

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	<small>Documento</small>	<small>Código</small>	<small>Fecha</small>	<small>Revisión</small>
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
	<small>Dependencia</small>	<small>Aprobado</small>	<small>Pág.</small>	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO	1(1)		

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	BREINER CAMILO PEREZ LOZANO ERIKA DAYANA MEJIA VEGA		
FACULTAD	INGENIERIAS		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA MECANICA		
DIRECTOR	ALFREDO BOHORQUEZ NIÑO		
TÍTULO DE LA TESIS	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		
RESUMEN <i>(70 palabras aproximadamente)</i>			
<p>ESTE PROYECTO ESTÁ ORIENTADO AL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA, LA CUAL SE ESTA DANDO SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA DE COMO POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD LLEGAR A PRODUCIR SU PROPIO ALIMENTO PELETIZADO, LA MAQUINA SE ENCARGA DE TRANSFORMA LA MATERIA PRIMA EN ESTE CASO HARINAS EN PELLETS MEDIANTE UN PROCESO MECÁNICO DONDE INTERVIENEN VARIOS FACTORES COMO LO ES LA TEMPERATURA, LA PRESIÓN DE COMPACTACIÓN Y LA HUMEDAD DE LA MEZCLA.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PAGINAS: 174	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM: 1



Vía Acolsure, Sede el Algodobnal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
 info@ufpsa.edu.co - www.ufpsa.edu.co

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE
ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD
FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

**AUTORES:
Erika Dayana Mejía Vega
Breiner Camilo Pérez Lozano**

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico

**Director
Alfredo Bohórquez Niño
Diseñador Industrial.**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Ocaña, Colombia

febrero de 2018

DEDICATORIA

Al culminar esta etapa que me trace hace algunos años, agradezco primero que todo a mi amiga y consejera que es mi madre Liliana Vega García, a ella le debo el poder graduarme como Ingeniera Mecánica, ya que ha sido quien me ha tomado de la mano para caminar juntas este camino.

También les agradezco a mi padre Libardo Mejía Ramírez, mi hermana Lorena García Álvarez, mi cuñado Yan Carlo Angarita, mis tíos Mireya Quintero Ojeda (Quien es como mi segunda madre) y Jhon William Vega, a mi abuelita Noralba García Álvarez, y hermano Jhon Libardo Mejía Vega. Por creer, apoyarme y siempre estar a mi lado en las metas que me he propuesto.

A mi amigo y colega Breiner Camilo Pérez Lozano, por estar siempre a mi lado, sin el este logro no hubiera sido lo mismo.

Erika Dayana Mejía Vega

DEDICATORIA

Este objetivo que me trace hace algunos años y que hoy he logrado quiero dedicárselo a mi madre Yolanda Lozano Duarte, quien siempre me ha apoyado en todas mis metas, me ha formado como persona y a quien le debo mi título como ingeniero mecánico.

A mi padre Misael Pérez Yaruro por creer en mí, por su apoyo y porque siempre me ha guiado por el camino del bien.

A mis hermanas Samerly Pérez Lozano y Karina Alejandra Pérez Pallares por acompañarme en cada paso, por brindarme su apoyo, Y consejo.

A mi tía Laudit Lozano, mi abuela María Olga, y mi abuela María Ramona que ya no está con nosotros, quiero también dedicarles este bonito momento en mi vida por colocar un granito de arena en este proceso y por nunca dejarme solo.

Y muy especialmente a mi amiga, mi compañera de mil batallas, por cada uno de los momentos compartidos, por brindarme su bonita amistad, por corregir mis errores, por estar siempre allí a cada instante Erika Dayana Mejia Vega.

Breiner Camilo Pérez Lozano

AGRADECIMIENTOS

A Dios.

Por sus bendiciones, por permitirnos lograr este objetivo en nuestras vidas, por la fortaleza y sabiduría brindada en cada momento de nuestra carrera universitaria.

A nuestro director de tesis.

Alfredo Bohórquez niño, por su excelente calidad humana, por su apoyo incondicional a cada momento, por sus consejos, su colaboración al 100% por estar allí presente en los momentos de dificultad y desespero, por darnos la mano y ayudarnos a subir cada escalón en esta fase de nuestra vidas a el muchas pero muchas gracias.

A nuestros colaboradores.

A nuestros jurado los ingenieros Jaider Vergel Pabón y Eder Flórez Solano por brindarnos su conocimiento colaboración al asesorarnos durante la realización de los cálculos de nuestro proyecto.

Al señor Jaime por su valiosa colaboración, consejo y apoyo en la construcción de la máquina, muy agradecidos.

Al profesor Cesar Uron, por su colaboración en la gestión de los recursos y su conocimiento teórico en la parte de procesamiento de alimentos balanceados.

A nuestros compañeros.

Por compartir durante este tiempo con nosotros, y por su valiosa amistad.

Índice

Capítulo 1. Diseño y construcción de una maquina peletizadora de alimentos	
balanceados para la granja de la universidad francisco de paula santander ocaña.....	17
1.1 Planteamiento del Problema.....	17
1.2 Formulación del Problema.	17
1.3 Descripción del Problema.	18
1.4 Objetivos.	18
1.4.2 Específicos.....	18
1.5 Justificación.....	19
1.6 Limitaciones.....	20
1.7 Delimitaciones.....	20
Capítulo 2. Marco Referencial	22
2.1 Marco Histórico.....	22
2.2 Marco Conceptual.	23
2.3 Marco Teorico.	26
2.4 Marco Legal.....	38
2.4.1 A Nivel Local	38
2.4.2 A nivel nacional.....	39
2.4.3 A nivel mundial.	40
Capítulo 3. Diseño Metodológico.....	44

3.1 Tipo De Investigación.	44
3.2 Etapas del proyecto.....	44
3.2.1 FASE I. Analizar las diferentes máquinas peletizadora existentes para seleccionar un modelo idóneo.....	44
3.2.2 FASE II. Calcular los elementos que conformarán la maquina peletizadora.	45
3.2.3 FASE III. Ensamblar los componentes de la máquina para obtener el prototipo, y su puesta en marcha.	45
Capítulo 4. Desarrollo del proyecto por medio de las actividades propuestas.	46
4.1 Recopilar información acerca de los elementos que conforman la maquina peletizadora.	46
4.2 Identificar las variables que intervienen en el proceso de peletizado.	54
4.3 Clasificar la información obtenida.	59
4.4 Seleccionar los elementos adecuados para la conformación de la maquina peletizadora.	65
4.5 Buscar las ecuaciones que rigen los diseños de máquinas y componentes.	70
4.5.1 tolva	70
4.5.2 cálculo de la presión en los rodillos	72
4.5.3 perímetro de desplazamiento.....	73
4.5.4 Velocidad de giro de rodillos	74
4.5.5 análisis de carga en los rodillos	74

4.5.6 calor generado	76
4.5.7 análisis de rodamientos de rodillos.....	76
4.5.8 Análisis de árbol de sujeción de rodillos	78
4.5.9 Análisis del máximo esfuerzo cortante al que está sