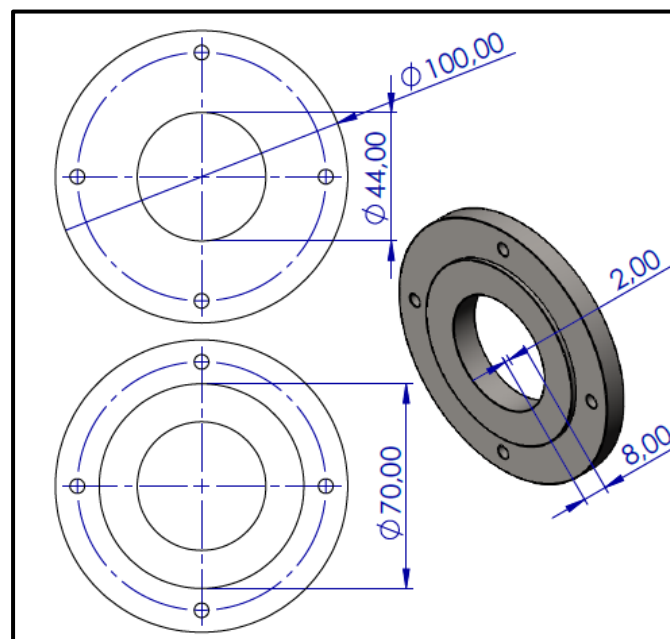


Figura 80. Tapa de Buje, Diseñado en AISI 1020

Fuente: Triviño, E. (2024)

- **Mesa:** es la estructura inferior que soporta todo el sistema peletizador, en la figura 82 se podrán visualizar algunas de sus medidas, mientras que todos los detalles de la misma se encuentran en el apéndice C.

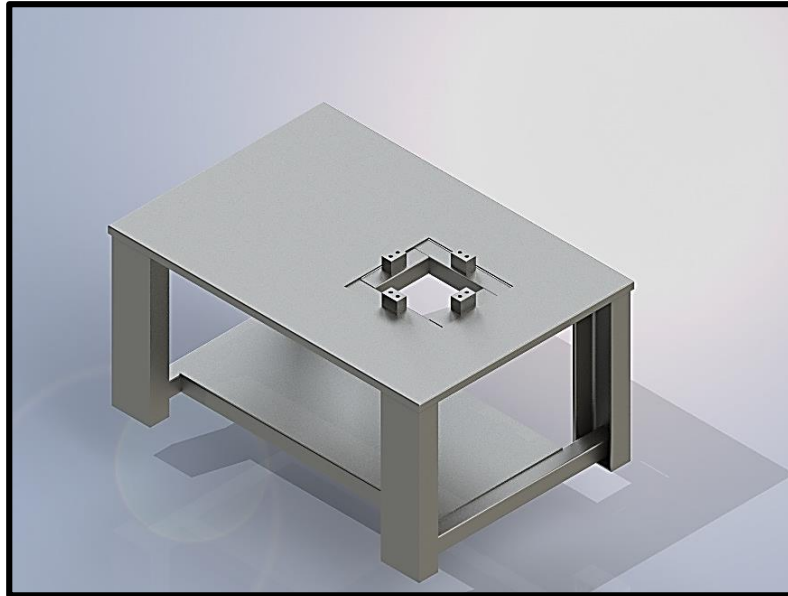


Figura 81. Mesa (Acero A36)

Fuente: Triviño, E. (2024)

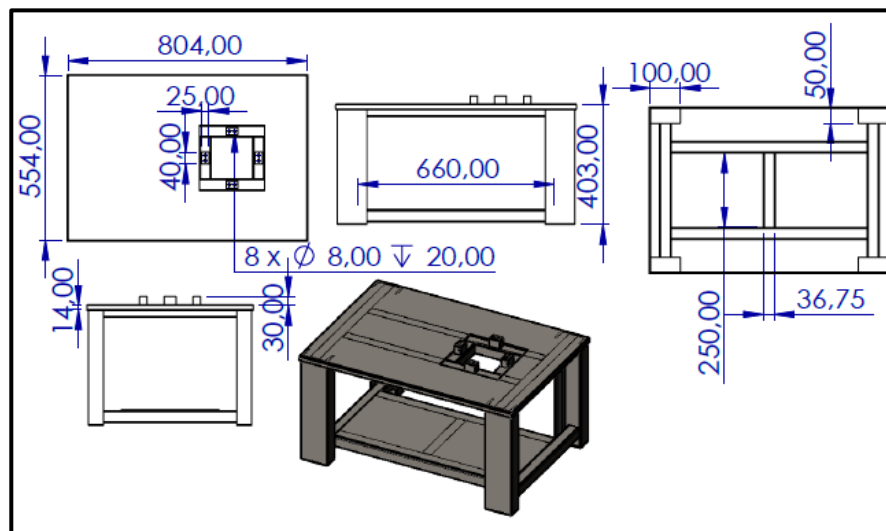


Figura 82. Dimensiones de la Mesa (Acero A36)

Fuente: Triviño, E. (2024)

De las imágenes anteriores, se puede concluir que la mesa proporciona estabilidad y resistencia a todo el conjunto. Ya que sirve como base sólida sobre la cual se montan los diferentes componentes del sistema peletizador. Además, la mesa también cumple la función de distribuir adecuadamente el peso y las fuerzas generadas durante el proceso.

15. Análisis y estudios realizados a componentes del sistema

El diseño de un sistema peletizador de pasto será adecuado para optimizar la producción de pellets agrícolas, pero este es un proceso complejo que requiere de un análisis detallado de las piezas esenciales que componen el equipo. En este sentido, el software SolidWorks se presenta como una herramienta fundamental para llevar a cabo distintos estudios y análisis que permitirán optimizar el funcionamiento y la eficiencia del sistema. Entre los estudios que se realizarán con SolidWorks se encuentran el análisis de esfuerzos, que permitirá determinar la resistencia y la durabilidad de las piezas sometidas a cargas mecánicas. Asimismo, se llevará a cabo un análisis térmico donde se someta la pieza diseñada al calor generado por la peletización y así se evalúe la respuesta frente a este.

Además, estas simulaciones servirán para evaluar el comportamiento del sistema en condiciones reales de operación, por lo que, realizar estos estudios en la matriz de peletización permitirá identificar posibles puntos críticos donde se generen altas temperaturas o tensiones excesivas, lo cual podría afectar la eficiencia y durabilidad del sistema. Además, mediante el análisis termo mecánico se podrán realizar ajustes en el diseño para mejorar la distribución del calor y reducir los esfuerzos mecánicos, lo que contribuirá a prolongar la vida útil de las piezas y evitar posibles fallos prematuros.

- **Análisis térmico en SolidWorks**

Las características con las que se realizó el estudio térmico en la matriz de peletización son en primer lugar la temperatura ambiente que se establece en 27° C, para las caras externas e inferior de la matriz, luego como ya se ha determinado en los parámetros de peletización, se tiene que los rodillos al interactuar con la matriz y debido a la fuerza de fricción y las de peletización, es común que se genere un calor de 50 a 100 °C sobre la matriz, por lo que en el estudio se establece que la parte superior de la misma está sometida a una carga térmica de 10 a 100 W, para obtener dicha temperatura en el área donde están los orificios de peletización. En la figura 83 se podrán observar los resultados del estudio realizado con estas características.

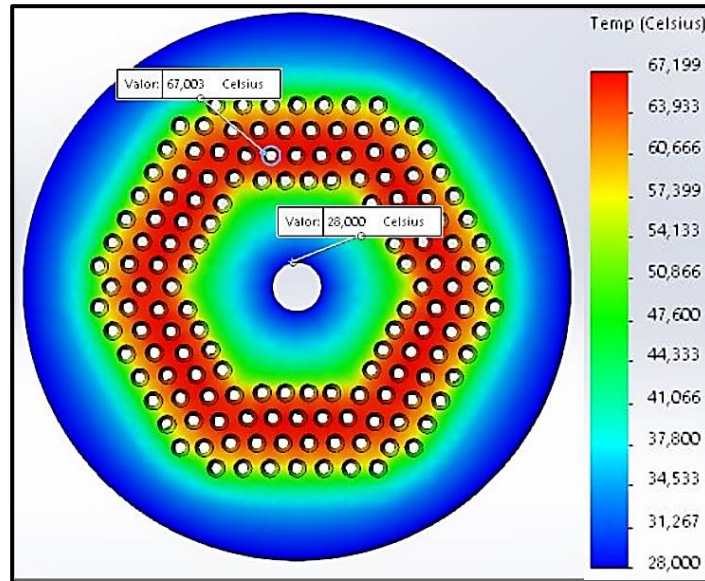


Figura 83. Estudio Térmico en matriz de peletización
Fuente: Triviño E (2024).

En efecto, en la sección donde están los orificios de extrusión se obtiene la mayor temperatura del estudio, pero con este también se evidencia que la máxima temperatura se mantiene sobre la parte superior de la matriz y que el calor no se transmite a la parte inferior, lo cual indica que el material con el que se ha diseñado la pieza (AISI 316) es capaz de soportar la máxima temperatura del proceso, logrando una buena dispersión de la misma. Efecto que se evidencia en la figura 84.

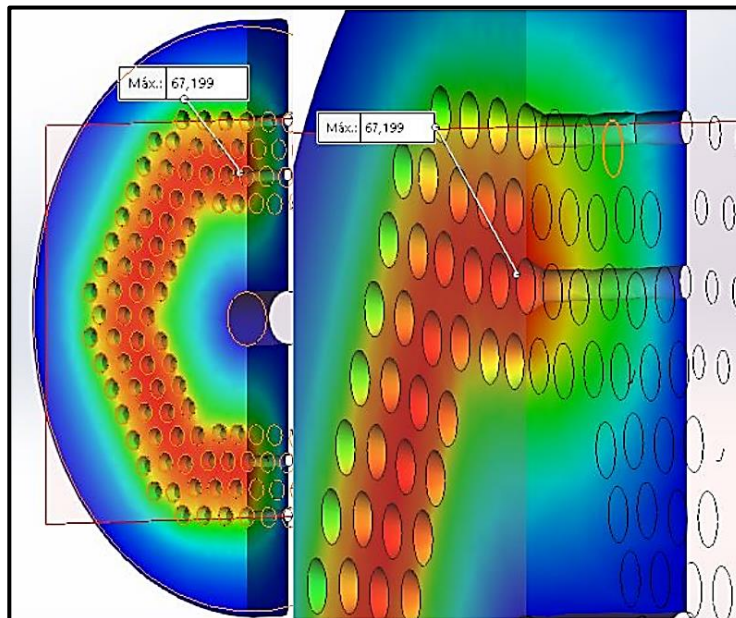


Figura 84. Corte interno del Estudio Térmico en matriz de peletización
Fuente: Triviño E (2024).

Finalmente, se puede afirmar que la pieza no fallara con las temperaturas de peletización comunes y que tiene un comportamiento adecuado frente a las condiciones de trabajo requeridas.

- **Análisis de esfuerzos en SolidWorks**

Para este estudio se fijan parámetros como el peso que debe soportar la matriz, que será de 150 kg y también se aplica la máxima fuerza que proporcionan los rodillos sobre la matriz que es de 2812 N. En la figura 85 se podrán observar los resultados de este estudio.

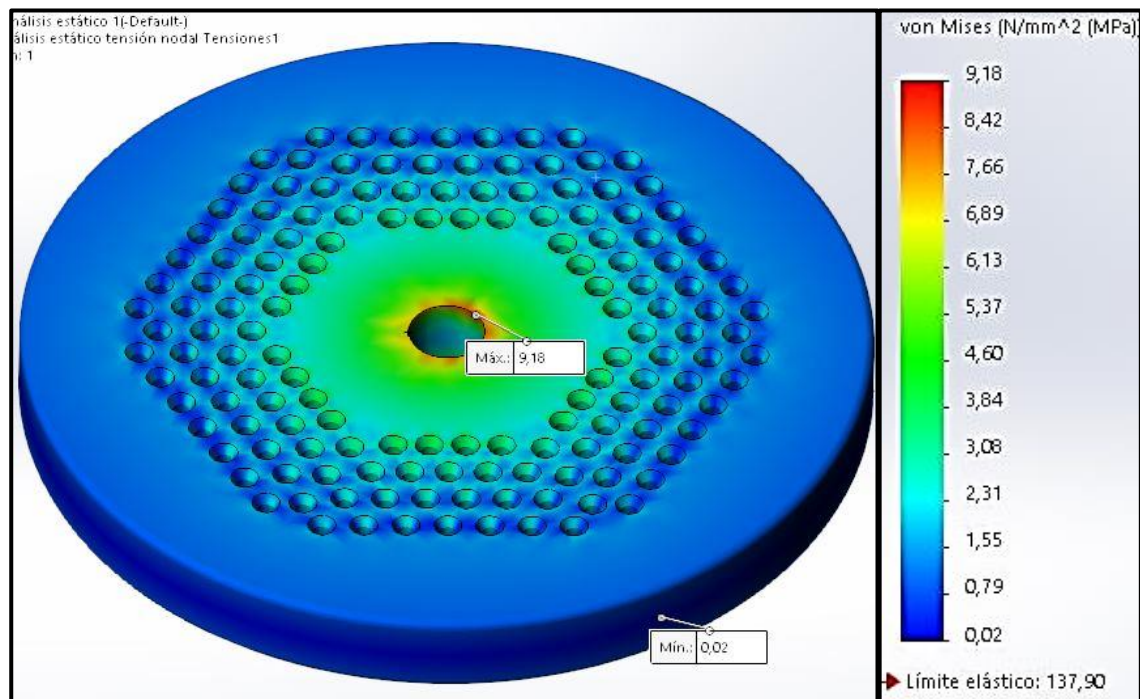


Figura 85. Estudio estático con esfuerzos presentes en la matriz.

Fuente: Triviño E (2024).

Así se ha verificado que el mayor esfuerzo se encuentra en la zona central de la matriz por donde estaría el eje principal, luego se tiene que el límite elástico del material seleccionado para la construcción de la pieza (AISI 316) es de 138 MPa, y el mayor esfuerzo que se evidenció en la matriz es de 9.18 MPa, por lo que esta indudablemente no falla ni obtiene consecuencias negativas debido a las fuerzas que interactúan en el proceso de peletización, además en la figura 86, se podrá observar el máximo desplazamiento o deformación que ocurre en la pieza.

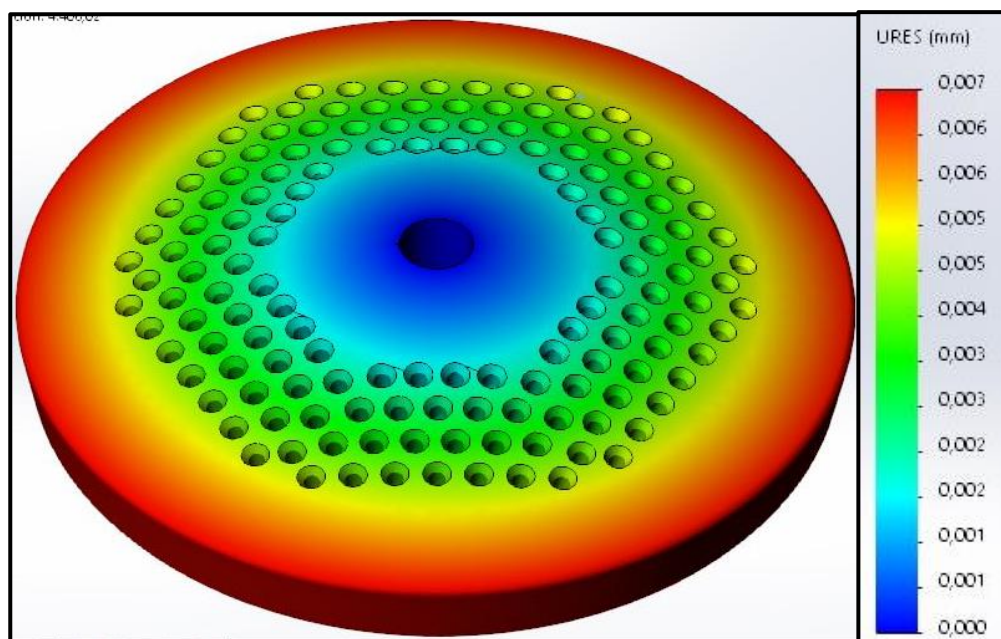


Figura 86. Máximo desplazamiento debido a los esfuerzos en la matriz.
Fuente: Triviño E (2024).

Sin duda, la matriz de peletización podrá soportar las condiciones de trabajo que se establecieron, y no tendrá roturas o fallos debido a estas, el mayor desplazamiento como se determina en la figura 86 es en las zonas rojas de la pieza y este tiene un máximo de 0.007 mm, un valor que resulta ser bastante aceptable.

En este sentido, los beneficios de realizar estudios térmicos y de esfuerzos en la matriz de peletización son múltiples. Por un lado, se pudo garantizar un funcionamiento óptimo del sistema peletizador, asegurando su eficiencia y productividad. Por otro lado, se lograron prevenir posibles averías o roturas en las piezas debido a sobrecalentamientos o cargas excesivas, lo cual supondrá un ahorro significativo en costos de mantenimiento y reparación.

En conclusión, el uso del software Solidworks para realizar estudios termo mecánicos en los componentes de peletización resultó fundamental para garantizar un diseño robusto y eficaz del sistema peletizador de pasto, de haberse encontrado resultados negativos, se habrían podido corregir a tiempo redimensionando las piezas involucradas en el proceso o al realizar las modificaciones de diseño que fueran pertinentes.

Finalmente, de la unión de todos los componentes diseñados, se obtiene una visión clara del sistema peletizador propuesto. En el que a lo largo de este proyecto, se ha logrado crear cada una de las piezas individuales que conforman el sistema con un alto nivel de detalle y precisión. Sin duda, el diseño final cumple con todas las características y condiciones requeridas en la propuesta inicial, por lo que el ensamble final muestra una integración perfecta de todas las piezas, asegurando que el sistema funcione de manera coordinada y sin problemas. Además, se tomaron en cuenta aspectos como la resistencia de los materiales, la facilidad de mantenimiento y limpieza del equipo, entre otros, y así se logró que el diseño del sistema peletizador de pasto cumpla con los estándares de calidad y seguridad necesarios para su uso en la granja “RONGRAT, C.A”

En efecto, al diseñar cada pieza por separado, se pudo realizar ajustes y mejoras específicas en cada una de ellas para garantizar un funcionamiento óptimo y eficiente del sistema, por lo que, el ensamble final del sistema peletizador de pasto diseñado en SolidWorks es un ejemplo claro de cómo un diseño bien pensado y ejecutado puede satisfacer todas las necesidades y requerimientos planteados inicialmente. Además, el diseño detallado e individualizado de cada una de las piezas que conforman el sistema peletizador de pasto, así como su ensamble final, no solo beneficia al proceso productivo y a la durabilidad del equipo, sino que también aporta mejoras significativas a la industria agrícola y agropecuaria en términos de productividad del pasto, calidad del producto final y optimización de la gestión recursos.

A continuación, se dejan las imágenes de la máquina peletizadora ensamblada en su totalidad.



Figura 87. Sistema Peletizador Final.
Fuente: Triviño E (2024).

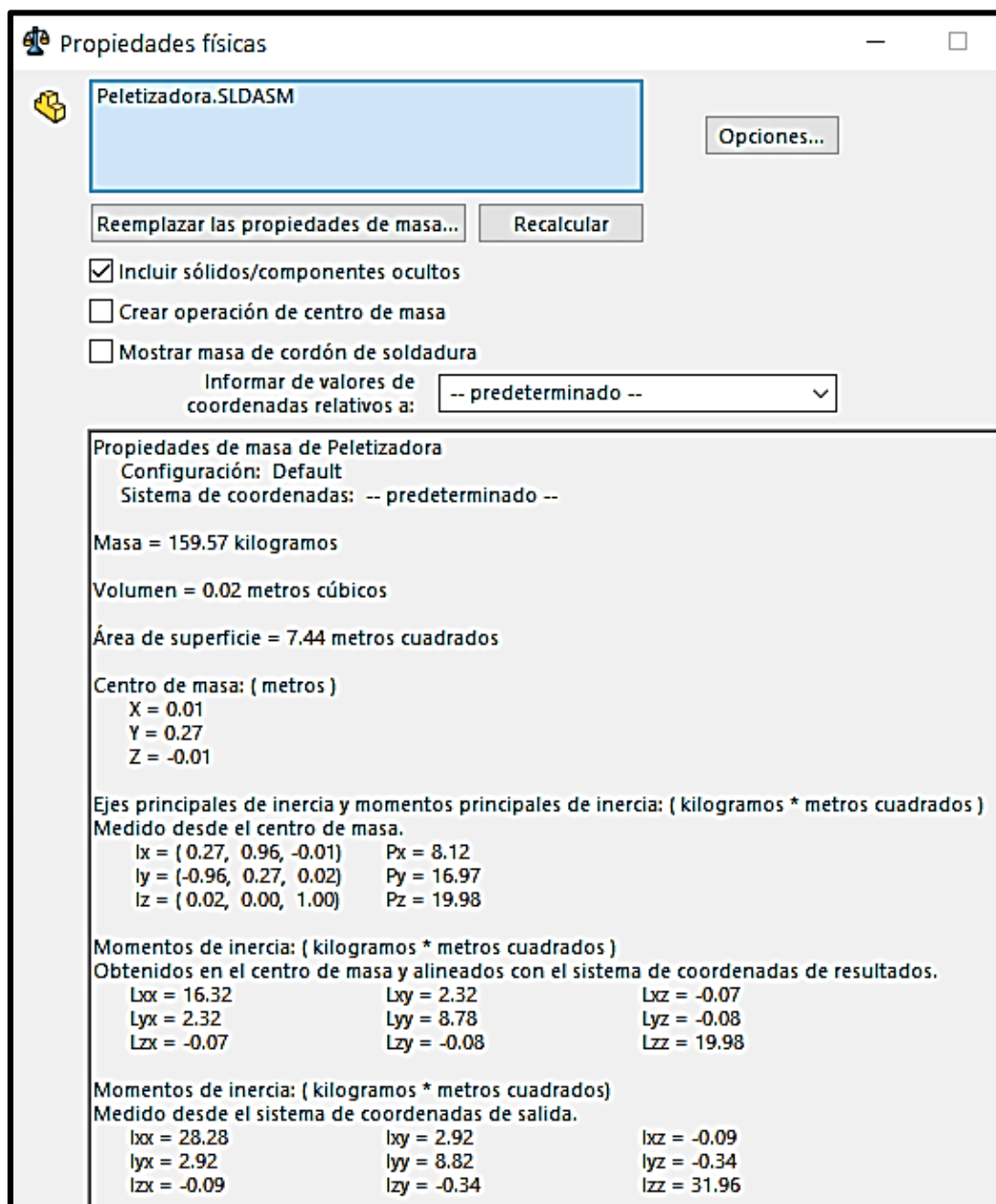


Figura 88. Propiedades Físicas del Sistema Peletizador Final.

Fuente: Triviño E (2024).

En la figura anterior, se pueden visualizar las propiedades físicas que tiene el diseño o ensamblaje final de todos los componentes del sistema peletizador, siendo que el peso total de todo el sistema es de 160 kilogramos.

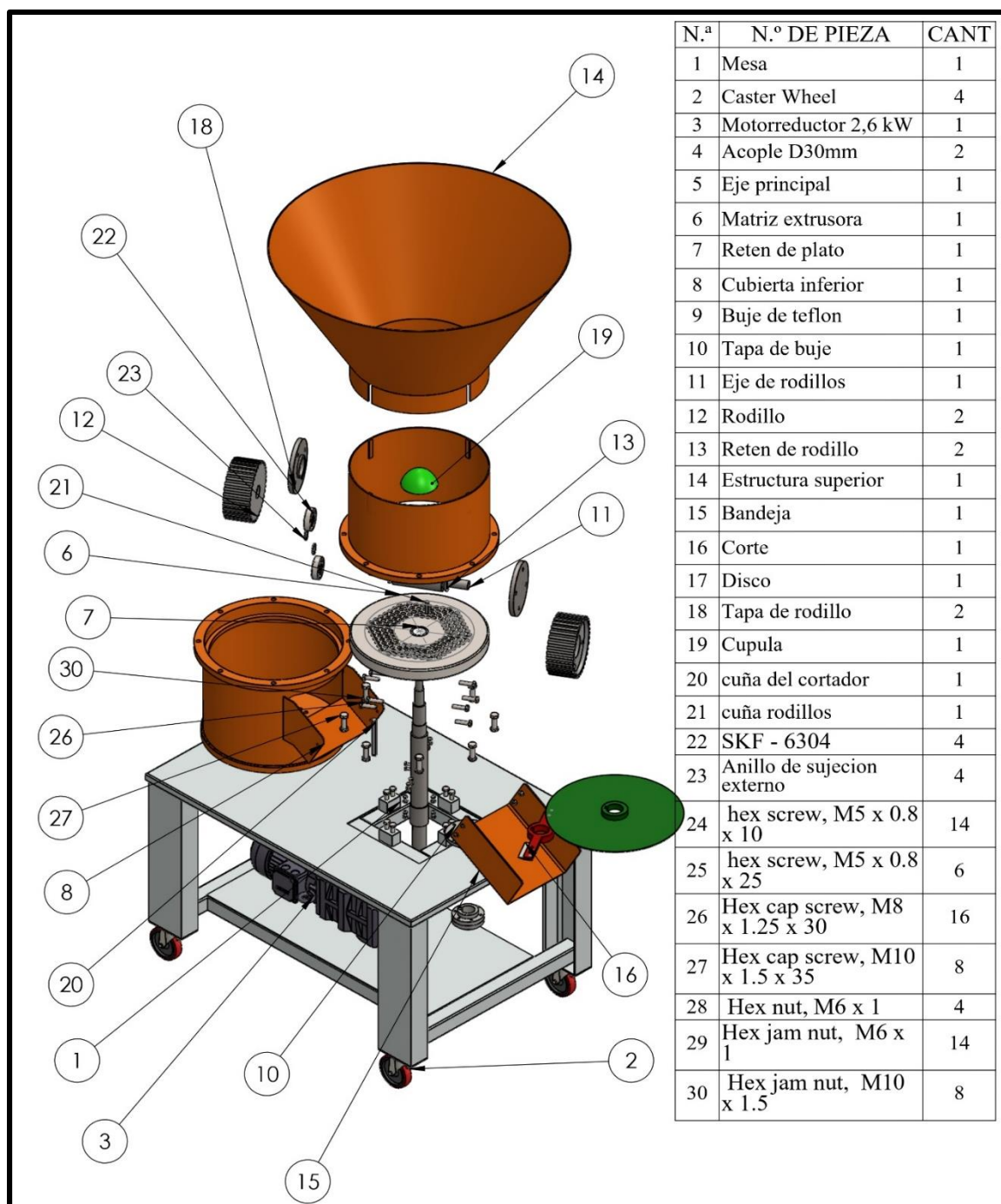


Figura 89. Vista Explosionada del Sistema Peletizador Final.

Fuente: Triviño E (2024).

La figura mostrada, tiene el objeto de exponer y señalar los componentes que componen el sistema, en una lista que tiene el tipo o nombre de la pieza y la cantidad total de cada uno que hay en el ensamblaje.

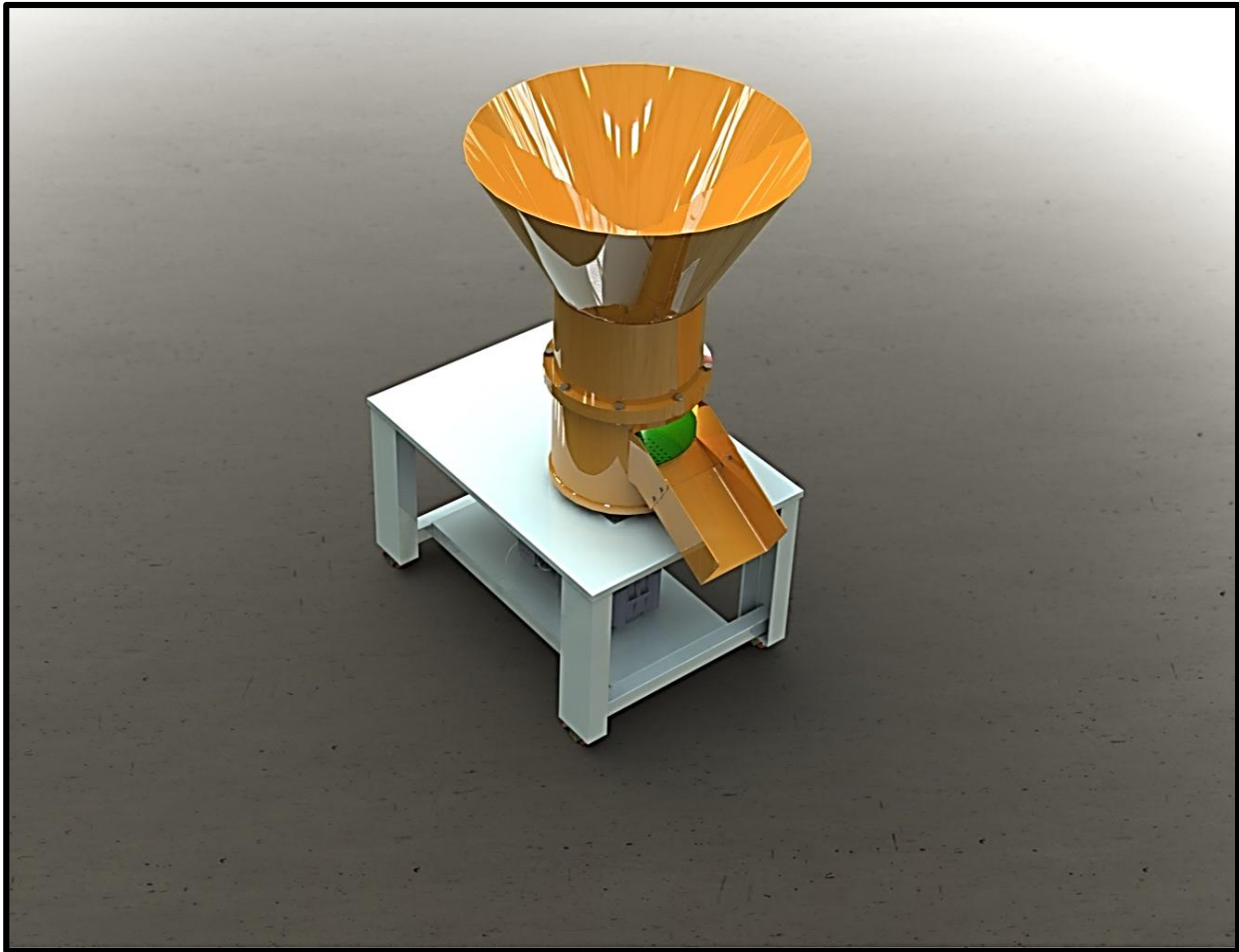


Figura 90. Renderizado Final del Sistema Peletizador.

Fuente: Triviño E (2024).

En la imagen mostrada se puede observar el modelo 3D del sistema peletizador de pasto diseñado, este sistema consta de una serie de componentes como, una tolva de alimentación, una matriz y rodillos de compactación, una bandeja de salida de pellets y una mesa de soporte con ruedas para una fácil movilización del sistema, entre otros componentes que en conjunto hacen posible el funcionamiento de todo el equipo.

El objetivo de este sistema es convertir el pasto en pellets compactos que faciliten su conservación, almacenamiento y transporte. Los pellets resultantes de la transformación del pasto son más fáciles de manejar y tienen una mayor durabilidad que el pasto fresco, lo que permite optimizar las áreas de producción más problemáticas como lo son la alimentación del ganado y la gestión del forraje, además el sistema peletizador propuesto también tiene la virtud de la reducción de desperdicios de los recursos como los naturales (tierra, pasto, agua) y de capital económico.

4.5 Fase V: Evaluación de la viabilidad económica, técnica operativa y ambiental del proyecto.

La viabilidad de un proyecto es un aspecto fundamental a considerar antes de tomar cualquier iniciativa con el mismo. Cuando se trata de diseñar sistemas de producción para ganadería, como en la propuesta de un sistema de peletización de pasto, es importante evaluar si la aplicación de esta tecnología es factible y rentable en el contexto específico de las operaciones agropecuarias.

En esta sección se analizarán en detalle diversos aspectos que influyen en la viabilidad de un proyecto, como lo son la viabilidad económica que abarcan los costos de inversión, luego, la viabilidad técnica, la cual podría relacionarse con los beneficios esperados, la demanda del mercado, la disponibilidad de materias primas y los posibles obstáculos que puedan surgir durante la implementación.

En última instancia, el objetivo es demostrar que el diseño del sistema de peletizado de pasto no sólo es una opción viable desde un punto de vista técnico y económico, sino que también puede contribuir a mejorar la sostenibilidad ambiental y el bienestar animal en las granjas. Por estos aspectos es muy importante esta sección porque indicará si el diseño propuesto es factible para ser realizado, por lo tanto se procederá a determinar la viabilidad económica, técnica operativa, ambiental y social del proyecto propuesto.

4.5.1 Viabilidad Económica

La viabilidad económica determina el potencial que tiene un proyecto y es la base sobre la que se debe edificar cualquier negocio. Por lo que el proyecto es viable, desde el punto de vista económico, sí, cumple con las especificaciones requeridas utilizando la menor cantidad de recursos. Con respecto a lo anterior, Izar, J (2016) Establece que:

"La viabilidad económica de un proyecto se refiere a la capacidad que tiene este para generar beneficios económicos que superen los costos de su puesta en marcha y desarrollo. Para determinar la viabilidad económica de un proyecto es necesario realizar un análisis detallado de los costos, ingresos, inversiones y beneficios esperados a lo largo de su vida útil. Es fundamental evaluar si los beneficios esperados son suficientes para compensar los costos y generar una rentabilidad adecuada para los inversionistas." (p. 120)

De igual modo, la propuesta debe ser viable económicamente para que pueda ser llevada a cabo. El monto de los materiales se expresa en dólares americanos para tener un precio fijo y evitar la devaluación de los costos estructurados, Por lo que, en el cuadro 22 se pueden observar los

costos de adquisición de los materiales necesarios para la fabricación del sistema peletizador. Los cuales fueron cotizados en diferentes casas comerciales de insumos ingenieriles, como lo son Tectul (Colombia), Expondo (España) y Alibaba (China) y Torec (México). Sin embargo, principalmente en la plataforma denominada Mercado Libre fue donde se realizaron la mayoría de las cotizaciones dentro de la industria venezolana.

Así mismo, esta se utilizó como medio de contacto con las diferentes casas comerciales que ofrecen dichos insumos. (Ver anexo C). Mercado Libre es una plataforma en línea que opera en toda América latina, la cual facilita la compra y venta de productos y servicios entre usuarios, permitiendo una amplia variedad de opciones y precios competitivos. Gracias a esta herramienta, se logró obtener el presupuesto de los materiales necesarios de manera eficiente y a precios accesibles para el desarrollo del proyecto. El mismo se encuentra a continuación:

Cuadro 22. Costos de los Componentes del Sistema peletizador

<u>Cant.</u>	Tipo de Medida	Descripción	MATERIAL	Precio Unitario -\$ USD-	Precio Total -\$ USD-	Uso en el Diseño
7	Metros	Tubo estructural Perfil U 100x 50x 4,7	ASTM A 36	10	70	Mesa
1	Unidad	Lámina (1 x 2) metros / 2,5 mm	ASTM A 36	100	100	Mesa (1,48 x 0,9) y tapa de Rodillos (0,25 mt)
1	Unidad	Moto Reductor	2,6 kW	350	350	Transmisión de Potencia
0,9	Metros	Barra de 50 mm diámetro (2 pulg)	AISI 1045	80	72	Eje Principal y Secundario
0,03	Metros	Barra de 2 - 1/4 pulg de diámetro	AISI 316	367	12	Acople en Porta cuchilla y Plato Impulsor
0,7	Metros	Lámina de 4mm espesor	AISI 316	740	55	Porta cuchilla, Plato Impulsor y Cuchillas
Nota: la lámina mide 1,20 x 2,40 Metros; (2,88 m ²) para la cantidad requerida de 0,17 m ² se necesitarían 1/4 del total o 10% del mismo.						
1	Unidad	Matriz	AISI 316	250	250	Matriz de 150 orificios
2	Unidad	Rodillo	AISI 304	60	120	
0,1	Metros	Barra de 3 1/2 " diámetro	AISI 1020	450	45	Tapa de Buje, Acoples al motor, Cúpula
0,14	Metros	Barra de 1" diámetro	AISI 1020	80	12	Cuña del cortador y Rodillos
1	Unidad	Lamina 1,20x2,40 mt	Galvanizada, Cal 14 (1,9 mm)	80	80	Tolva, Cubierta superior e inferior: área total de 2,44 m ²

Continuación Cuadro 22. Costos de los Componentes del Sistema peletizador.

Cant.	Tipo de Medida	Descripción	MATERIAL	Precio Unitario -\$ USD-	Precio Total -\$ USD-	Uso en el Diseño
4	Unidad	Anillo de Sujeción	AISI 1020	2,5	10	Para Eje en los Rodillos
1	Centímetros	Barra de 3"	Teflón Puro (PTFE)	40	4	Buje de la mesa al eje
4	Centímetros	Barra de 2"	Nylon Natural	20	8	Reten del plato y Reten Rodillo
Nota: las barras de estos materiales están cotizadas con una longitud total de 10 cm. Ver Anexo C						
6	Unidad	Tornillo Hexagonal	M5 x 0.8 x 25	0,076	0,5	Acople Eje-Motor
8	Unidad	Tornillo Hexagonal	M10 x 1,5 x 35	0,27	2,16	Cubierta Superior
18	Unidad	Tuerca Hexagonal	M6 x 1	0,013	0,234	Ensamblaje entre todos los componentes.
16	Unidad	Tornillo Hexagonal	M8 x 1,25 x 30	0,15	2,4	
14	Unidad	Tornillo Hexagonal	M5 x 0,8x 10	0,046	0,644	
8	Unidad	Tuerca Hexagonal	M10 x 1,5	0,053	0,424	
4	Unidad	Rueda Con Freno	Nylon soporta hasta 300kg	10	40	Mesa
Nota: Para agregar los costos de Manufactura, como también de la mecanización de piezas, se le sumara 35% al Sub-Total						
SUB - TOTAL				1274.36 \$		
Porcentaje por manufactura				445.64 \$		
TOTAL				1720 \$		

Fuente: Triviño, E. (2024)

De acuerdo con lo anterior se procede a realizar una comparativa de los costos obtenidos para la completa fabricación del modelo propuesto, contra los modelos que se asemejen en capacidad y diseño que están disponibles en el mercado actualmente. Confirmando la viabilidad económica del diseño presentado en esta investigación.

Los modelos expuestos a continuación fueron cotizados de las páginas web de diferentes empresas fabricantes de sistemas peletizadores internacionalmente, como lo son Expondo.com, Meelko.com, Alibaba.com, entre otras, en el anexo C, se podrá comprobar la información detallada de los modelos presentados en el cuadro 23.

Cuadro 23. Comparacion entre Peletizadoras del Mercado.

Modelo y Origen del peletizador	Características	Costo - \$ USD -	Diferencia (Ahorro)	Empresa encargada de la Cotización
WIE-PM-3000 (España)	Máx. 400 kg/h – Matriz de 230 mm diámetro	2625	906	Expondo
MKFD 150A (Americana)	150mm/8 HP/120-150 kg-Hora	2800	1080	Meelko
MKFD 230P	Máx. 300 kg/h – Matriz de 230 mm diámetro	3853	2100	Meelko
Peletizadora (China)	120mm/7HP/70-90 Kg-Hora	2485	765	Gemco (Alibaba)
PL- 300 (Venezolana)	300mm/10 HP/200 – 600 Kg-Hora	7800	6080	Induminca
MKFD200P (Americana)	Matriz de 200mm diámetro 150-250kg/h	3042	1322	Meelko

Fuente: Triviño, E. (2024)

Como se puede evidenciar en el cuadro, el precio del sistema peletizador propuesto resulta ventajoso en comparación a los otros mostrados, por lo tanto, se considera que este proyecto es viable.

4.5.2 Viabilidad Ambiental

La viabilidad ambiental del diseño del sistema peletizador es uno de los puntos que más se destacan de este proyecto. Durante el proceso de investigación para el posterior diseño del mismo, se pudo constatar que la pérdida del recurso natural del pasto es una consecuencia importante del proceso de almacenamiento actual, el cual representa un desperdicio de recursos naturales como agua, tierra y mano de obra. Además durante el proceso de conservación de pasto (ensilaje y henolaje) se observa la fermentación del mismo lo cual puede generar gases nocivos para el medio ambiente, como metano y dióxido de carbono, contribuyendo al calentamiento global. Todos estos

son aspectos negativos del medio productivo vigente que se verán solventados con el uso del diseño del sistema peletizador, el cual permite aprovechar al máximo el pasto disponible, reduciendo las pérdidas durante el almacenamiento y garantizando una alimentación más eficiente para el ganado. Con lo cual este tendrá un menor impacto ambiental, ya que, al reducir la cantidad de pasto necesario para alimentar al ganado, se disminuye la presión sobre los recursos naturales como agua y tierra, favoreciendo a la sostenibilidad ambiental. Finalmente, este contribuye a mejorar la calidad del suelo, aparte de que la tierra sería menos explotada también los pellets resultantes del sistema peletizador pueden ser utilizados como abono orgánico en los campos de cultivo, mejorando la fertilidad del suelo y reduciendo la necesidad de fertilizantes químicos. Lo cual genera un impacto positivo en el medio ambiente y en la sostenibilidad a largo plazo de la granja ganadera.

4.5.3 Viabilidad Social

La viabilidad social es una condición que evalúa el impacto de un proyecto sobre diversos factores sociales: vidas salvadas, impacto psicológico en la sociedad, mejora de las condiciones de vida y de trabajo, etc. Todos estos serían evaluaciones positivas sobre el proyecto propuesto, Por lo que, los proyectos sociales son proyectos que se centran en mejorar las condiciones de vida en un entorno particular. De acuerdo a esto, Sampieri, R (2010) Señala que:

"La viabilidad social de un proyecto se refiere a la capacidad que tiene este para ser aceptado y sostenido por la comunidad en la que se va a desarrollar. Es importante considerar aspectos como la participación de los actores involucrados, el impacto que tendrá en el entorno social y cultural, así como la posibilidad de generar beneficios para la comunidad. Un proyecto socialmente viable es aquel que logra integrarse de manera positiva en su contexto, promoviendo el bienestar y el desarrollo de las personas." (p. 55)

Ahora bien, el uso de un sistema peletizador como método de conservación de pasto en definitiva tendría numerosos aspectos positivos, los cuales se podría evaluar considerando el impacto que este proyecto tendría en la comunidad y en el entorno social. En este caso, la viabilidad social se podría medir a través de diferentes factores, como por ejemplo:

- **Mejora en las condiciones laborales**

Si el sistema peletizador permite optimizar el proceso de producción de alimento para el ganado, esto podría traducirse en una mejora en las condiciones laborales de los trabajadores, ya que podrían realizar sus tareas de manera más eficiente y segura, también se reduciría el esfuerzo necesario por los mismos durante la jornada laboral, y se evitarían incluso los posibles accidentes o lesiones que suceden debido a que con el método de almacenamiento actual, los trabajadores

deben poder trasladar los rollos de pasto henificado, que son pesados y voluminosos, siendo esta una combinación que afecta directamente la salud física de los trabajadores durante el proceso productivo.

- **Impacto en la economía local**

El diseño e implementación de un sistema peletizador podría generar empleo en la comunidad, tanto directa como indirectamente, ya que este podría requerir la contratación de personal adicional para su operación y mantenimiento, lo cual contribuiría al desarrollo económico local.

- **Incremento en la calidad del aire**

Al reducir la quema de residuos orgánicos, y al evitarse la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, como metano y dióxido de carbono, los cuales tienen un efecto grave en el calentamiento global. En efecto esto contribuiría a mejorar la calidad del aire en las zonas cercanas a las granjas, dando una mejor calidad de vida a los habitantes de la comunidad local.

- **Mejora en la productividad agrícola**

Al utilizar pellets de pasto como fertilizante o alimento para animales, se puede mejorar la productividad agrícola y ganadera, lo que contribuye al desarrollo económico de las comunidades rurales.

- **Fomento del desarrollo sostenible**

El uso de sistemas peletizadores en granjas resulta en prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, lo que contribuye a la conservación de los recursos naturales a largo plazo, y es importante destacar que esto envía un mensaje notable a la comunidad, ayudando a impulsar a un más las prácticas de sostenibilidad y promovería dentro de la comunidad la transmisión de la importancia de estas, dando así un necesario impulso a la toma de conciencia y respeto hacia los bienes naturales y su estado crítico actual.

4.5.4 Viabilidad Técnica

La viabilidad técnica de un proyecto se refiere a la viabilidad de implementar una idea con éxito y eficiencia desde el punto de vista tecnológico. Es importante garantizar que estén disponibles los recursos, el conocimiento y la tecnología necesarios para poder implementar la idea de manera efectiva. Luego, se deben considerar aspectos como la compatibilidad con la tecnología existente, la disponibilidad de recursos técnicos y humanos y la adaptabilidad a posibles

cambios o mejoras en el futuro. La viabilidad técnica también incluye evaluar los riesgos y desafíos que puedan surgir durante el desarrollo del proyecto, así como identificar posibles soluciones para superarlos. Como resultado de este planteamiento, se procede a evaluar los aspectos antes mencionados:

- **Disponibilidad de recursos técnicos y humanos**

Será esencial disponer de personal capacitado en el manejo de maquinaria agrícola y de los aspectos del proceso de peletización. Además, se requerirá de un equipo técnico especializado para el mantenimiento y reparación del sistema, por si fueran necesarios estos dentro de la vida útil del peletizador. Por lo que, la empresa “RONGRAT C.A” ha acordado realizar una capacitación adecuada a el equipo de trabajo encargado del manejo de forraje, para que este pueda utilizar de manera apropiada el conjunto peletizador con el fin de que el mismo pueda cumplir con los requerimientos que se plantearon y con la vida útil que se estipulo en el diseño de los componentes.

- **Compatibilidad con las tecnologías existentes**

Durante el diseño de las piezas que componen el conjunto peletizador, se ha tomado en cuenta que sería beneficioso si algunos de estos componentes son compatibles con otras máquinas peletizadoras del mercado, para que a futuro de ser necesario estos podrían ser sustituidos por equipos de marcas comerciales, lo cual facilita la adquisición de repuestos. En efecto, el sistema es compatible con las maquinarias y equipos utilizados en la granja “RONGRAT C.A”, así como con los actuales sistemas de almacenamiento (galpones) y los utilizados para la distribución del pasto (Camionetas Pick-Up).

- **Capacidad de adaptación a posibles cambios o mejoras**

El sistema peletizador es flexible y permite realizar ajustes o mejoras según las necesidades específicas de la explotación ganadera, como por ejemplo, se podría intercambiar la matriz de peletización para que esta produzca diferentes tipos de pellets (4, 6 y 8 mm) o también el sistema diseñado permite la incorporación de nuevos ingredientes en la mezcla, lo cual quedaría de parte de la empresa el proceso de experimentación con las diferentes mixturas alimenticias que se pueden realizar con el pasto.

- **Evaluación de riesgos y desafíos**

Se han identificado los posibles riesgos que pueden surgir durante el proceso de peletización, como lo son los problemas técnicos en la maquinaria involucrada en la recolección del pasto o dificultades en la calidad del producto final, para ambos casos, en apartados anteriores

se ha señalado que la materia prima (pasto) con la que se pretende alimentar la máquina debe estar debidamente procesada, es decir esta deberá tener una preparación previa a ser peletizada, donde se involucra el uso de diferentes maquinarias como las chipeadoras (trituradoras) que se encargan de cortar el pasto lo suficientemente fino para que pueda disminuir su nivel de humedad y ser extruido, si esta maquinaria llegase a fallar, se cuenta con un plan de contingencia para hacer frente a este desafío y poder peletizar adecuadamente el pasto, y es que se puede utilizar el mismo conjunto peletizador para triturar o adelgazar el material y lo que se haría es pasar dos o más veces la mezcla de pasto hasta que esta resulte en la calidad de pellet deseada.

4.5.5 Viabilidad Operativa

La viabilidad operativa se refiere a la evaluación exhaustiva de todos los aspectos relacionados con la implementación y operación exitosa en el contexto para el cual se diseña el proyecto. Sin duda, la viabilidad operativa se puede definir como la capacidad del proyecto para implementarse y funcionar de manera eficiente y efectiva en un entorno real. Esto implica evaluar si el proyecto diseñado (máquina) cumple con los requisitos técnicos, económicos y funcionales establecidos, también si es factible su fabricación, instalación, mantenimiento y uso. Además, es necesario efectuar un análisis detallado que incluya aspectos como la funcionalidad del diseño, la disponibilidad de los recursos necesarios para su implementación, la capacitación necesaria para su uso, los efectos sobre los procesos productivos existentes, la rentabilidad esperada y la capacidad de adaptarse a las necesidades futuras. A continuación, se evidenciara el análisis de los aspectos antes mencionados.

- **Capacidad de producción**

Como se ha establecido anteriormente, con la capacidad de producción diseñada de 150 kilogramos por Hora de trabajo del sistema peletizador, se cumple que con una jornada de trabajo de 7 horas se pueden procesar 1050 kilogramos de pasto peletizado, y esto llegara a alimentar a 110 animales aproximadamente, teniendo en cuenta que esta cantidad podría variar dependiendo del espécimen de animal que se alimente y por supuesto varía según la cantidad de horas de trabajo a la que se someta el sistema peletezador. Finalmente, se puede afirmar que el sistema diseñado es capaz de procesar una cantidad suficiente de pasto para satisfacer las necesidades alimenticias del ganado perteneciente a la empresa “RONGRAT C.A”.

- **Eficiencia del proceso**

Debido al diseño de los componentes de conforman el conjunto peletizador, como por ejemplo la matriz de extrusión con orificios para procesar pellets de 6 milímetros de diámetro y 25 milímetros de longitud, esta es una medida que se adapta muy bien a las necesidades alimenticias de varios tipos de animales rumiantes, también el material seleccionado para la fabricación de los diferentes componentes, es de excelente calidad, otorgando gran durabilidad y buena interacción con el proceso de peletizado, por lo que se puede afirmar que el equipo es capaz de producir pellets con un alto grado de uniformidad y calidad nutricional.

- **Costo operativo**

Se han evaluado los costos asociados con la operación y mantenimiento del sistema peletizador, así como el costo de la materia prima, y en la sección 4.5.1 Viabilidad Económica, se llega a la satisfactoria conclusión de que la fabricación del sistema en efecto es positiva y ventajosa en comparación a otras opciones disponibles en mercado actual.

- **Disponibilidad de energía y espacio**

De las visitas y entrevistas realizadas a la empresa y los informantes clave, se ha podido asegurar la puesta en escena del diseño propuesto, ya que se cuenta con una fuente confiable de energía para alimentar el sistema peletizador y con suficiente espacio para instalar y operar el equipo.

En las conclusiones derivadas del análisis de la viabilidad económica, ambiental, social, técnica y operativa del proyecto, se puede afirmar que en efecto si se cumplen los requisitos planteados y se obtienen los beneficios esperados, entonces el sistema peletizador de pasto puede ser una opción viable para mejorar la alimentación del ganado y la conservación del pasto en la granja ganadera “RONGRAT C.A”.

CONCLUSIONES

Finalmente, se destaca que el diseño de un sistema peletizador de pasto para la granja “RONGRAT, C.A” es una herramienta clave para optimizar la producción y el manejo del alimento para el ganado. Este sistema permite transformar el pasto en pellets compactos y fáciles de almacenar, transportar y suministrar a los animales, lo que facilita su consumo y mejora su aprovechamiento nutricional. Sin duda, este es un método de conservación del pasto eficiente y seguro con su aplicación. Además, al reducir el desperdicio de alimento y obtener estas mejoras en el proceso de alimentación del ganado, se logra un aumento en la productividad y rentabilidad de la granja. Por lo que este diseño representa una solución innovadora para mejorar la gestión de la empresa.

Por otra parte, el diseño de un sistema peletizador de pasto es una propuesta factible que puede traer beneficios significativos a la industria agrícola y agropecuaria. Este proyecto no solo apoya la gestión sostenible de los recursos naturales, sino que también impulsa el desarrollo de futuros avances tecnológicos en el campo. Lo cual demuestra que el diseño es una inversión rentable y viable, que la hace positiva para el sector agropecuario, luego también tiene el potencial de promover el desarrollo de la industria venezolana. Al construir y utilizar estos sistemas en el país, se fomenta la producción nacional y se reducen las importaciones de equipos similares. Esto no solo contribuye a la economía local, sino que también impulsa y amplía el conocimiento y la experiencia en Ingeniería Mecánica a nivel nacional.

Ahora bien, dicho lo anterior, se procede con las conclusiones orientadas al cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos planteados al inicio del proyecto, los cuales fueron aplicados para el desarrollo de la investigación en cuestión, a razón de que los mismos fueron indispensables para el oportuno avance de la propuesta de diseño que se plantea.

- **Objetivo:** Diagnosticar la situación actual del almacenamiento de forraje en la granja ganadera “RONGRAT, C.A”

En primer lugar, con el fin de dar repuesta al primer objetivo específico, se realizaron múltiples visitas a la granja “RONGRAT C.A”, donde con los datos obtenidos por medio de la observación se procede a la ejecución de entrevistas estructuradas para ampliar y esclarecer dichos datos, en relación a esto se realizó un diagnóstico de la situación actual del almacenamiento de forraje en la granja, y se podría sustentar que los métodos actuales como la henificación y el ensilaje no son idóneos, debido a que presentan grandes dificultades y limitaciones con su

aplicación, entre estas se podrían mencionar: la pérdida de nutrientes: debido a que durante el proceso de henificación y ensilaje, se desaprovechan nutrientes esenciales para el ganado a causa de la exposición al aire y a la fermentación, luego, la contaminación por hongos y bacterias, ya que la humedad presente en el forraje durante el almacenamiento puede favorecer el crecimiento de los mismos y que estos pueden ser perjudiciales para la salud del ganado.

Además de los aspectos negativos del proceso de almacenamiento actual, es importante recalcar también las limitaciones que se hallaron, y es que estos métodos requieren de múltiples maquinarias especiales e infraestructura específica ya que suelen dejar un volumen importante de pasto, lo cual limita la conservación, almacenamiento y distribución del recurso. Entonces de esta primera fase se concluye que es necesario buscar alternativas de almacenamiento más eficientes y seguras para garantizar la calidad del forraje y la salud del ganado en la granja.

- **Objetivo:** Analizar los requerimientos técnicos y operativos que debe cumplir el sistema peletizador para su uso en el proceso de almacenamiento de forraje de la granja ganadera “RONGRAT, C.A”

Para este segundo avance, se ejecutó un análisis detallado de los requerimientos técnicos y operativos que sustentan el diseño de un sistema peletizador de pasto para la granja “RONGRAT, C.A”, lo cual fue fundamental para garantizar su correcto funcionamiento. Este análisis permitió identificar las necesidades específicas del sistema, tales como la capacidad de producción, la durabilidad requerida de los materiales a utilizar y la facilidad de mantenimiento y operatividad que deberá tener el sistema, entre otros aspectos.

En relación a este último, fueron necesarias distintas herramientas de análisis de datos, como el diagrama de Ishikawa donde se plasmaron los diferentes pasos que se realizan actualmente para llevar a cabo el proceso de recolección, conservación y almacenamiento del pasto, luego se pudo plasmar un diagrama de Pareto donde se evidenció numérica y categóricamente las diferentes causas y efectos de cada paso del proceso actual, el cual está generando dificultades dentro de la gestión de la empresa. Siendo así, se tuvieron en cuenta estos requerimientos y se pudo diseñar un sistema peletizador que cumpla con las expectativas y necesidades de la granja, contribuyendo no solo a mejorar la productividad y rentabilidad del negocio, sino también con este, se pueda obtener un aumento en la calidad del producto final del proceso de conservación del pasto, para que este beneficie tanto a la finca como al ganado.

- **Objetivo:** Seleccionar los equipos y materiales necesarios para el diseño del sistema peletizador como método para el almacenamiento de forraje en la granja ganadera “RONGRAT, C.A.

Para el desarrollo del tercer objetivo específico, se aplicó la metodología Vílchez, en la que se realizó un proceso de selección de materiales y equipos para el diseño de un sistema peletizador de pasto, este es un avance importante dentro del proyecto, ya que, la elección adecuada de los materiales y equipos permitirá optimizar los procesos de peletización, aumentando la productividad y reduciendo los costos operativos. Además, se podrá garantizar la calidad y seguridad en la gestión del forraje para el ganado, contribuyendo al desarrollo sostenible y rentable de la granja “RONGRAT C.A”.

Además, algunos aspectos que se tomaron en cuenta durante la evaluación de las diferentes opciones de diseño son: la capacidad de compresión del equipo, ya que es importante valorar la capacidad del mismo para peletizar eficientemente el pasto en pellets de alta calidad, luego, se evaluó la operación y mantenibilidad del equipo, en este caso se busca garantizar que la manipulación de la máquina sea intuitiva y fácil de aprender para los operarios, así como también se evalúa que el sistema no requiera mantenimientos complicados o frecuentes.

Otro factor importante es la adquisición de repuestos, por lo que es esencial estimar la disponibilidad y costo de los repuestos necesarios. Una fácil adquisición de repuestos garantizará una rápida reparación en caso de averías, evitando largos tiempos de inactividad. Finalmente otros factores que se evaluaron para cada diseño planteado como solución a la problemática definida son: el costo de fabricación, la robustez de diseño y la capacidad de transportación del conjunto. Una vez que se tomaron en cuenta estos aspectos, el proceso para realizar la selección de los materiales y equipos necesarios incluyó la comparativa entre las soluciones planteadas para determinar aquella que mejor se adapta o cumple con estos requerimientos.

- **Objetivo:** Diseñar un sistema peletizador para su uso en el proceso de almacenamiento de forraje de la granja ganadera “RONGRAT, C.A”

Al cumplir con el objetivo propuesto, se lograron determinar y ejecutar todos los cálculos necesarios para dimensionar y luego diseñar cada uno de los componentes que conforman el sistema peletizador de pasto que dará solución a la problemática que expresa la empresa “RONGRAT, C.A”, con el cumplimiento de este objetivo específico se logró garantizar la

eficiencia y funcionalidad del equipo diseñado como nuevo método de conservación, almacenamiento y distribución del pasto.

En relación a este último, se puede concluir que la realización de estos cálculos fue fundamental para asegurar que el sistema peletizador cumpla con los requerimientos de producción de la granja, así como con las normativas y estándares de calidad deseados. Además, el mismo permite optimizar el proceso de peletización, maximizando la productividad y minimizando los costos operativos, cumpliendo así con el propósito para el cual fue diseñado.

Al culminar esta etapa del proyecto, se obtiene un diseño detallado y preciso del sistema peletizador, lo que facilita su fabricación e implementación para la granja “RONGRAT, C.A”

Luego, para finalizar, en esta fase se diseñó en el software CAD SolidWorks, las partes que constituyen el conjunto peletizador que se utilizará como nuevo método de conservación del pasto, para así potenciar la capacidad de almacenamiento y distribución del mismo, por lo que, sin duda se puede afirmar que este objetivo fue indispensable ya que permitió tener una imagen clara de cada componente, además se anexo una simulación térmica y de esfuerzos sobre algunas de las piezas, en las cuales los resultados obtenidos garantizan que estas tienen el diseño óptimo para un producto final de calidad que cumple con brindar también un excelente tiempo de vida para todo el sistema peletizador. Luego, se procedió con el desarrollo del objetivo final, el cual es:

- **Objetivo:** Evaluar la viabilidad técnica, operativa, ambiental y económica del sistema peletizador.

Por último, el quinto objetivo se cumple en esta fase, en la cual se determinó la viabilidad del diseño, siendo el mismo viable. Para el caso de la viabilidad económica, se concluye que la inversión inicial de 1720 USD, es justificable por los beneficios esperados a largo plazo, y en comparativa a otros modelos del mercado, esta propuesta sustenta el ahorro en costos de adquisición, o de importación de los mismos, En relación a la viabilidad técnica, se demuestra que el diseño del sistema peletizador es factible y viable en términos de su implementación y funcionamiento en la granja “RONGRAT, C.A”.

Con relación a lo anterior, se ha podido comprobar que se cuenta con la tecnología necesaria y los recursos adecuados para llevar a cabo el proyecto con éxito. Además, durante la evaluación de la viabilidad operativa del sistema, se ha determinado que el personal capacitado podrá manejar eficientemente el conjunto y garantizar su correcta operación. Luego, se determina que la empresa cuenta con el equipo y el espacio necesario para la instalación del sistema

peletizador. Así mismo, tras evaluar la viabilidad ambiental y social del proyecto, se concluye que este contribuirá positivamente al medio ambiente al reducir el desperdicio de pasto y disminuir las emisiones de gases tóxicos asociados con la técnica actual de conservación del mismo, lo que en efecto contribuiría a mejorar la calidad del aire en las zonas cercanas a las granjas, dando una mejor calidad de vida a los habitantes de la comunidad local. De igual manera se promueven las prácticas sostenibles en la industria agropecuaria y también el sistema peletizador representa una mejora en las condiciones laborales de los trabajadores, ya que podrían realizar sus tareas de manera más eficiente y segura.

RECOMENDACIONES

La peletización es una técnica cada vez más utilizada en la alimentación del ganado, ya que permite obtener un alimento concentrado y de alta calidad nutricional. Sin duda, esta logra conservar en una cápsula todos los nutrientes cosechados en el campo. Sin embargo, para lograr pellets de óptima calidad es necesario seguir una serie de recomendaciones para optimizar el proceso de peletización de pasto, las cuales serán señaladas a continuación:

- Realizar pruebas y ensayos exhaustivos del sistema peletizador trabajando con los diferentes tipos de pasto disponibles en la región, para poder determinar cuáles son los más adecuados para la peletización, y así evaluar el desempeño y la calidad de los pellets producidos de las diferentes clases de pasto.
- Experimentar con diferentes variaciones en la mezcla de pasto, con el fin de encontrar la combinación óptima que permita obtener pellets de alta calidad y con un buen valor nutricional para el ganado.
- Considerar la posibilidad de incorporar otros ingredientes en las mezclas de pasto, como suplementos minerales o proteicos, para enriquecer el valor nutricional de los pellets y mejorar la salud y rendimiento del ganado.
- Una vez que el pellet está listo, lo que se recomienda es que antes de almacenarlo, este frío a temperatura ambiente, para así asegurar que el alimento cuando este almacenado se encuentre libre de humedad, la temperatura alta en los pellets cuando recién están fabricados, si se amontonan calientes puede causar humedad y por supuesto la descomposición temprana de los mismos.
- Capacitar al personal responsable de operar y mantener el sistema de peletización de pasto para asegurar su correcto funcionamiento y extender su vida útil.
- Establecer un plan de mantenimiento preventivo del sistema de peletización de pasto para evitar posibles fallas o daños que puedan afectar la producción en la finca. Se recomienda seguir las instrucciones de operación, mantenimiento y de higiene planteadas en el Apéndice B.
- Evaluar periódicamente el desempeño del sistema y realizar ajustes o mejoras según sea necesario para optimizar su operación e incrementar la productividad ganadera.

- Establecer alianzas estratégicas con proveedores de insumos agrícolas y distribuidores de alimentos para ganado, por si se desea establecer una red efectiva de comercialización para los pellets producidos.

En conclusión, es fundamental realizar minuciosas pruebas del sistema peletizador con diferentes tipos de pasto, para evaluar su comportamiento frente a las condiciones reales de trabajo, en las que experimentar con variaciones en la mezcla y considerar la incorporación de otros ingredientes son puntos importantes. Además, es importante seguir las recomendaciones en cuanto a la capacitación del personal y seguir un plan de mantenimiento preventivo de todo el sistema. Finalmente, con el cumplimiento de las recomendaciones antes expuestas, se podrá garantizar una producción eficiente y de calidad que beneficie tanto a la finca como al ganado.

REFERENCIAS

- Albán, E. y Arias, A. (2019), Diseño, construcción e implementación de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para el sector pecuario con capacidad de 100 kg/h. Trabajo de grado, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- Amaya, J y Gracia, J (2013) El proceso de peletizar, ITALCOL, Colombia.
- Ángel, E. (2015) Diseño Mecánico Y Simulación De Una Maquina Peletizadora. Trabajo de Grado. Instituto Tecnológico De Tuxtla Gutierrez. Chiapas, Chile.
- Antunes, Lucena, Petit, Salas y Torres (2018) Máquina procesadora de forraje para el consejo comunal pueblo aparte. Proyecto socio integrador en el Instituto Universitario de Tecnología de Cabimas, Venezuela.
- Anzoátegui, E. y Márquez, M. (2023) Diseño de un sistema de transporte y dosificación automática (ensilado) de pasto de engorde de animales vacunos para la empresa ROLLERS CONVEYORS S.A. Trabajo de Grado, Universidad José Antonio Páez, Carabobo, Venezuela.
- Arias, F. (2012). El Proyecto de Investigación. 6^{ta} edición, Episteme, Caracas, Venezuela.
- Balestrini M. (2002). Como se Elabora el Proyecto de Investigación. 7^{ma} edición, consultores asociados, Barranquilla, Colombia
- Behnke, K (2010). El arte del peletizado. 2^{da} Edición, Latino editorial.
- Budynas, R y Nisbett, J (2008) Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley, 8^{va} Edición. McGraw-Hill Interamericana, D.F, Mexico.
- Contreras, A (2013) [Figura 5. Prensado por Rodillos] Optimización Del Proceso De Forja Abierta Para Evitar Defectos Internos, Trabajo de Grado, Universidad Autónoma De Nuevo León, México.
- EngorMix (2011). [Figura 9. Tornillo sin fin de Peletizadora tipo matriz plana-horizontal.] Diseño conceptual de una máquina peletizadora de alimento para aves de corral para una producción de 1 tonelada diaria. Disponible en: https://www.engormix.com/balanceados/peletizado-alimentos/disenio-conceptual-maquina-peletizadora_a28516/
- Escobar, J. (2010) Diseño conceptual de una máquina peletizadora de alimento para aves de corral para una producción de 1 tonelada diaria. [Figura 2, Figura 3] Disponible en: http://www.engormix.com/MA-avicultura/manejo/articulos/disenio-conceptual-maquina-peletizadora-t3077/124-p0.htm#_=_
- Eurofeed Venezuela (2024) Cotización de modelo de peletizadora, Disponible en: https://eurofeeddevenezuela.com/catalogo2.php?id=5&id_cat=3
- Expondo (2024) Figura 26. Rodillos para peletizadora 78 X 166 mm. Disponible en: <https://www.expondo.es/wiesenfield-rodillo-para-peletizadora-wie-pm-1500-wie-pm-500-78-x-166-mm-10280151>
- Expondo (2024) Presupuesto de materiales varios para la fabricación del diseño de los componentes de la peletizadora propuesta. Disponible en: <https://www.expondo.es/>

- Fuentealba, L. (2004). Efecto del Tratamiento Térmico sobre la Textura de la Murta. Trabajo de Grado. Universidad Austral De Chile. Valdivia, Chile.
- Gastronomiasolar. (2007) Figura 10. Proceso de Deshidratación de frutas y verdura. Disponible en: <https://gastronomiasolar.com/deshidratado-de-frutas-verduras/>
- GEMCO Energy Machinery Co., Ltd. (2020) Figura 6. Matriz Anular y Figura 8. Matriz Plana de peletización alimentación vertical. Disponible en: <https://www.gemco-energy.com/>
- GoWeil (2023) Figura 14. Tractor con manipulador hidráulico y accesorio (enrolladora) para henificación. Disponible en: <https://www.goeweil.com/es/detail/ensilado-de-pacas/>
- Gramabi (2024) Presupuesto de materiales varios para la fabricación del diseño de los componentes de la peletizadora propuesta. Disponible en: <https://www.gramabi.com.ar/>
- Guerra, S. (2013). Diseño y simulación de una prensa granuladora de madera automatizada de hasta 200 kg/hr para la empresa. Trabajo de Grado. Universidad de las Fuerzas Armadas. Ecuador.
- Gutiérrez, F (2018) Forjado de materiales. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, Escuela superior de ciudad Sahagún, México
- Hurtado, I. (2000). Metodología de la Investigación Holística. Inversiones Cepal. Caracas, Venezuela.
- Infopastosyforrajes (2021) Cuadro 1. Ficha de especie de pasto estrella y Cuadro 2. Ficha de especie de pasto guinea. Disponible en: <https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-pastoreo/pasto-guinea-mombasa/>
- IngeMecanica (2024). Figura 4. Proceso de Extrusión. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn140.html>
- Ingenieriademateriales (2019) Figura 24. Módulo de elasticidad de varios materiales. Disponible en: <https://ingenieriademateriales.wordpress.com/2012/08/19/sustituto-del-hueso-el-carburo-de-silicio-biomorfico-como-biomaterial/>
- Invensa (2020) Pasto Estrella Africana (Cynodon Plectostachyus) [Figura 11]. Disponible en: <https://www.invesa.com/product/pasto-estrella-africana/>
- Izar, J (2016) Gestión y Evaluación de Proyectos, 1ª Edición, Cengage learning. D.F, México.
- La Red mida (2019) Ilustración de los tipos de pellets. [Figura 1]. Disponible en: <https://redmidia.com/porcinos/en-cada-etapa-el-tamano-justo-de-los-pellets/>
- MEELKO, C. (2013) Altura final e inicial para compactación de la materia prima en la peletización. Obtenido de: http://www.meelko.com/users_manual_for_pellet_mill.pdf
- Mendoza, M. y Moreno, L. (2014) Composición nutritiva de la carne de ganado tropical venezolano. Tesis de Grado de Maestría. Universidad del Zulia, Facultad de Medicina, Venezuela.
- Mercado Libre (2024) Presupuesto de materiales varios para la fabricación del diseño de los componentes de la peletizadora propuesta. Disponible en: <https://mercadolibre.com/>
- Millin y Grain. La peletización como proceso. Disponible en: <https://millingandgrain.co/entrada/la-meccanica---peletizadora-242/>

- Morales, R. (2019). Diseño y cálculo de una máquina peletizadora para la producción de alimento animal. Trabajo de grado en la universidad tecnológica de Pereira, facultad de ingeniería mecánica, Colombia.
- Nieto A. (2018) Instalación de servicios y obras complementarias para el montaje de peletizadora en alimentos SUPER S, C.A. Trabajo de Grado, Universidad José Antonio Páez, Carabobo, Venezuela.
- Pérez, A. (2009). Guía metodológica para anteproyectos de investigación 3^{ra} edición, Editorial Fedupel, Caracas, Venezuela.
- Ramos, M. (2019) Modificación de diseño de máquina peletizadora para alimentos deshidratados utilizando energías alternas. Trabajo de Grado. Universidad Nacional Autónoma De México, C.D, México.
- Saad, A. (2016). Investigación del efecto de los parámetros de elaboración de pellets de cuesco de palma en el proceso de pirolisis. Trabajo de Grado, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia
- Salaya, G. (2012). Relación Hídrica Celulares. En Fruticultura, Madurez de la Fruta y Manejo pos-cosecha (pág. 346). Ediciones UC. Santiago, Chile.
- Sampieri, R. Collado, C. y Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. 5^{ta} edición. McGraw-Hill Interamericana. México D.F., México.
- Sánchez, J (2007) Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. XI Seminario de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal; Barquisimeto, Venezuela.
- Segovia, E (2005) Conducta del consumidor de carne bovina según clase socioeconómica en el municipio Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela. Tesis de Grado, Facultad de agronomía, Ciudad Universitaria "Dr. Antonio Borjas Romero" Maracaibo, Venezuela.
- Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos. SENCAMER, (2008), Normas COVENIN de Venezuela, disponible en: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/action/normas-find>
- Siemens (2010). Catálogo de Motor-Reductores. Disponible en: <https://www.innomotics.com/en/products/geared-motors.html>
- SKF (2019) Catálogo General de Rodamientos. Disponible en: https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/0901d19680416953/pdf_preview_medium/0901d19680416953_pdf_preview_medium.pdf
- Sol, C. (2007). Figura 10. Proceso de Deshidratación de frutas y verdura. Disponible en: <https://gastronomiasolar.com/deshidratado-de-frutas-verduras/>
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). El proceso de la Investigación Científica. 4^{ta} edición, Editorial Limusa. México.
- Tassoni, D. (2006). Elementos de máquinas. Universidad de Carabobo. Facultad de ingeniera.
- Tectul (2024) Presupuesto de materiales varios para la fabricación del diseño de los componentes de la peletizadora propuesta. Disponible en: <https://tectul.com/es>

- Torec (2024) Presupuesto de materiales varios para la fabricación del diseño de los componentes de la peletizadora propuesta. Disponible en: <https://www.torec.mx/>
- Trrujillo, A y Calderon, T (2010). Diseño de una Maquina pelletizadora en base a la disponibilidad de Residos Madererosde la Ciudad de Cuenca para su Aprovechamiento Energetico. Trabajo de Grado, Universidad Politecnica Salesiana. Cuenca, Ecuador:
- Universidad José Antonio Páez. (2020). Manual para la elaboración y presentación de los anteproyectos, proyectos de trabajos de grado, trabajos de grado, tesis doctoral e informe de pasantía y extramuros de la Universidad José Antonio Páez. Valencia, Venezuela.
- Vílchez, N. (2016). [Figura 12. Pasos para seleccionar la mejor solución] Estrategias Creativas en el Diseño Mecánico. Valencia: Universidad de Carabobo.
- Villafranca, D. (2002) Metodología de la Investigación, Fundaca, San Antonio de los Altos, Venezuela.

APÉNDICES

APÉNDICE A



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

INSTRUCCIONES PARA LA GUIA DE ENTREVISTA	
	• Indique su función dentro de la empresa • Proceda a leer detenidamente cada una de las preguntas • Responda de manera objetiva • En caso de dudas, consulte con la persona encarga de aplicar el cuestionario

Nº	Guion de entrevista
1	Desde su experiencia ¿Cuál es el método de almacenamiento de forraje que se está utilizando actualmente en la granja y que tipo de equipos o maquinaria se utiliza?
2	Desde su óptica ¿Cuáles son los principales desafíos o dificultades que enfrentan actualmente los productores al almacenar el forraje?
3	Desde su experiencia en el área agrícola ¿Cuánto tiempo les lleva recolectar y almacenar el pasto y que tanto se utiliza en la granja?
4	En su opinión ¿De qué manera manejan la pérdidas de forraje debido a problemas de almacenamiento?, y ¿Qué medidas toman para evitar la contaminación o deterioro del forraje durante el almacenamiento?
5	En su opinión, ¿cuáles serían los beneficios potenciales del uso de un sistema peletizador en comparación con el método actual de almacenamiento de forraje?



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

CUADRO TÉCNICO METODOLÓGICO

OBJETIVO GENERAL:

Proponer el diseño de un sistema peletizador como método para el almacenamiento de forraje en la granja ganadera “RONGRAT, C.A”

OBJETIVO ESPECÍFICO 1	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEM	FUENTE DE INFORMACIÓN
Diagnosticar la situación actual del almacenamiento de forraje en la granja ganadera “RONGRAT, C.A”	Características del proceso de almacenamiento de pasto en la empresa.	Condiciones para el proceso de almacenamiento de pasto.	Almacenamiento y Equipos	1,2,4	Entrevista Estructurada
			Tiempo y Volumen	3	
	Aprovechamiento de recursos	Recursos necesarios	Costos Suministros	4	
		Capacitación del personal	Efectividad	5	

Fuente: Triviño. S, Emily. I (2023)



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESTIMADO PROFESOR (A): FREDY BARRAGÁN

Seguidamente se le presenta un guión de entrevista que va dirigido a un panel de expertos en el ámbito Agropecuario y de Ingeniería Mecánica, para un total de tres (03) personas; las respuestas que se obtendrán de la aplicación de este instrumento de recolección de datos va a permitir dar respuesta al objetivo específico número uno (01) de la investigación, que se denomina: Diagnosticar la situación actual del almacenamiento de forraje en la granja ganadera "RONGRAT, C.A", de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable. Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industrial y académico.

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guión de entrevista y el formato de validación.

AUTORA:

Triviño S, Emily I.

C.I.: 27.249.367

TUTORA:

Rodríguez Aguirre Yndira

C.I.: 11.547.002



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		

Fecha: 10/10/2023


Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	ING. MECÁNICO ESP. EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL MSc. EN MANUFACTURA Y MATERIALES Dr. EN EDUCACIÓN
--	--



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESTIMADO PROFESOR (A): Giovanni Pizzella

Seguidamente se le presenta un guión de entrevista que va dirigido a un panel de expertos en el ámbito Agropecuario y de Ingeniería Mecánica, para un total de tres (03) personas; las respuestas que se obtendrán de la aplicación de este instrumento de recolección de datos va a permitir dar respuesta al objetivo específico número uno (01) de la investigación, que se denomina: Diagnosticar la situación actual del almacenamiento de forraje en la granja ganadera "RONGRAT, C.A", de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable. Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industrial y académico.

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guión de entrevista y el formato de validación.

AUTORA:

Triviño S, Emily I.

C.I.: 27.249.367

TUTORA:

Rodríguez Aguirre Yndira

C.I.: 11.547.002



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	X			X		
2	X			X		
3	X			X		
4	X			X		
5	X			X		

Fecha: 10/10/2023

Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	ING MECÁNICO, MSc ING MECÁNICA
--	--------------------------------



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESTIMADO PROFESOR (A): Wilmer Saez

Seguidamente se le presenta un guión de entrevista que va dirigido a un panel de expertos en el ámbito Agropecuario y de Ingeniería Mecánica, para un total de tres (03) personas; las respuestas que se obtendrán de la aplicación de este instrumento de recolección de datos va a permitir dar respuesta al objetivo específico número uno (01) de la investigación, que se denomina: Diagnosticar la situación actual del almacenamiento de forraje en la granja ganadera "RONGRAT, C.A", de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable. Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industrial y académico.

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guión de entrevista y el formato de validación.

AUTORA:

Triviño S, Emily I.

C.I.: 27.249.367

TUTORA:

Rodríguez Aguirre Yndira

C.I.: 11.547.002



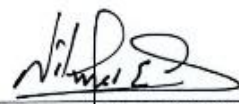
REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados,
anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		

Fecha: 10/10/2023


Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	<i>Ing. Electricista Especialista en Docencia para la Educación Sup. Magister Scientiarum en Instrumentación</i>
--	--

APÉNDICE B

MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, SEGURIDAD E HIGIENE DEL SISTEMA PELETIZADOR

1. Manual De Operación

Pasos para la operación

- Examine el área de trabajo y retire los objetos ajenos a los estrictamente necesarios de las superficies cercanas visibles antes, durante y después de la operación de la máquina.
- Verifique que la máquina se encuentre en un espacio libre de sustancias inflamables e Inspeccione la mesa de soporte y sus accesorios (Ruedas con Freno), para garantizar el correcto ajuste de esta y de la estructura superior (Tolva y Envase superior) para evitar dificultades y/o contaminación del alimento.
- Verificar que todos los componentes de la máquina se encuentren en su lugar designado antes de empezar la operación. Por ejemplo, el Sistema de Corte.
- Verifique que la conexión eléctrica puesta al Motor – Reductor sea la ideal, se encuentre en buen estado y esté conectada al tomacorriente de manera adecuada. Además, se debe comprobar que la máquina esté conectada al voltaje indicado en la placa de datos del motor.
- Llenar la tolva de alimentación a tope con el pasto a peletizar antes de encender la máquina.
- Para los primeros usos de la maquina se recomienda cronometrar el tiempo de vaciado de la tolva, para establecer los tiempo de rellenado de la misma.
- Encienda la máquina accionando el motor como lo indica el fabricante.
- Evite los apagados bruscos de la máquina durante el proceso de peletizado.
- No debería dejar que ocurra el vaciado completo de la tolva para no generar interrupciones durante el proceso de peletizado.
- Apagar la máquina al completar la producción diaria, para una jornada de trabajo de 7 horas se producen 1050 kilogramos más un exceso.
- Limpiar las herramientas, instrumentos y lugar de trabajo después de culminar el proceso de peletizado.

2. Manual De Mantenimiento.

Instrucciones

Estas instrucciones están enfocadas a preservar la máquina en todo su conjunto, de tal forma, que el aprovechamiento de la inversión sea el más óptimo posible. Para ello recurriremos a especificar un mantenimiento preventivo y un mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo está referido al conjunto de operaciones que se hacen con el objetivo de prevenir la ocurrencia de una falla. Estas operaciones corresponden a las siguientes tareas:

- Examinar el estado vital de los componentes del sistema.
- Realizar una lubricación adecuada de los rodamientos en el conjunto de rodillos.
- Comprobar que los tornillos de sujeción de todo el sistema estén debidamente apretados.
- Asegurarse que los acoples del conjunto Motor-Reductor con el eje central estén en buen estado, alineados y ajustados.
- Ya que se culminó la jornada de funcionamiento de la máquina, se exhorta a lavar con abundante agua y jabón las piezas que lo requieran y que son desmontables, como los rodillos y la matriz, además se recomienda vaciar completamente la tolva de alimentación, desmontarla para que pueda ser limpiada adecuadamente.
- Evitar la presencia de humedad en los componentes eléctricos (conexiones, cables, motores, etc.).

En aquellos elementos donde se identifique el inicio de un desgaste, se recomienda sustituirlos antes de que se produzca la falla. Ejemplos de estos componentes pudieran ser los rodamientos, tornillos, etc.

Por otra parte, el mantenimiento correctivo son el conjunto de operaciones que se hacen sobre un equipo o conjunto que fallaron para poder restituirlos a sus condiciones operativas normales. Estas operaciones están directamente relacionadas a identificar una avería. Las fallas más comunes que pudiera presentar la máquina tienen que ver con aquellas piezas consideradas desechables y que son fácilmente sustituibles, como los motores, rodamientos, acople al reductor, cuchillas, entre otras; Sin embargo, las características con las que han sido diseñadas estas piezas

hacen que se consideren conservables y duraderas en el tiempo, colocando así su probabilidad de falla en períodos muy largos.

Además de estos aspectos, se podría poner en práctica:

- **La inspección Visual**

Se invita a realizar una inspección regular de todo el equipo para encontrar componentes dañados, fallas leves o imperfecciones importantes de los mismos, como tornillos flojos o ruidos extraños.

Inspeccionar el estado del pellet a la salida de la maquina; si el tamaño y configuración del pellet no son correctos es indicación de que se requiere hacer ajustes, reparaciones o en caso crítico recurrir a un chequeo general y detallado de la máquina. Luego, se observa en busca de grietas o corrosión en los componentes que estén al alcance de la vista como la estructura superior e inferior, el conjunto de tornillos, los rodamientos y otros.

3. Manual de Higiene y Seguridad Laboral

Estas instrucciones tienen como objetivo explotar al máximo el buen rendimiento de la máquina y evitar accidentes para el personal que maneje la operación de la misma.

Instrucciones

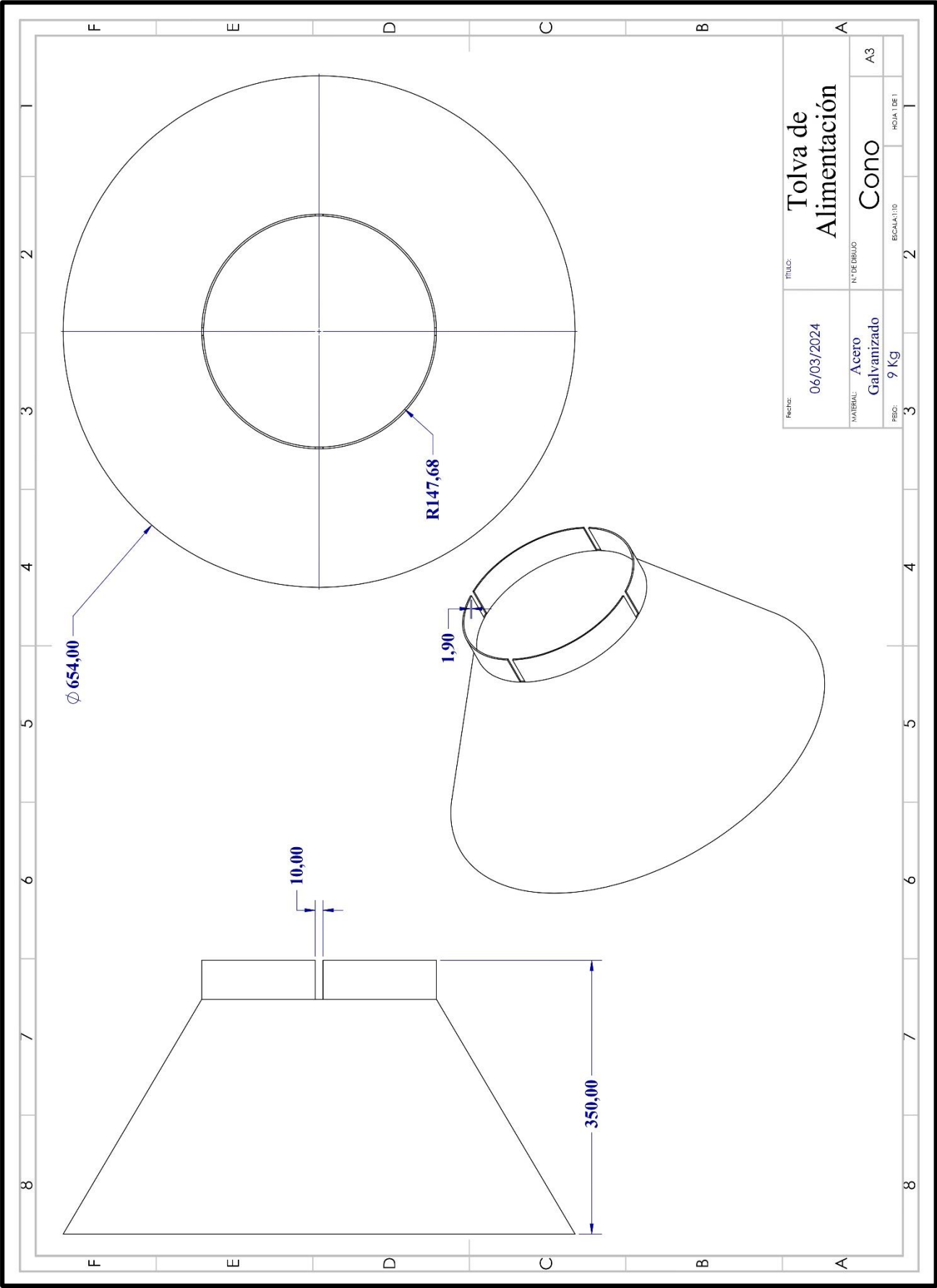
- Mantenga el área de trabajo limpia y ordenada, y asegurarse que esta posea una correcta iluminación del área.
- No use la máquina en ambientes peligrosos (húmedos, mojados o en presencia de gases).
- La máquina debe ser usada solo por personal calificado.
- Usar la vestimenta adecuada a las condiciones de trabajo, No debe usarse mangas largas, usar bragas, botas y lentes de seguridad.
- Desconecte el sistema peletizador siempre antes de realizar cualquier cambio de accesorios.
- No dejar la máquina encendida sin supervisión.
- Verificar la existencia de protector contra corto circuitos en las conexiones del sistema eléctrico.
- Si la máquina presenta cualquier falla detenga su funcionamiento inmediatamente, la misma debe ser reparada por la seguridad de los operarios.

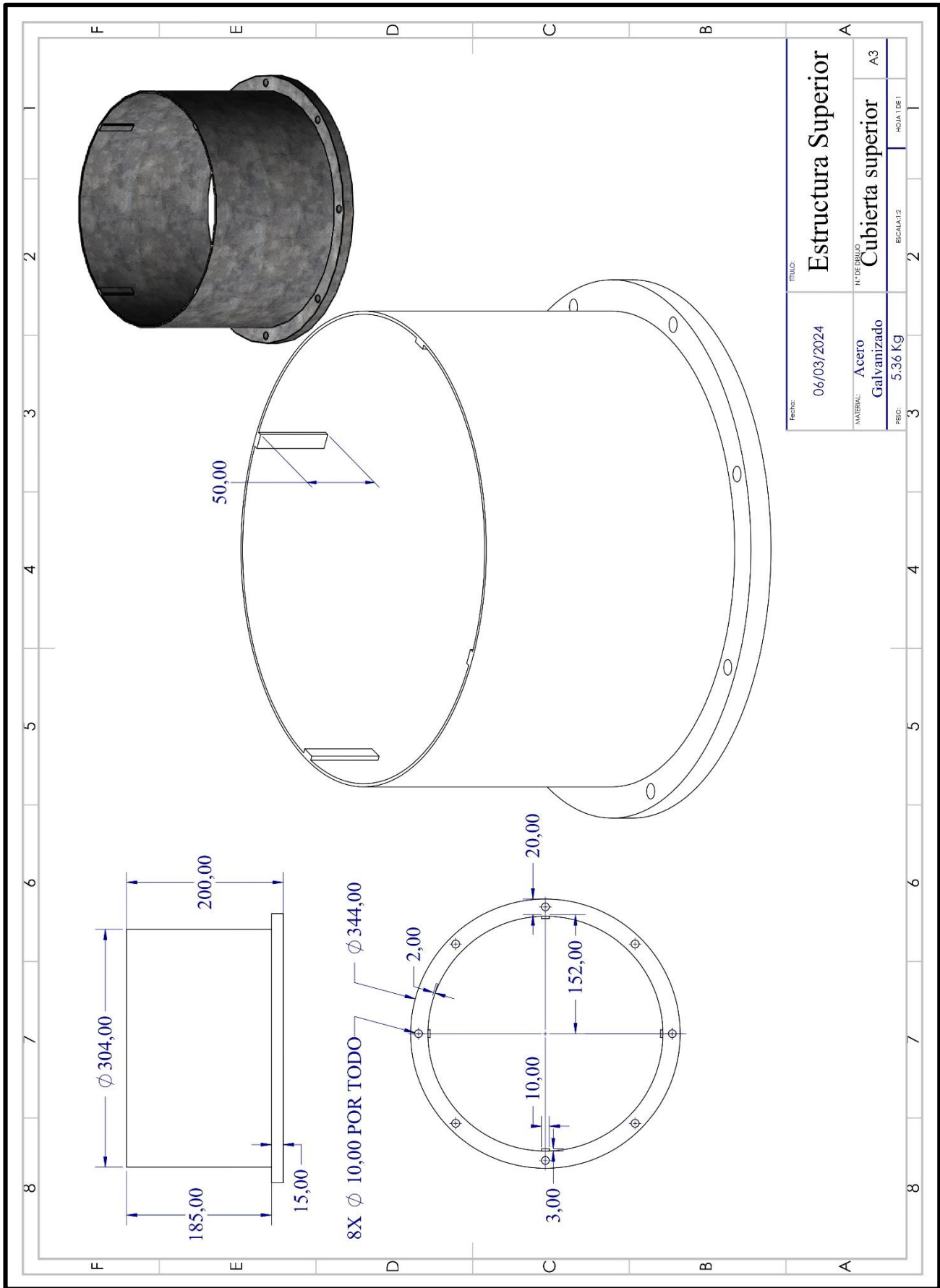
- Nunca introducir objetos o cuerpos extraños a la tolva de alimentación.
- Colocar dispositivos de extinción de incendios, en lugares cercanos la máquina y visibles desde ella. Y tener siempre ubicado un botiquín de primeros auxilios.
- Se recomienda limpiar y examinar el estado de la matriz y el conjunto de corte cada cierto tiempo para evitar posibles atascamientos por el alimento que se seca en los agujeros de la matriz, y rodillos.
- Elimine los excesos de polvo, basura o elementos que no sean pertenecientes al montaje y condiciones de trabajo normales de la máquina.

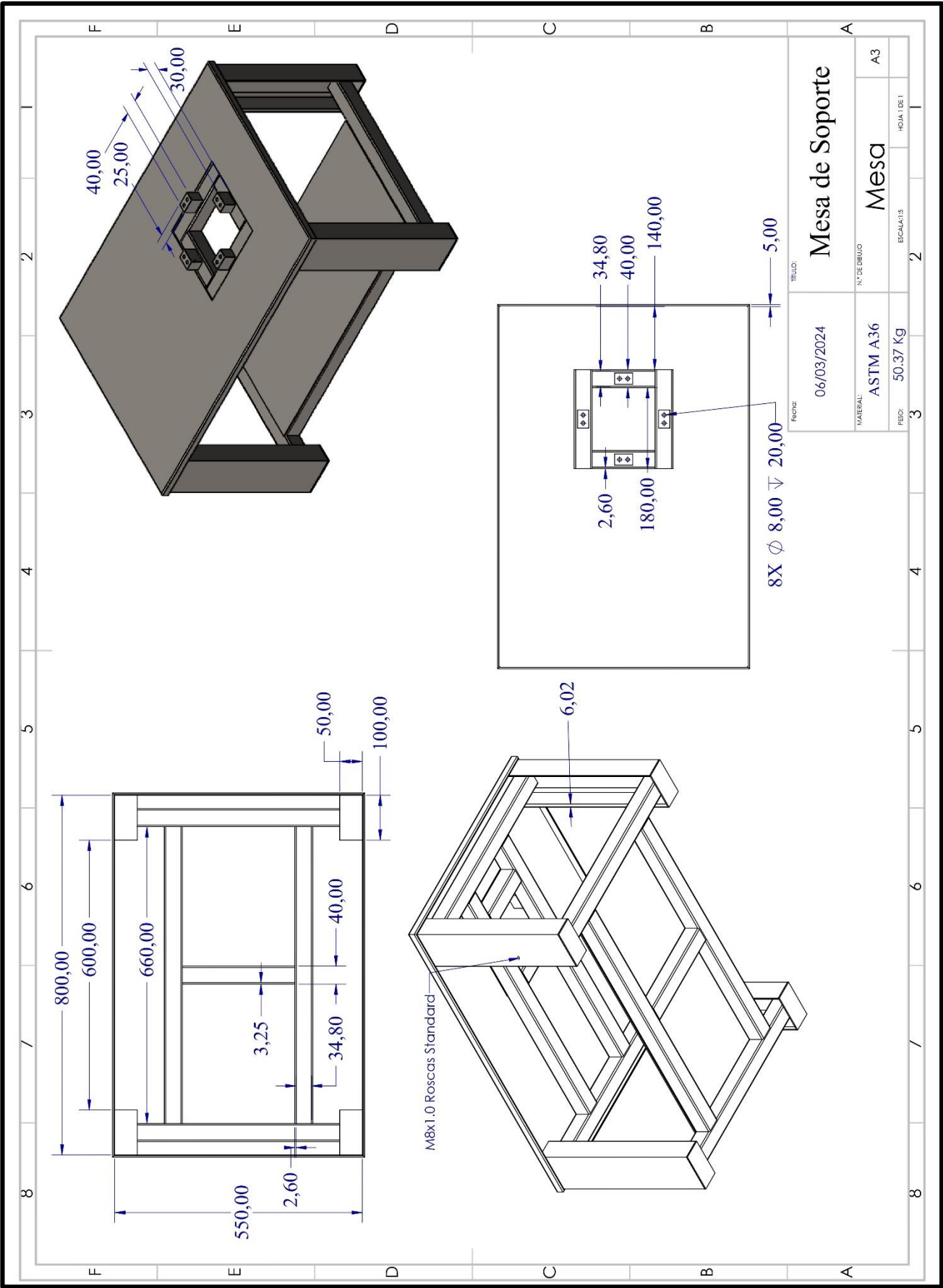
Apéndice C

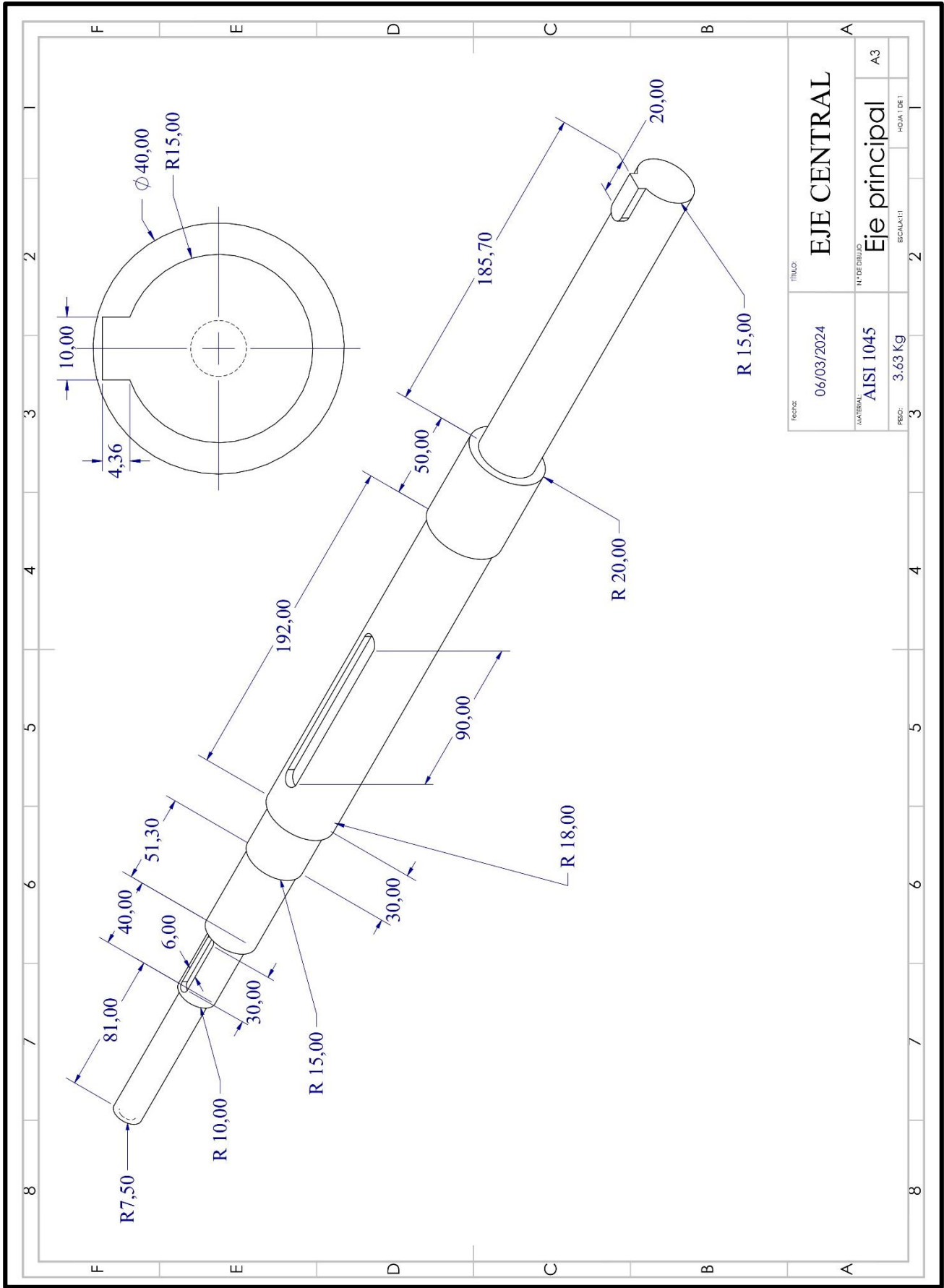
Planos Constructivos del

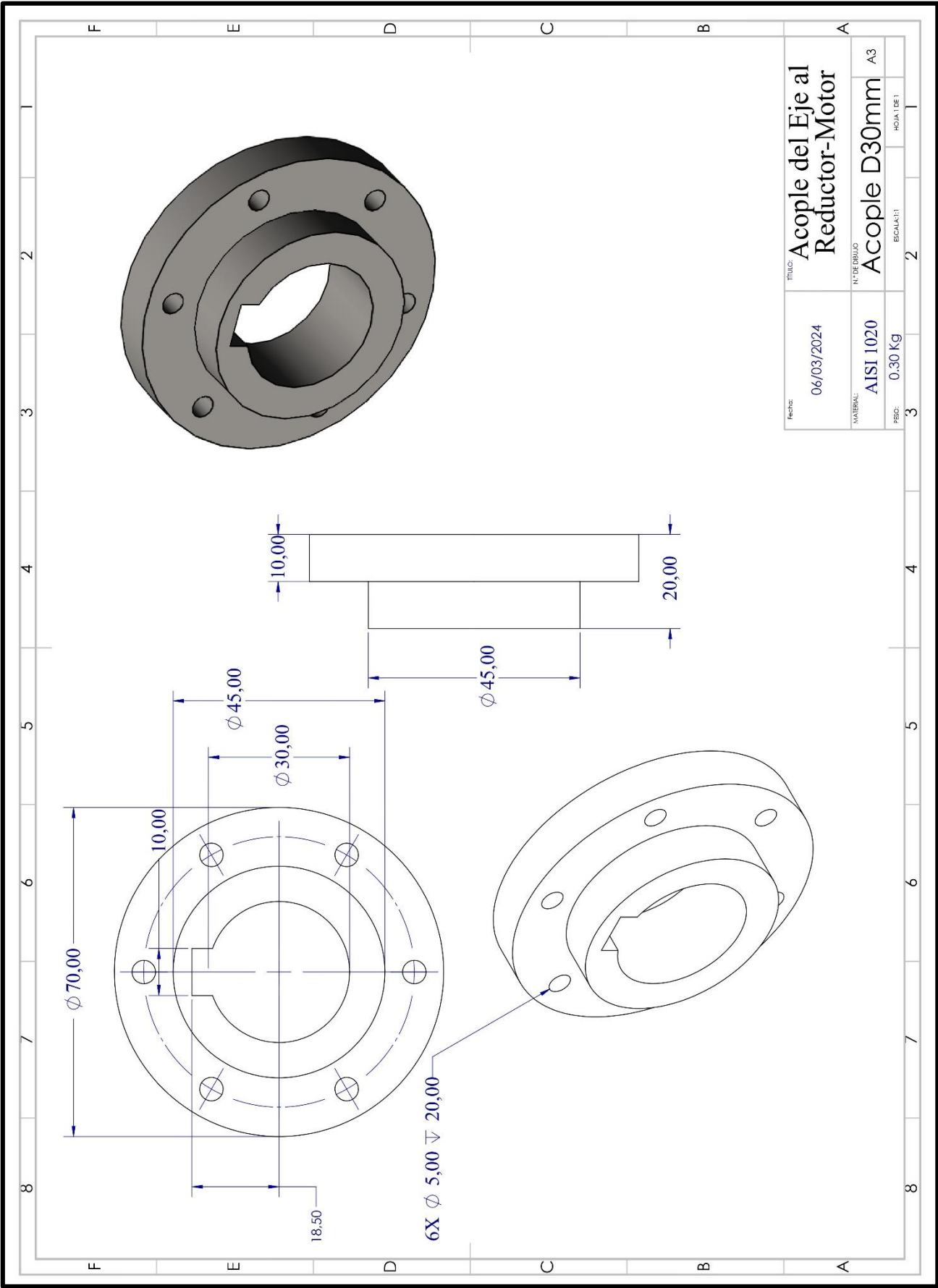
Sistema Peletizador.

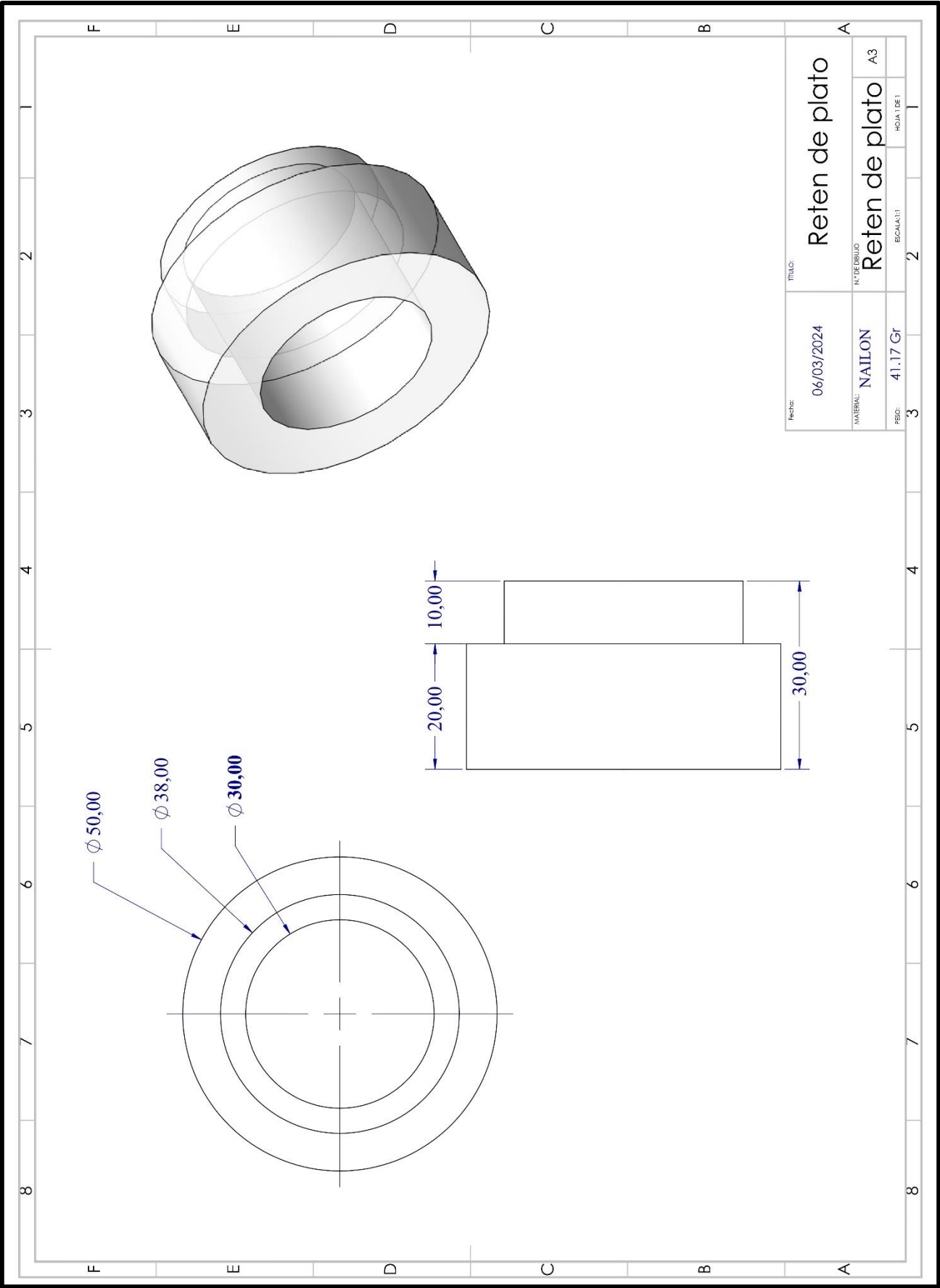


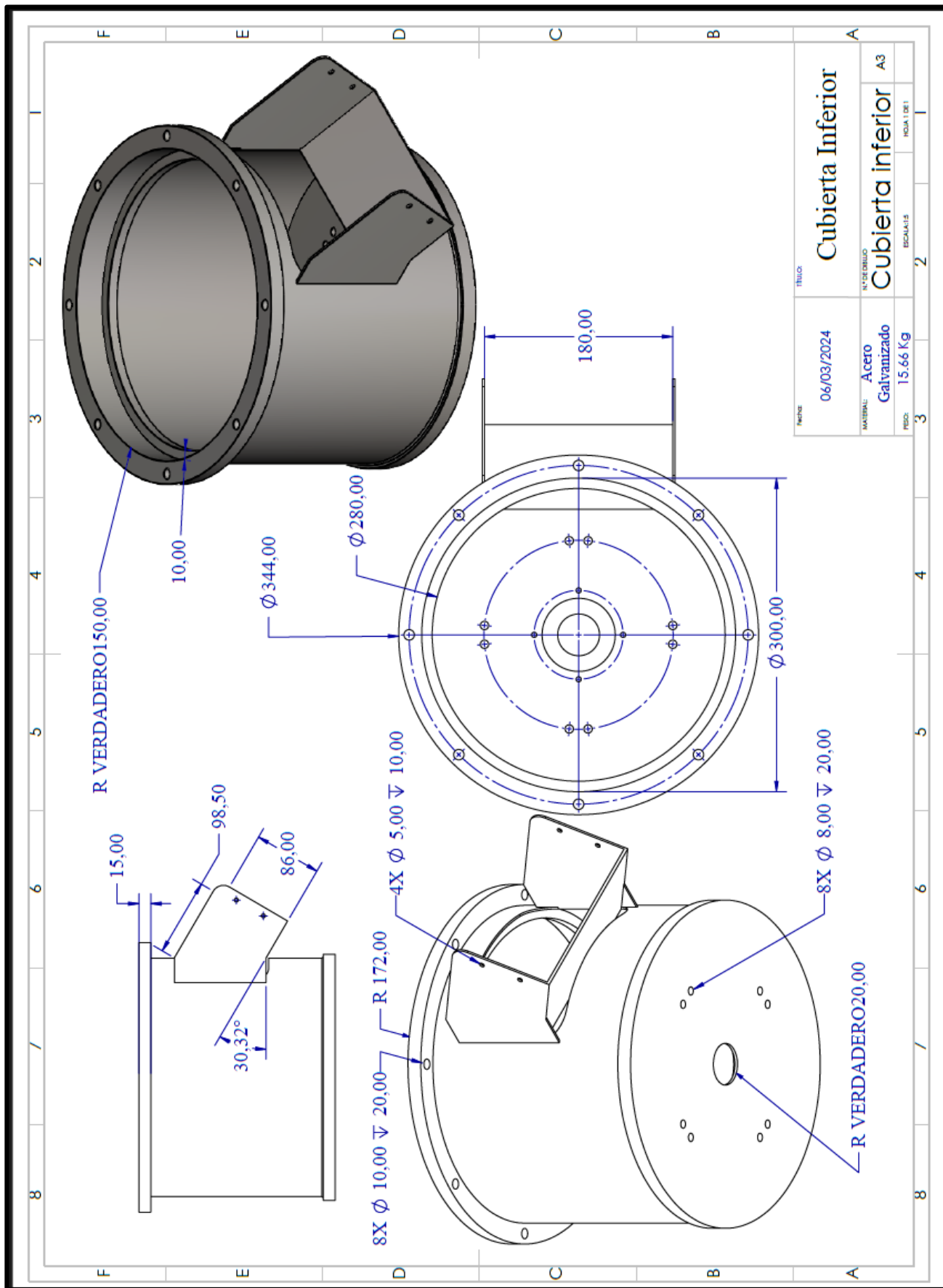


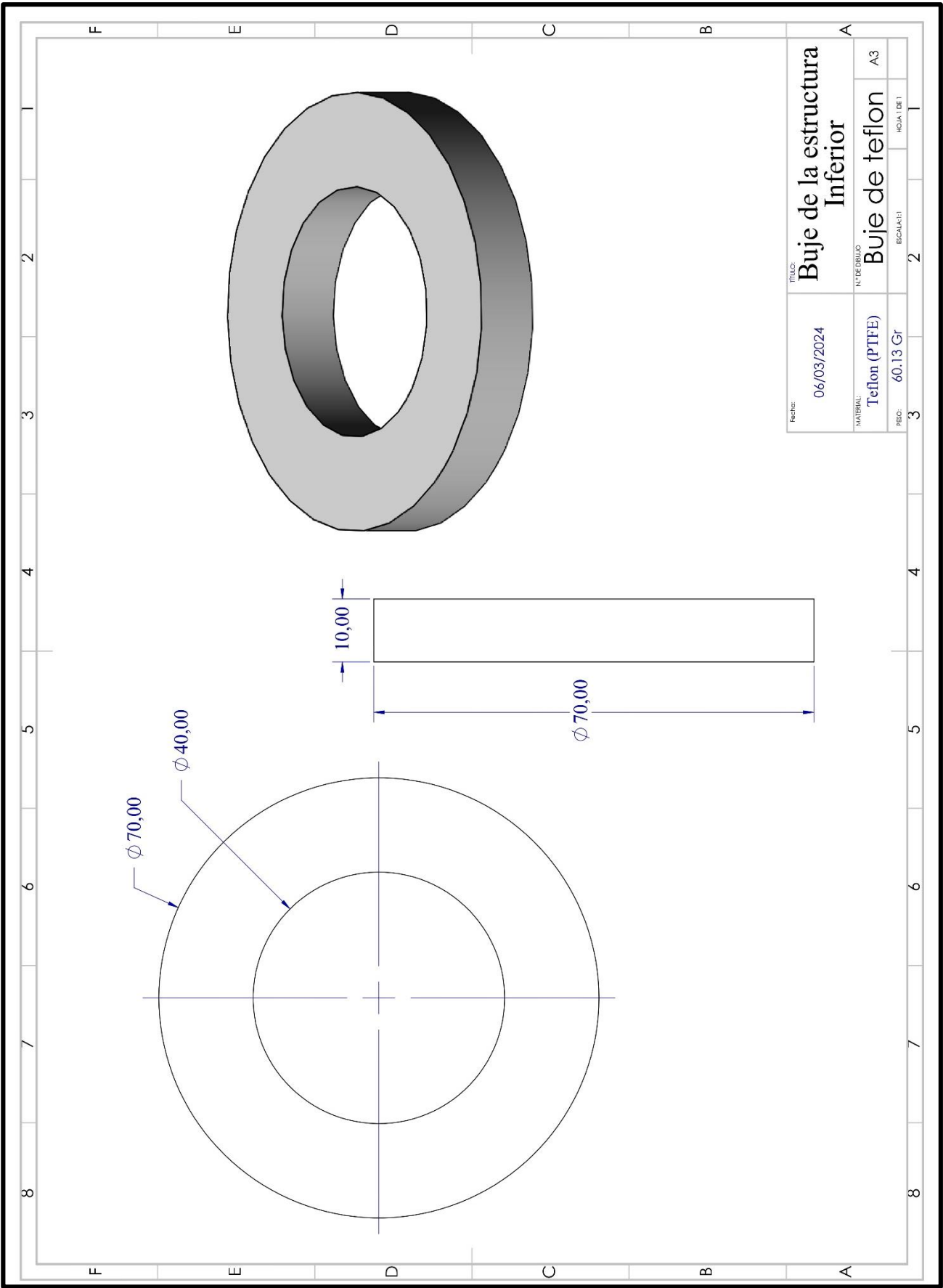


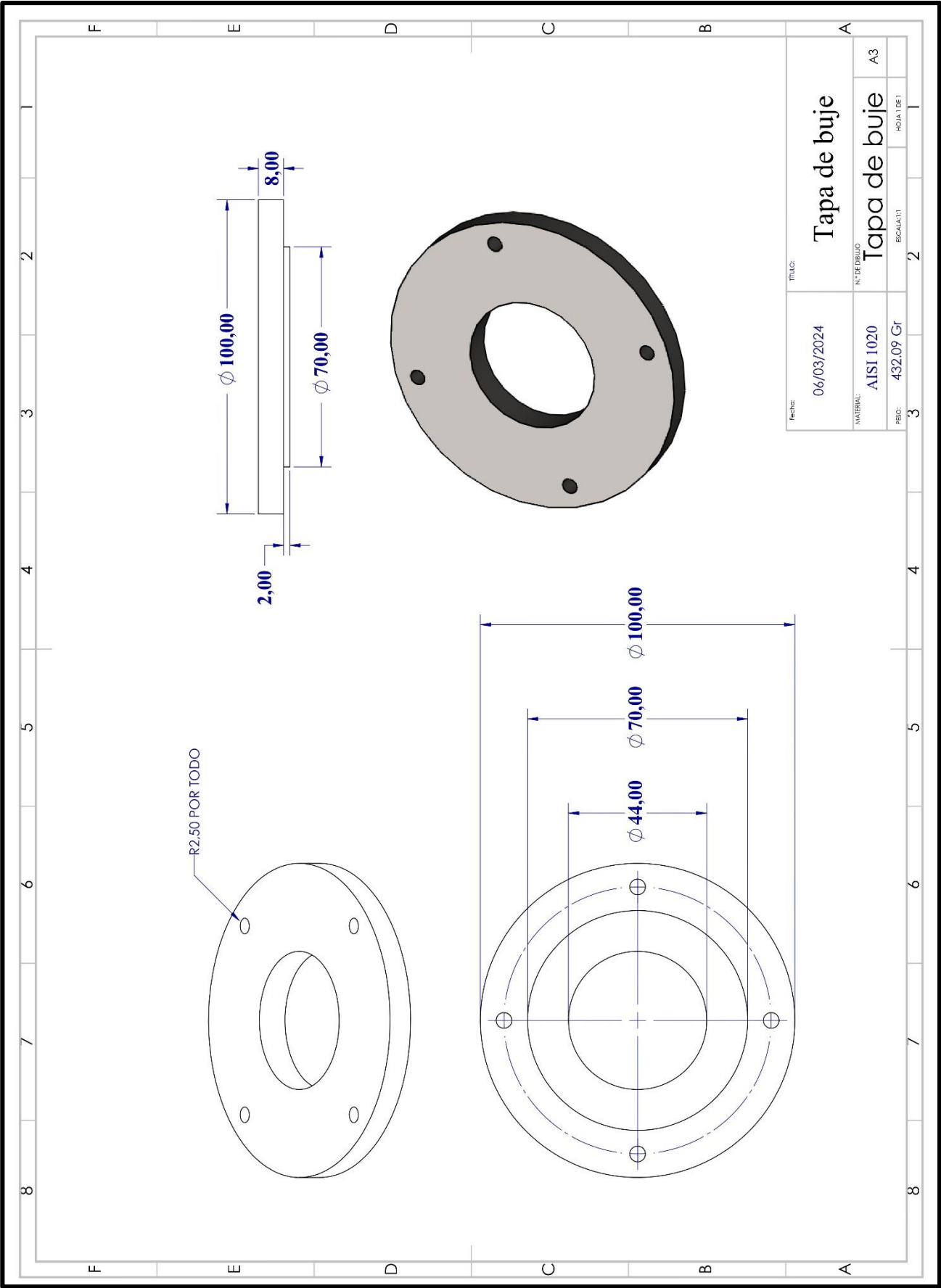


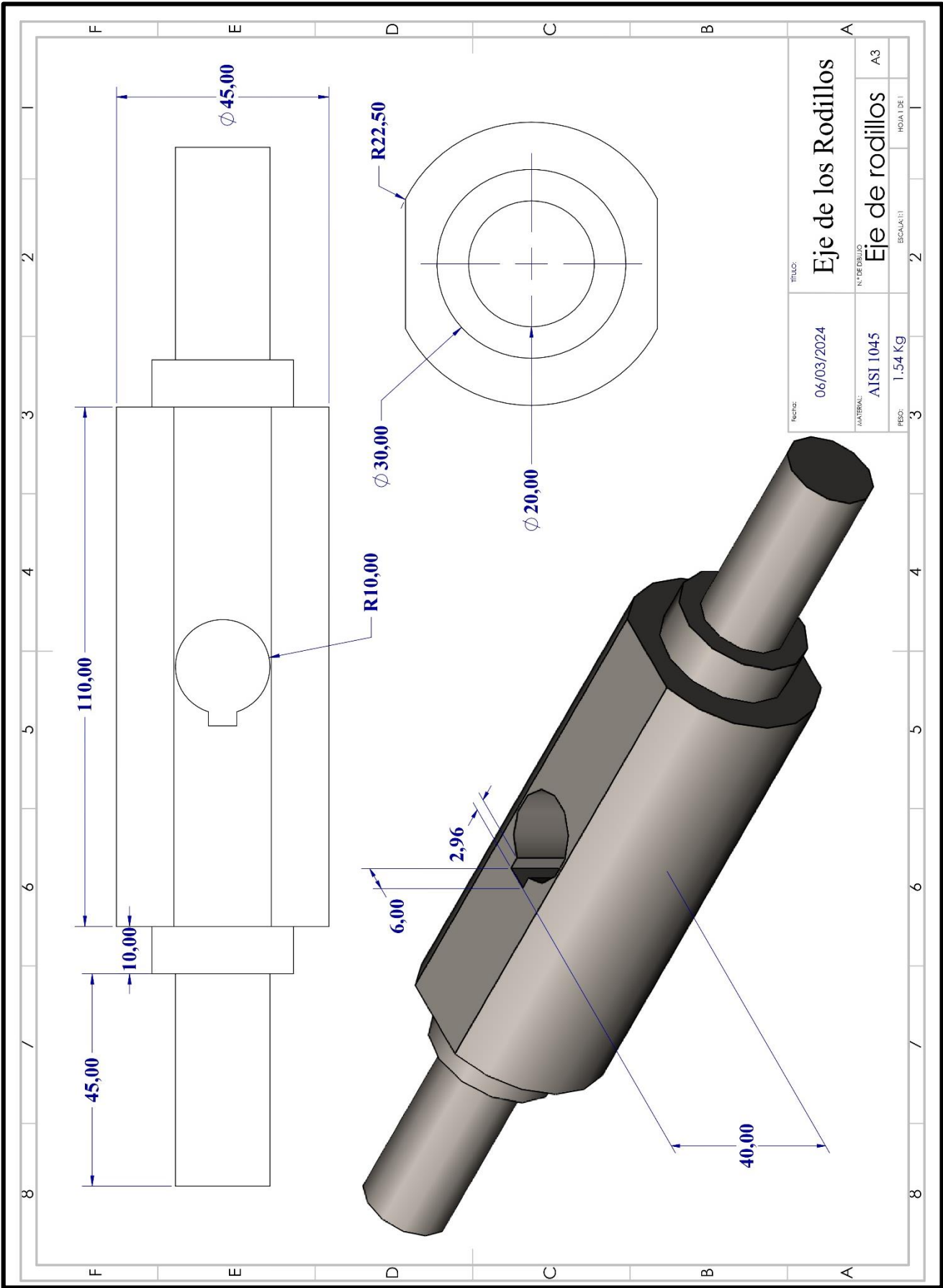


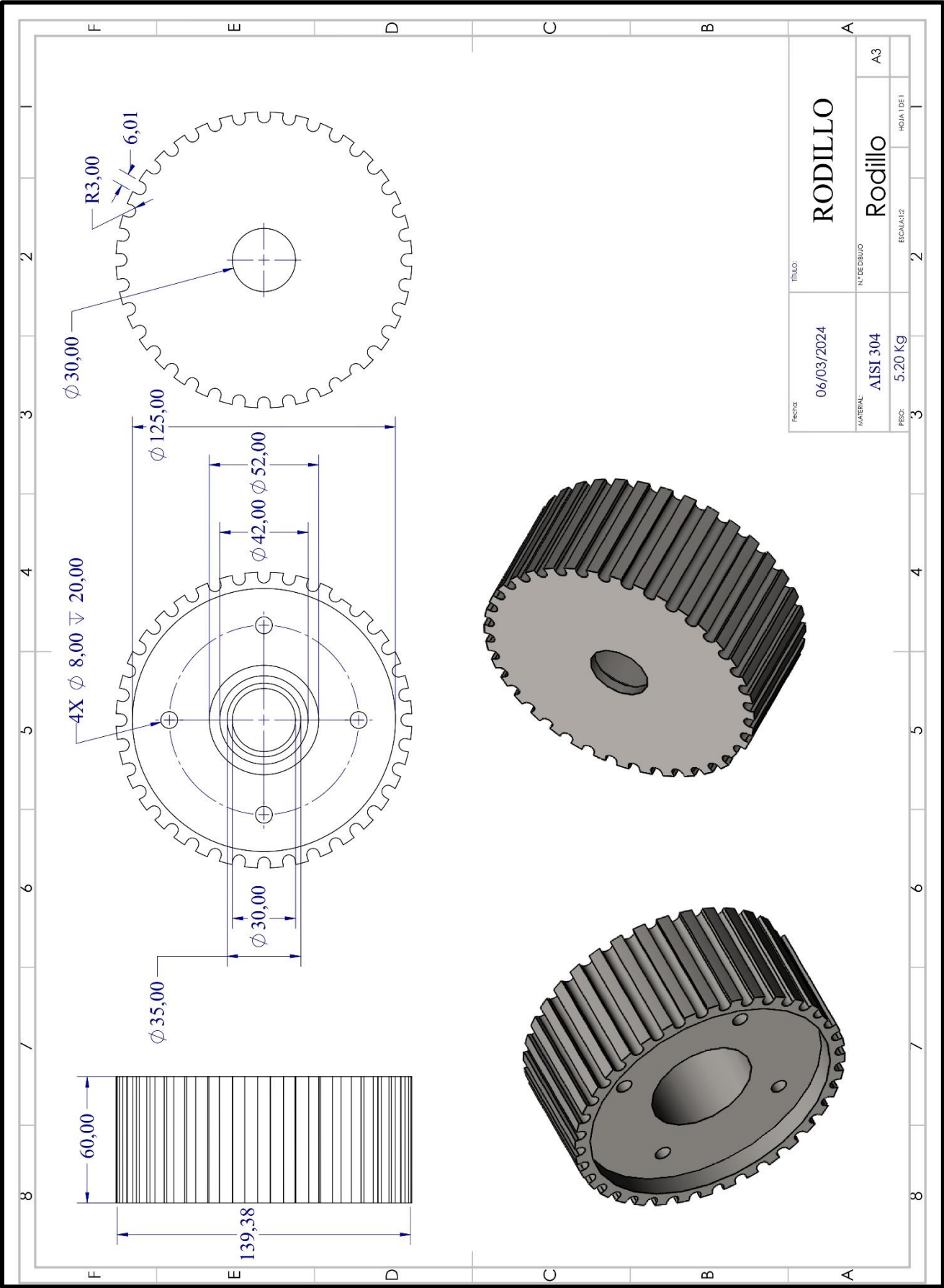


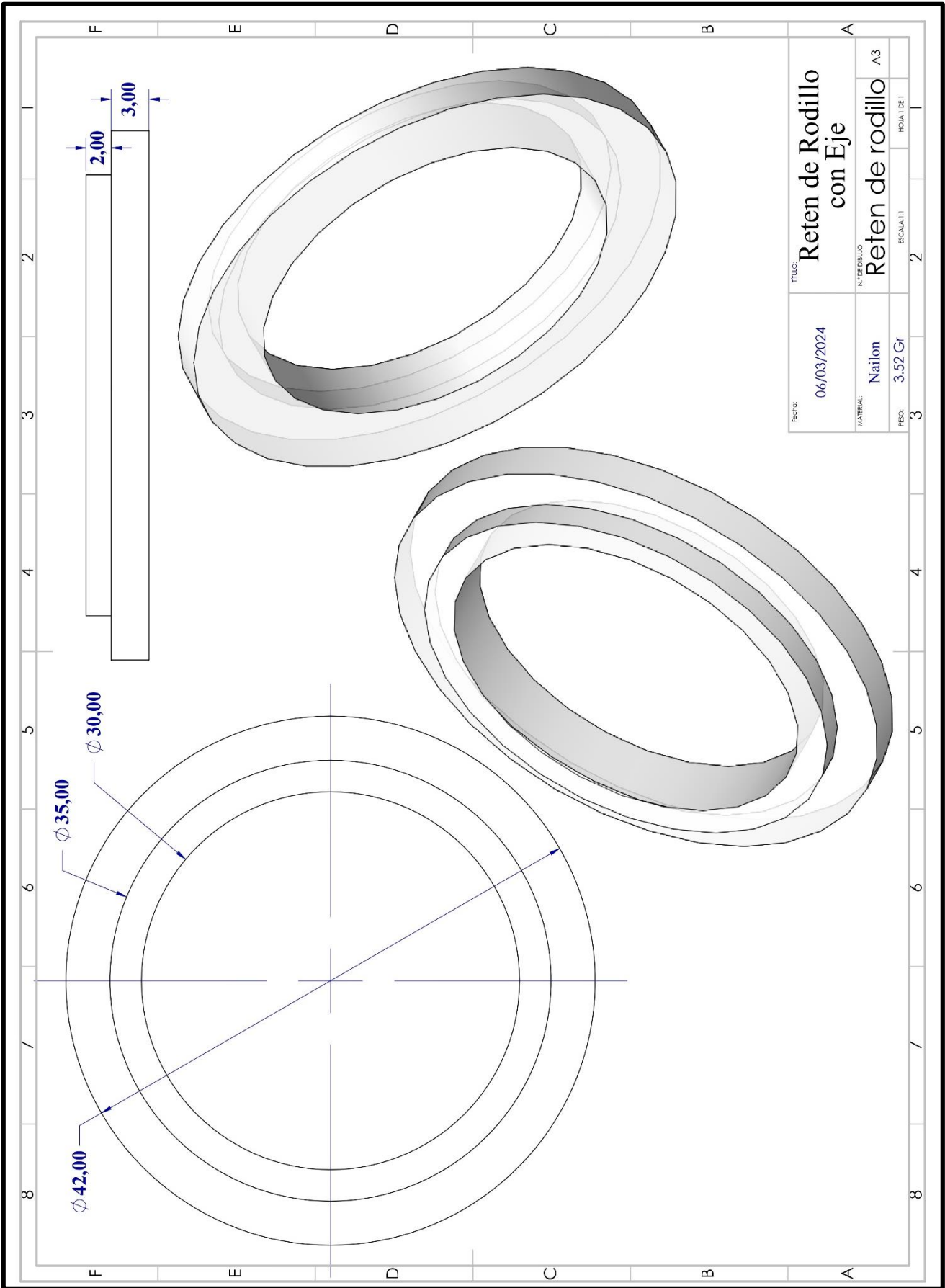


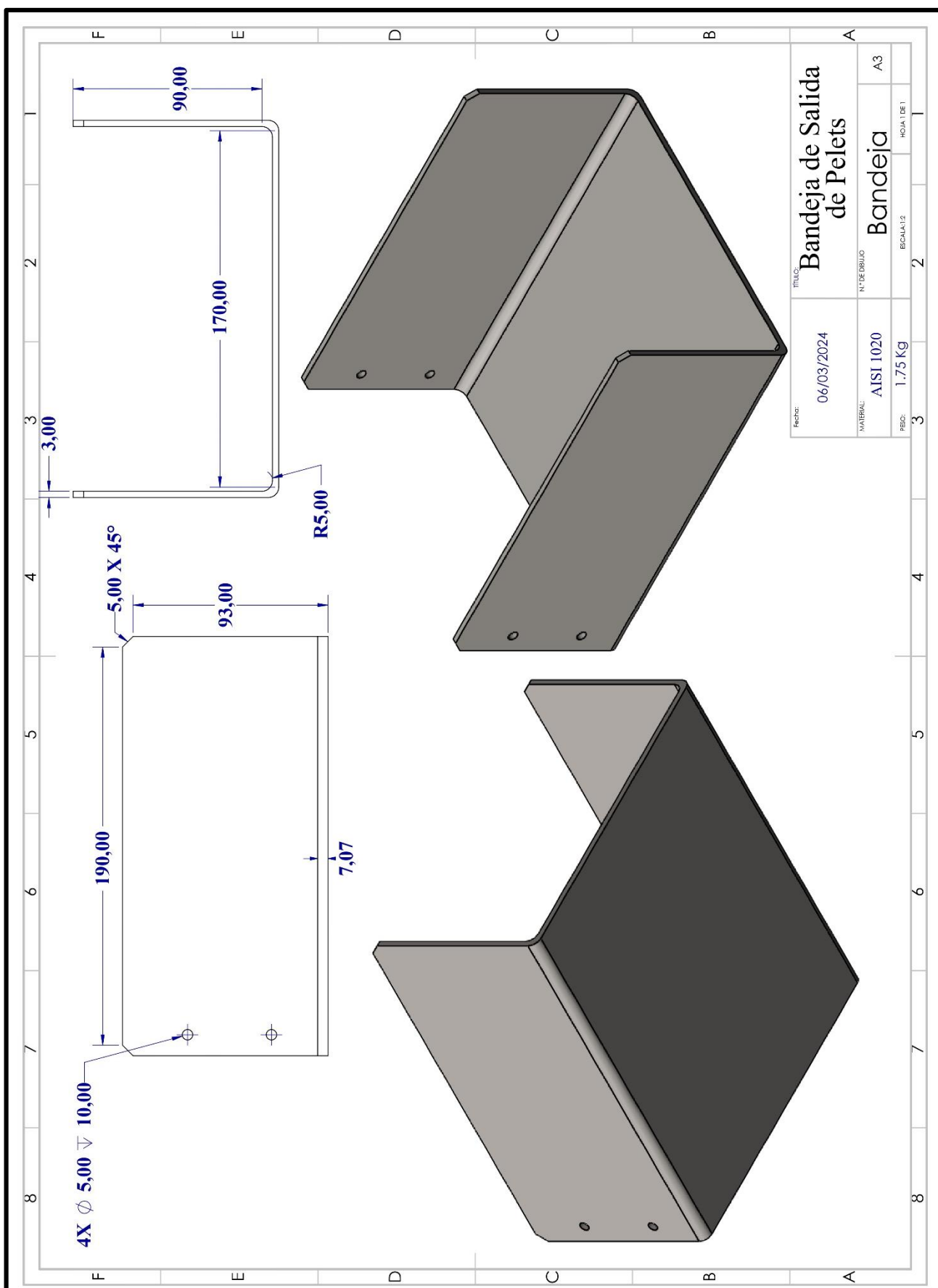


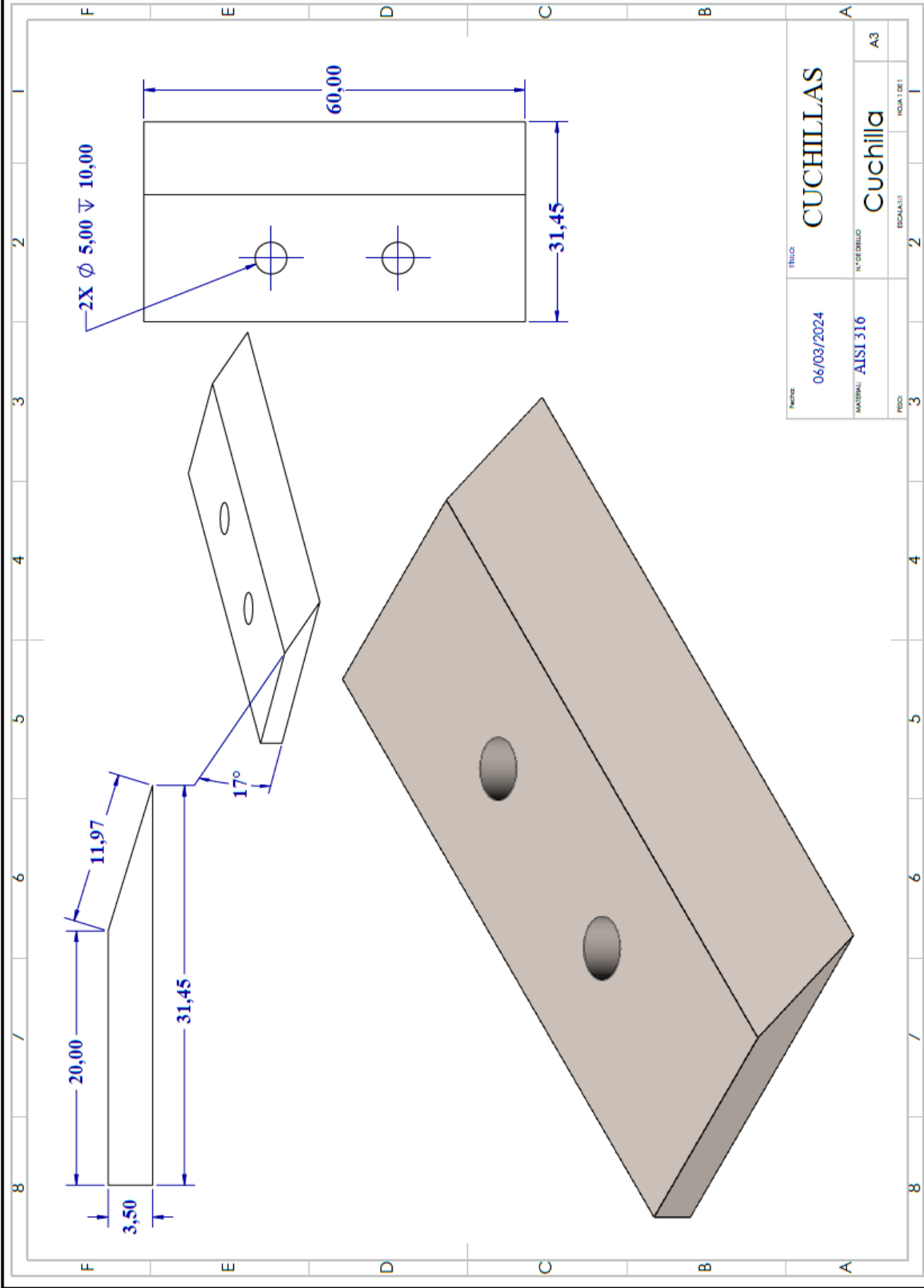


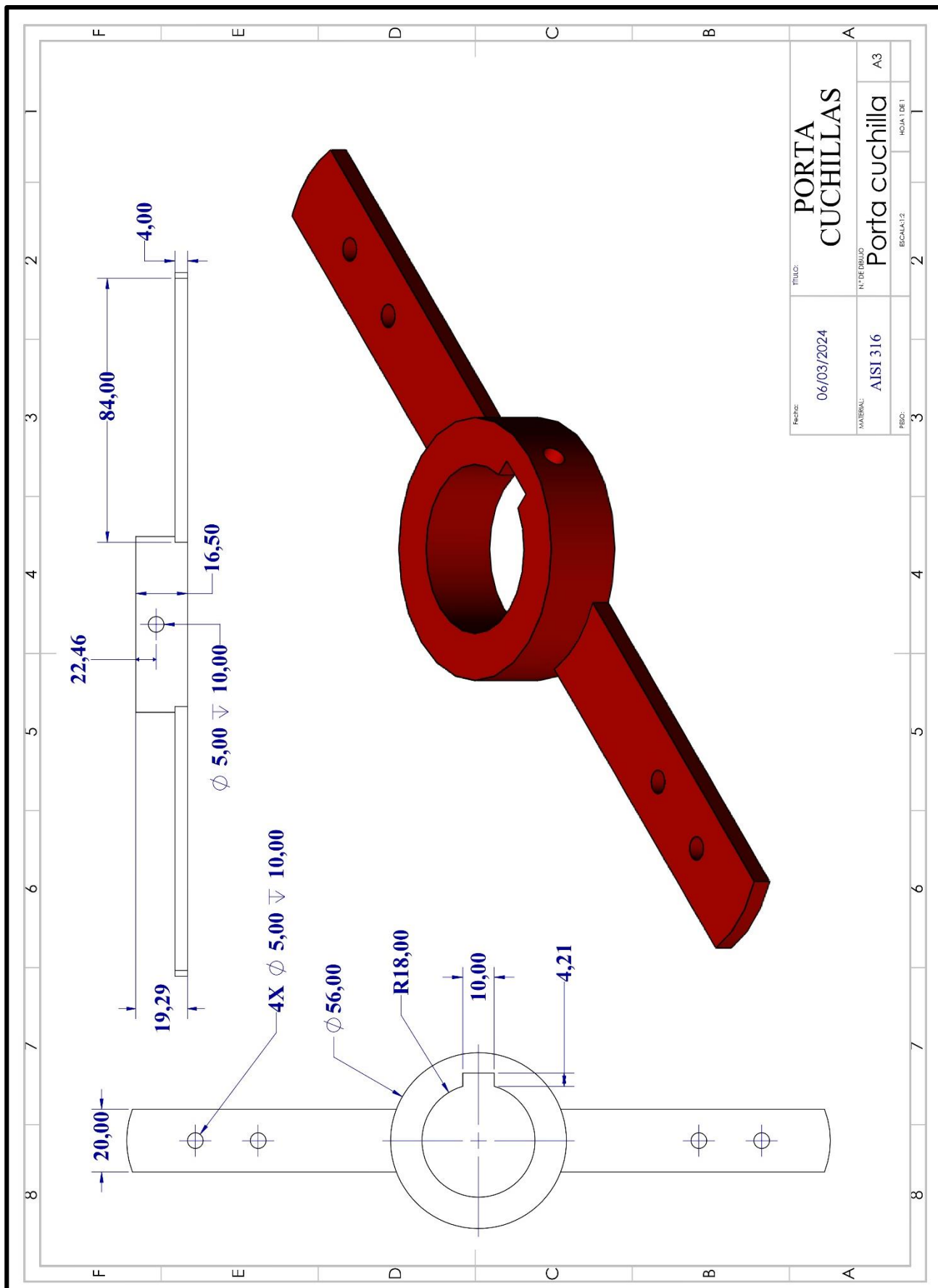


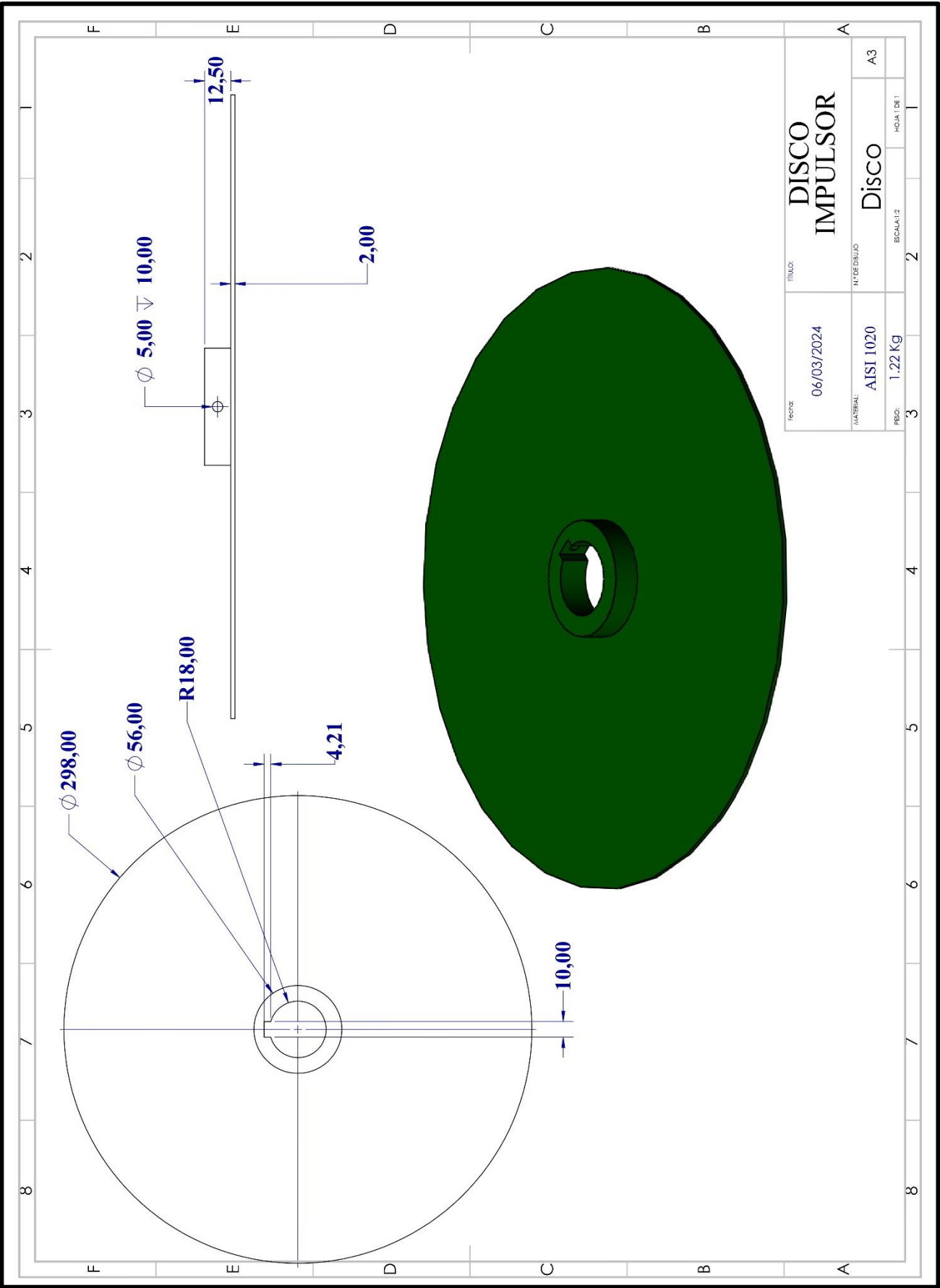


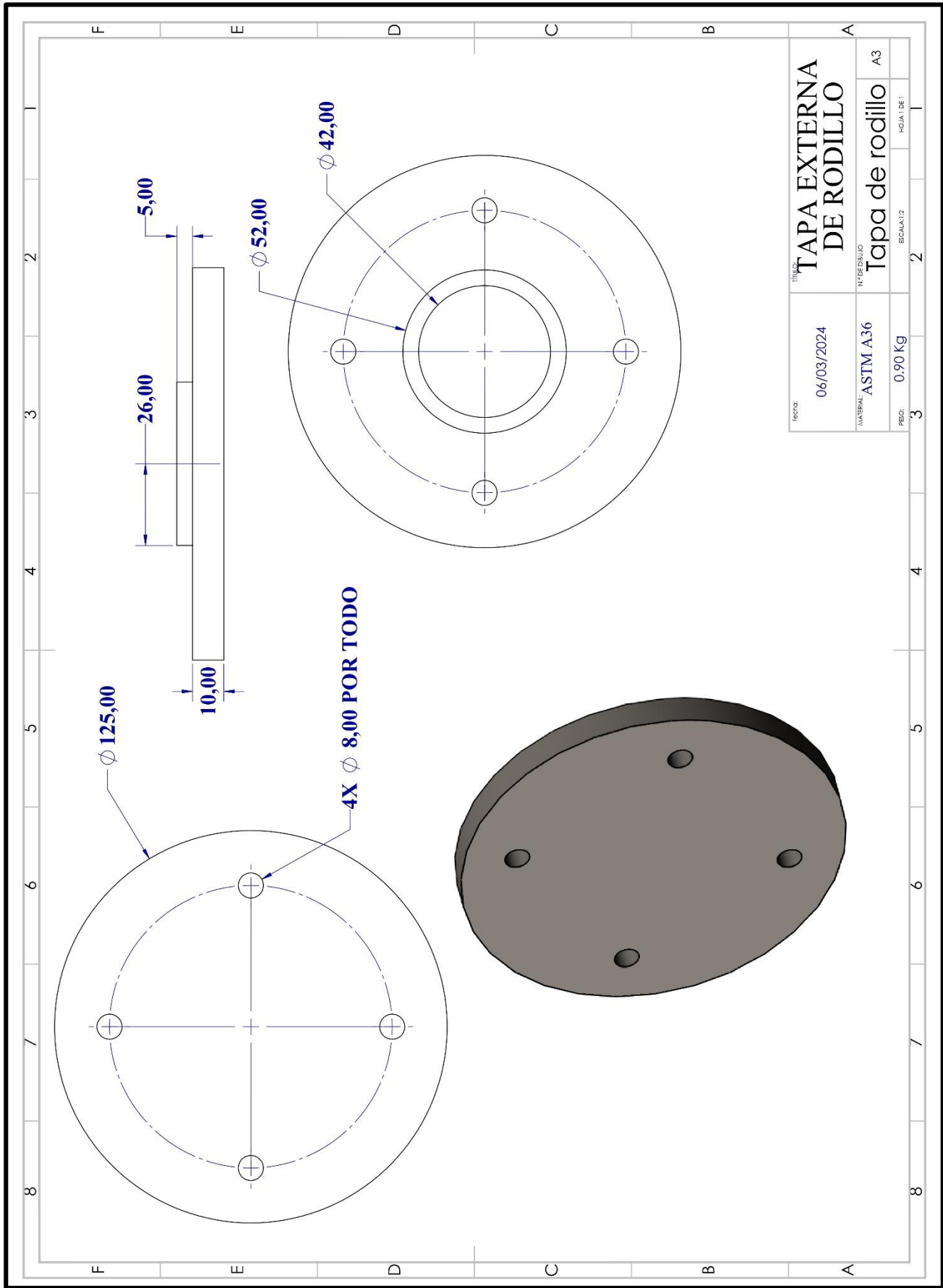


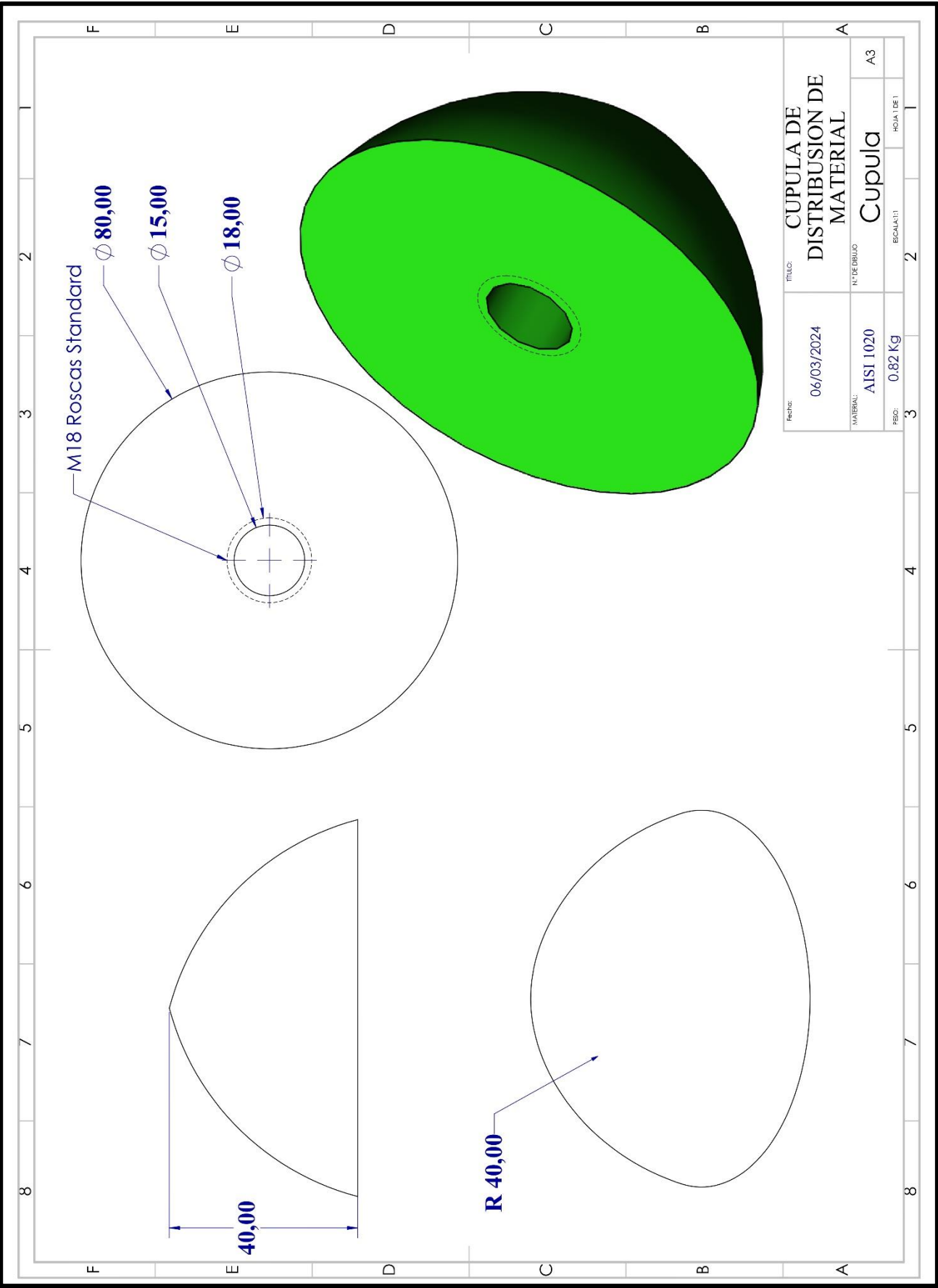


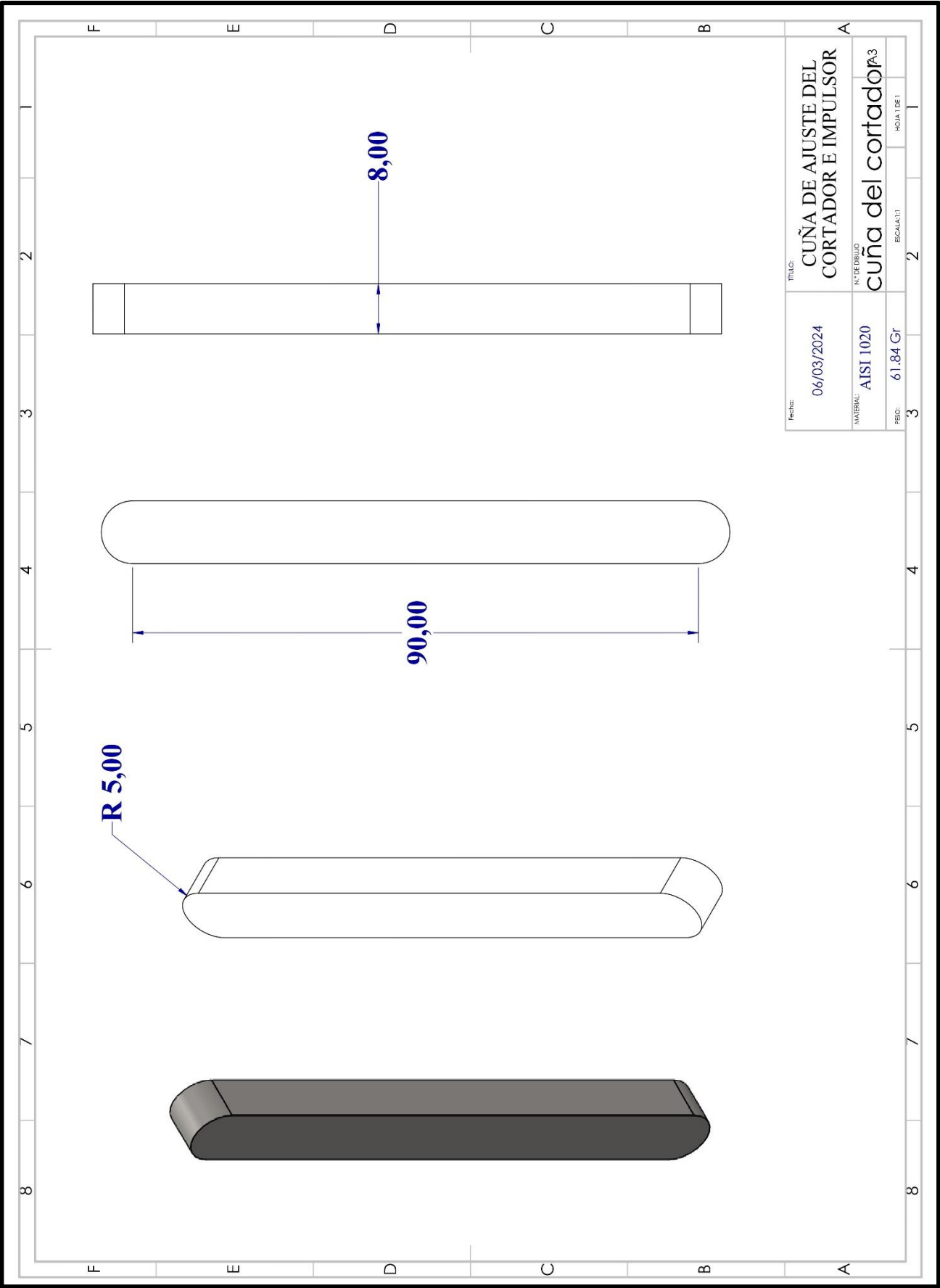


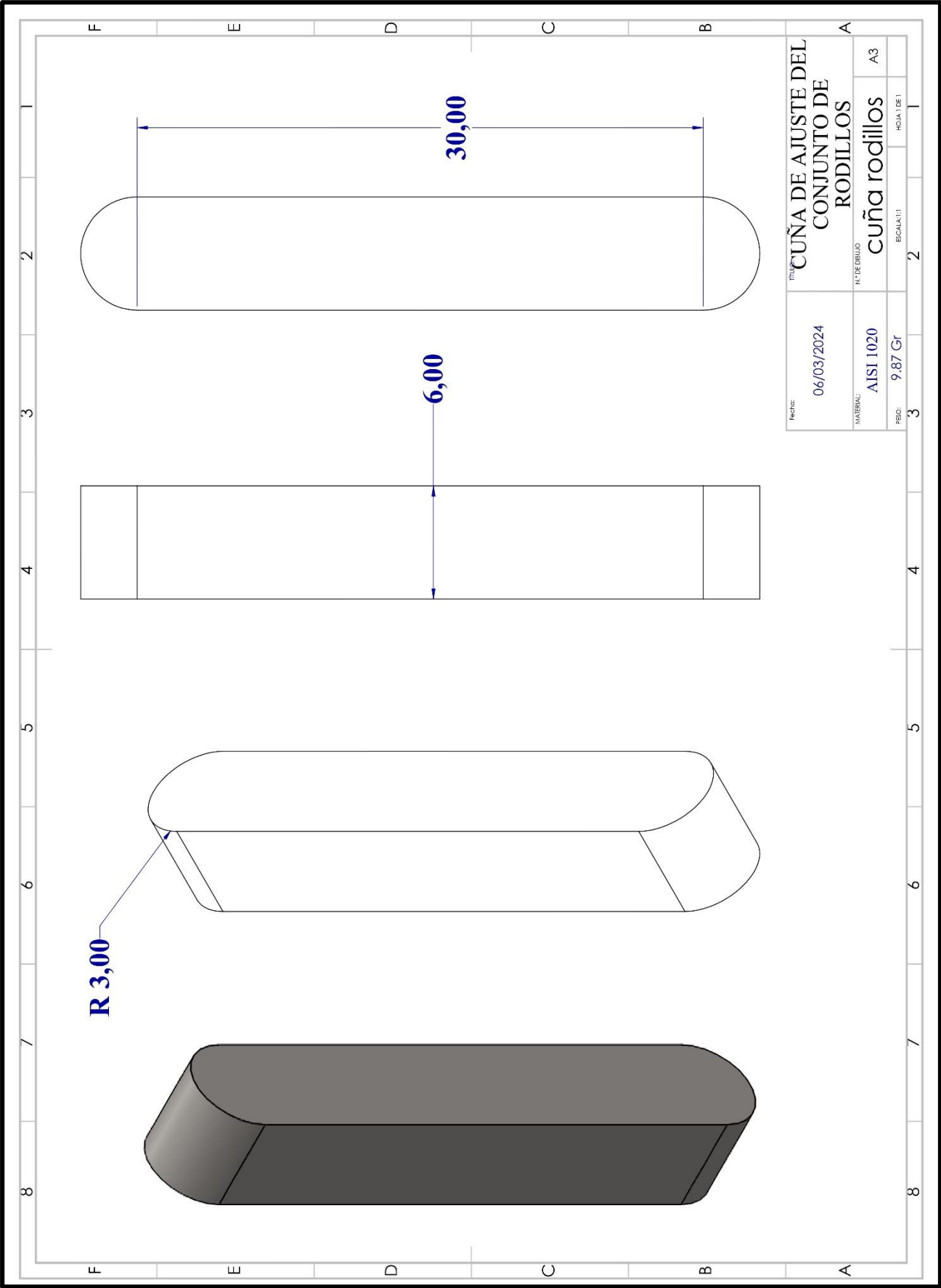












ANEXOS

ANEXO A

Catálogo Siemens de Motor-Reductores (2008)

Motorreductores Motorreductores cónicos helicoidales

Motorreductores de hasta 200 kW

Datos para selección y pedidos (continuación)

Potencia P_{motor} kW	Velocidad de salida		Par de salida T_2 Nm	Factor de servicio f_s	Índice de reducción i_{tot}	Referencia	Código (n.º polos)	Peso *) kg
2,2 (50 Hz)	K.48-LA100L4							
2,6 (60 Hz)	57	68	368	1,2	24,85	2KJ1503 - ■FL13 - ■■N1		43
	63	76	333	1,3	22,54 ★	2KJ1503 - ■FL13 - ■■M1		43
	69	83	304	1,5	20,54	2KJ1503 - ■FL13 - ■■L1		43
	76	91	278	1,6	18,78 ★	2KJ1503 - ■FL13 - ■■K1		43
	85	102	248	1,8	16,79	2KJ1503 - ■FL13 - ■■J1		43
	92	110	228	2,0	15,42 ★	2KJ1503 - ■FL13 - ■■H1		43
	102	122	206	2,1	13,90	2KJ1503 - ■FL13 - ■■G1		43
	119	143	177	2,4	11,95 ★	2KJ1503 - ■FL13 - ■■F1		43
	125	150	168	1,7	11,35 ★	2KJ1503 - ■FL13 - ■■E1		43
	140	168	150	1,9	10,15	2KJ1503 - ■FL13 - ■■D1		43
	152	182	138	2,0	9,32 ★	2KJ1503 - ■FL13 - ■■C1		43
	169	203	124	2,2	8,40	2KJ1503 - ■FL13 - ■■B1		43
	197	236	107	2,4	7,22 ★	2KJ1503 - ■FL13 - ■■A1		43
	K.38-LA100L4							
	97	116	217	0,83	14,69 ★	2KJ1502 - ■FL13 - ■■K1		39
	112	134	187	0,92	12,65	2KJ1502 - ■FL13 - ■■J1		39
	123	148	170	0,98	11,50 ★	2KJ1502 - ■FL13 - ■■H1		39
	132	158	159	1,0	10,72 ★	2KJ1502 - ■FL13 - ■■G1		39
	146	175	144	1,1	9,72	2KJ1502 - ■FL13 - ■■F1		39
	160	192	131	1,2	8,85 ★	2KJ1502 - ■FL13 - ■■E1		39
	182	218	116	1,4	7,82	2KJ1502 - ■FL13 - ■■D1		39
	197	236	107	1,5	7,22 ★	2KJ1502 - ■FL13 - ■■C1		39
	228	274	92	1,7	6,22	2KJ1502 - ■FL13 - ■■B1		39
	251	301	84	1,8	5,65 ★	2KJ1502 - ■FL13 - ■■A1		39
	B.38-LA100L4							
	78	94	271	0,83	18,33	2KJ1501 - ■FL13 - ■■H2		41
	85	102	247	0,89	16,70	2KJ1501 - ■FL13 - ■■G2		41
	93	112	226	0,95	15,28	2KJ1501 - ■FL13 - ■■F2		41
	104	125	202	1,0	13,66	2KJ1501 - ■FL13 - ■■E2		41
	114	137	185	1,2	12,50	2KJ1501 - ■FL13 - ■■C2		41
	129	155	163	1,4	11,05	2KJ1501 - ■FL13 - ■■A2		41
	142	170	148	1,5	10,02	2KJ1501 - ■FL13 - ■■X1		41
	161	193	131	1,8	8,84	2KJ1501 - ■FL13 - ■■U1		41
	178	214	118	2,0	7,98	2KJ1501 - ■FL13 - ■■S1		41
	196	235	107	2,2	7,24	2KJ1501 - ■FL13 - ■■R1		41
	215	258	98	2,4	6,59	2KJ1501 - ■FL13 - ■■P1		41
	235	282	89	2,6	6,03	2KJ1501 - ■FL13 - ■■M1		41
	263	316	80	2,6	5,39	2KJ1501 - ■FL13 - ■■K1		41
	287	344	73	3	4,95	2KJ1501 - ■FL13 - ■■H1		41
	318	382	66	3,2	4,46	2KJ1501 - ■FL13 - ■■F1		41

★ Reducción preferente

Para versiones de eje, ver la página 4/89

Para frecuencias y tensiones, ver la página 8/18

Para formas de carcasa, ver la página 4/86

*) para forma constructiva B3

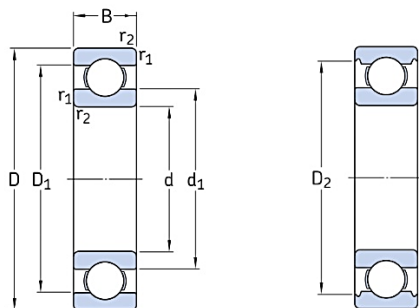
1, 2, 3, 5, 6 ó 9

1 a 9

A, D, E, F, H ó M

Catálogo General de SFK (2019)

Rodamientos rígidos de una hilera de bolas d 12 – 22 mm

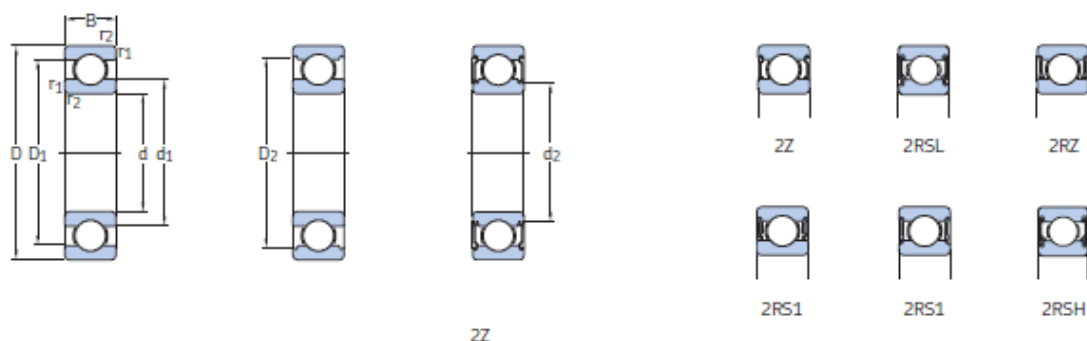


Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	rpm		kg	–
12	21	5	1,43	0,67	0,028	70 000	43 000	0,0063	61801
	24	6	2,25	0,98	0,043	67 000	40 000	0,011	61901
	28	8	5,4	2,36	0,10	60 000	38 000	0,022	* 6001
	30	8	5,07	2,36	0,10	56 000	34 000	0,023	16101
	32	10	7,28	3,1	0,132	50 000	32 000	0,037	* 6201
	37	12	10,1	4,15	0,176	45 000	28 000	0,060	* 6301
15	24	5	1,56	0,8	0,034	60 000	38 000	0,0074	61802
	28	7	4,36	2,24	0,095	56 000	34 000	0,016	61902
	32	8	5,85	2,85	0,12	50 000	32 000	0,025	* 16002
	32	9	5,85	2,85	0,12	50 000	32 000	0,030	* 6002
	35	11	8,06	3,75	0,16	43 000	28 000	0,045	* 6202
	42	13	11,9	5,4	0,228	38 000	24 000	0,082	* 6302
17	26	5	1,68	0,93	0,039	56 000	34 000	0,0082	61803
	30	7	4,62	2,55	0,108	50 000	32 000	0,018	61903
	35	8	6,37	3,25	0,137	45 000	28 000	0,032	* 16003
	35	10	6,37	3,25	0,137	45 000	28 000	0,039	* 6003
	40	9	9,56	4,75	0,2	38 000	24 000	0,048	98203
	40	12	9,95	4,75	0,2	38 000	24 000	0,065	* 6203
20	40	12	11,4	5,4	0,228	38 000	24 000	0,064	6203 ETN9
	47	14	14,3	6,55	0,275	34 000	22 000	0,12	* 6303
	62	17	22,9	10,8	0,455	28 000	18 000	0,27	6403
	32	7	4,03	2,32	0,104	45 000	28 000	0,018	61804
	37	9	6,37	3,65	0,156	43 000	26 000	0,038	61904
	42	8	7,28	4,05	0,173	38 000	24 000	0,050	* 16004
22	42	9	7,93	4,5	0,19	38 000	24 000	0,051	98204 Y
	42	12	9,95	5	0,212	38 000	24 000	0,069	* 6004
	47	14	13,5	6,55	0,28	32 000	20 000	0,11	* 6204
	47	14	15,6	7,65	0,325	32 000	20 000	0,096	6204 ETN9
	52	15	16,8	7,8	0,335	30 000	19 000	0,14	* 6304
	52	15	18,2	9	0,38	30 000	19 000	0,14	6304 ETN9
22	56	16	18,6	9,3	0,39	28 000	18 000	0,18	6404
									62/22
									63/22

* Rodamiento SKF Explorer

En este anexo del catálogo SKF, se puede observar que los rodamientos para ejes de 4 a 9 mm no podrían soportar la carga dinámica de 4,81 kN que exige el funcionamiento de los rodillos.

1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas d 7 – 9 mm



Dimensiones principales			Capacidad de carga		Carga (límite de fatiga	Velocidades nominales	Masa	Designaciones		
d	D	B	básica dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad (límite ¹⁾	Rodamiento abierto o tapado en ambos lados	tapado en un lado ¹⁾	
mm			kN		kN	r. p. m.	kg	–		
7	14	3,5	0,78	0,26	0,011	100 000	63 000	0,0022	618/7	–
	14	5	0,956	0,4	0,017	100 000	50 000	0,0031	628/7-ZZ	–
	17	5	1,06	0,375	0,016	90 000	45 000	0,0049	619/7-ZZ	–
	17	5	1,06	0,375	0,016	90 000	56 000	0,0049	619/7	–
	19	6	2,34	0,95	0,04	85 000	53 000	0,0076	► 607	–
	19	6	2,34	0,95	0,04	–	24 000	0,0078	► 607-2RSH	607-RSH
	19	6	2,34	0,95	0,04	85 000	43 000	0,0078	► 607-2RSL	607-RSL
	19	6	2,34	0,95	0,04	85 000	43 000	0,0084	► 607-ZZ	607-Z
	22	7	3,45	1,37	0,057	70 000	45 000	0,012	► 627	–
	22	7	3,45	1,37	0,057	–	22 000	0,013	► 627-2RSH	627-RSH
	22	7	3,45	1,37	0,057	70 000	36 000	0,013	► 627-2RSL	627-RSL
	22	7	3,45	1,37	0,057	70 000	36 000	0,013	► 627-ZZ	627-Z
8	16	4	0,819	0,3	0,012	90 000	56 000	0,003	618/8	–
	16	5	1,33	0,57	0,024	–	26 000	0,0036	► 628/8-2RS1	–
	16	5	1,33	0,57	0,024	90 000	45 000	0,0036	► 628/8-ZZ	–
	16	6	1,33	0,57	0,024	90 000	45 000	0,0043	638/8-ZZ	–
	19	6	1,46	0,465	0,02	–	24 000	0,0071	619/8-2RS1	–
	19	6	1,46	0,465	0,02	85 000	43 000	0,0071	619/8-ZZ	–
	19	6	1,46	0,465	0,02	85 000	53 000	0,0071	619/8	–
	19	6	2,34	0,95	0,04	85 000	43 000	0,0072	607/8-ZZ	607/8-Z
	22	7	3,45	1,37	0,057	75 000	48 000	0,012	► 608	–
	22	7	3,45	1,37	0,057	–	22 000	0,012	► 608-2RSH	► 608-RSH
	22	7	3,45	1,37	0,057	75 000	38 000	0,012	► 608-2RSL	608-RSL
	22	7	3,45	1,37	0,057	75 000	38 000	0,013	► 608-ZZ	608-Z
	22	11	3,45	1,37	0,057	–	22 000	0,016	► 630/8-2RS1	–
	24	8	3,9	1,66	0,071	63 000	40 000	0,018	628	–
	24	8	3,9	1,66	0,071	–	19 000	0,017	628-2RS1	628-RS1
	24	8	3,9	1,66	0,071	63 000	32 000	0,017	628-2RZ	628-RZ
	24	8	3,9	1,66	0,071	63 000	32 000	0,018	► 628-ZZ	628-Z
	28	9	1,33	0,57	0,024	60 000	30 000	0,03	638-2RZ	638-RZ
9	17	4	0,871	0,34	0,014	85 000	53 000	0,0034	618/9	–
	17	5	1,43	0,64	0,027	–	24 000	0,0043	628/9-2RS1	–
	17	5	1,43	0,64	0,027	85 000	43 000	0,0043	628/9-ZZ	628/9-Z
	20	6	2,34	0,98	0,043	80 000	40 000	0,0076	619/9-ZZ	–
	20	6	2,34	0,98	0,043	80 000	50 000	0,0076	619/9	–
	24	7	3,9	1,66	0,071	70 000	43 000	0,014	► 609	–

ANEXO B

Propiedades de los aceros por Shigley 8va edición (2008)

1020 | APÉNDICE A Tablas útiles

Tabla A-20

Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD) [Las resistencias listadas son valores ASTM mínimos estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm ($\frac{3}{4}$ a $1\frac{1}{4}$ pulg). Estas resistencias resultan adecuadas para usarse con el factor de diseño definido en la sección 1-10, a condición que los materiales se ajusten a los requisitos ASTM A6 o A568 o que se requieran en las especificaciones de compra. Recuerde que un sistema de numeración no es una especificación] Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

ANEXO C

Cotización de los materiales para la fabricación del sistema peletizador propuesto.

[expondo](#) / [Material agrícola y ganadero](#) / [Matrices para peletizadoras](#)



En oferta

Artículo: EX10280143 | Modelo: WIE-PMA-14

Matriz para la peletizadora WIE-PM-1000 (10280041) - Ø 8 mm

☆☆☆☆☆

[Sin valoraciones](#)

Escribe la primera valoración sobre este producto

199,00 €

~~219,00 €~~

[Precio mínimo garantizado](#)

IVA incluido en el precio

PayPal

Paga en 3 plazos de 66,33€, sin intereses. 0% TAE. [Más información](#)

¡Listo para enviar!

Plazo de entrega aprox. 3-6 días laborables

- 1 +

Existencias limitadas

Disponible en: <https://www.expondo.es/>

[expondo](#) / [Material agrícola y ganadero](#) / [Matrices para peletizadoras](#)



En oferta

Artículo: EX10280157 | Modelo: WIE-PMA-33

Rodillo para peletizadora WIE-PM-2500 - 78 x 195 mm

☆☆☆☆☆

(1) valoración

109,00 €

~~149,00 €~~

[Precio mínimo garantizado](#)

IVA incluido en el precio

PayPal

Paga en 3 plazos de 36,33€, sin intereses. 0% TAE. [Más información](#)

¡Listo para enviar!

Plazo de entrega aprox. 3-6 días laborables

- 1 +

Disponible en: <https://www.expondo.es/>

Caño Estructural Rectangular de 40 X 20 X 2,00 mm barra de 6 mt de largo Hierro 40x20

Inicio - CAÑO ESTRUCTURAL Rectangular de 40 X 20



20% OFF

~~\$39.300,00~~
\$31.500,00

24 cuotas de \$4.654,39

VER MEDIOS DE PAGO

1

AGREGAR AL CARRITO

COMPARTIR

f X p

DESCRIPCIÓN

CAÑO ESTRUCTURAL RECTANGULAR CONFORMADO DE CHAPA SAE 1020

MEDIDA: 40 X 20 MM.

ESPESOR: 2.00 MM

LARGO: 6000 MM

Disponible en: <https://www.gramabi.com.ar/>

Todas las cotizaciones de materiales a continuación, se encuentran disponibles en <https://tectul.com/es>, empresa de colombiana dedicada a la venta de materiales ingenieriles. Además para la realización del presupuesto presentado en la sección 4.5.1 Viabilidad Económica, estos costos han sido convertidos a dólares americanos, con el fin de mantener todos los precios reflejados en una sola moneda.



Barra De Acero 1020

Acero. Acero 1020. AISI 1020. Acero 1020

Precio

\$926.900

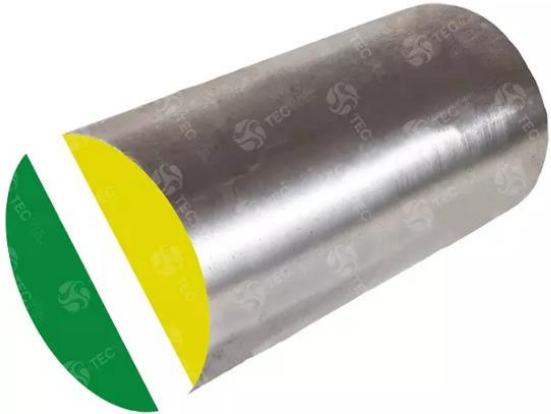
Opciones

Diámetro: 3-1/2" - Longitud: 6 M

Longitud

10 Cm.

100 Cm.



Barra De Acero 1045

Acero 1045, SAE 1045, Acero SAE 1045, propiedades, acero al carbono 1045.

Precio
\$243.300

Opciones

Diámetro: 2" - Longitud: 6 Metros

Longitud

10 Cm. 100 Cm.



Barra De Acero 1020

Acero. Acero 1020. AISI 1020. Acero 1020.

Precio
\$60.200

Opciones

Diámetro: 1" - Longitud: 6 Metros

Longitud

10 Cm. 100 Cm.



Barra Acero Inoxidable 316

Acero inoxidable 316, acero 316, acero inoxidable 316, acero inoxidable aisi 316, inox 316.

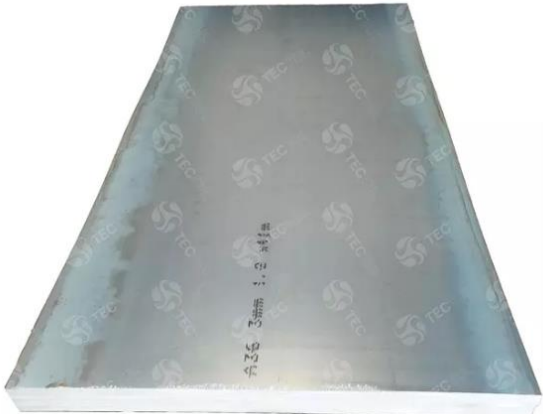
Precio
\$1.436.600

Opciones

Diámetro: 2-1/4" - Longitud: 6 Metros

Longitud

1 Cm. 100 Cm.



Lamina A36 (Hot Rolled)

Lamina HR A36. Lamina ASTM A36. Lamina HR A36 ficha técnica A36. Lamina A36 negro A36.

Precio

\$372.713

Opciones

Calibre : 03.00 mm - Dim: 120x240 mm

Cantidad

—

1

+



Barra Teflón Puro (Ptfe)

barra de teflon, barras de teflón para tornillos, barras de teflón para tornillos, teflon precio, barra ptfe, venta de teflon en

Precio

\$1.329.791

Opciones

Diametro: 3" - Longitud: 1 Metro



Barra Nylon Negro

Barra de nylon, barras de nylon, barra de nylon, barra de nylon, barras de nylon para mecanizar, nylon

Precio

\$272.226

Opciones

Diametro: 2-1/4" - Longitud: 1 Metro

INICIO PRODUCTOS TUTORIALES SUCURSALES EMPRESAS NOSOTROS

Inicio > Tornillo Hexagonal CL 10.9 - M8-1.25 x 30



TORNILLO HEXAGONAL CL 10.9 - M8-1.25 X 30
SKU TMD8X30
\$ 2.47
IVA Incluido

Cantidad:

✓ RECOGIDA DISPONIBLE EN **ALMACEN**
Normalmente está listo en 2 horas
[Consultar disponibilidad en otras tiendas](#)

Ficha técnica
Métodos de pago
Solicitar cotización

TORNILLO HEXAGONAL METRICO CL 10.9

Disponible en: <https://www.torec.mx/>

Las siguientes cotizaciones fueron realizadas en la plataforma de Mercado Libre, Venezuela. La cual se usó para contactar con diferentes casas de venta y fabricación de materiales ingenieriles varios. Por ello, se encuentran disponibles en: <https://mercadolibre.com/>

←

Nuevo | +100 vendidos 4.8 ★★★★★ (28)

Barras Y Laminas Nylon, Acetal, Ultraleno, Baquelita, Teflon



Tu pregunta

Buen dia, quisiera cotizar en Nailon una pieza de 10 cm largo y 5cm (2 pulg) en diametro y tambien una pieza de teflon de 10 cm largo y 7 cm diametro o (2 3/4 Pulg)

Buen día gusto en atenderle, Barra de Nylon de 2" x 10cm en 12\$, de 2" x 5cm 8\$. Barra de Teflón PTFE Virgen de 2 3/4" x 7cm en 17\$, Barra de Teflón PTFE Virgen de 2 3/4" x 10cm en 25\$. Si gusta puede darle opción comprar y coordinamos saludos estamos para servirle. 04/03/2024

U\$S 20
Bs. 723⁸⁰

←

Nuevo | +5 vendidos

Motoreductor Marca Tesla Relacion 7.5 De 90° 1/2 Hp 230rpm

1 / 5



U\$S 330

←

Nuevo | +5 vendidos

Rueda Loca Movil Industrial Poliuretano De 4 PuLG Freno



U\$S 10

Cotización de Modelos Peletizadores Comerciales disponibles en el mercado nacional e internacional



expondo / Material agrícola y ganadero / Peletizadoras

En oferta

Artículo: EX10280045 | Modelo: WIE-PM-3000

Peletizadora - máx. 400 kg/h - Ø 230 mm

☆☆☆☆☆ [Sin valoraciones](#) Escribe la primera valoración sobre este producto

2399,00 € ~~2679,00 €~~ [Precio mínimo garantizado](#)

IVA incluido en el precio

 **PayPal** Paga en 3 plazos sin intereses tus compras de 30€ a 2.000€. 0% TAE. [Más información](#)

 ¡Listo para enviar! Plazo de entrega aprox. 5-8 días laborables

- 1 +

Disponible en: <https://www.expondo.es/> (España)

A continuación, estarán los modelos expuestos en el Cuadro 23. Comparacion entre Peletizadoras del Mercado, las cuales son comercializadas por la empresa Meelko, (Estados Unidos) y por lo tanto están disponibles en: <http://www.meelko.com/>,





Peletizadora 150mm 8 hp Diesel para alfalfas y pasturas 120-150kg/h - MKFD150A

\$ 2,604.00



Potencia: 8 HP DIESEL
Capacidad: 90-120 kg/h
Dimensiones: 1000*480*900 mm (0.432cbm)
Peso: 180kg
Humedad: 14% o menos





meelko



Peletizadora 230mm PTO para alfalfas y pasturas 300-400kg MKFD230P

\$ 3,853.00

meelko.com
global trade of products

Potencia: 22 Hp PTO
Capacidad: 300-400 kg/h
Dimensiones: 1200*560*1070 mm (0.719cbm)
Peso: 150kg
Humedad: 14% o menos

[f](#) [t](#)



meelko



Peletizadora 200mm PTO para alfalfas y pasturas 150-250kg/h MKFD200P

\$ 3,042.00

meelko.com
global trade of products

Potencia: 15hp PTO
Capacidad: 150-250 kg/h
Dimensiones: 750*320*740 mm (0.1776cbm)
Peso: 115kg
Humedad: 14% o menos

[f](#) [t](#) [g](#)

La siguiente cotización fue realizada en la plataforma de Mercado Libre, Venezuela. A la empresa Induminca. Por ello, se encuentra disponibles en: <https://mercadolibre.com/>

Buscar en Mercado Libre

Nuevo | +50 vendidos 5.0 ★★★★★ (2)

Peletizadora De Alimentos

5 / 7



Precio d ela PL300

7.800 Dólares solo la máquina 15.100 Dólares todo los accesorios (Alimentador, trineo, caja de control)

[Reportar](#)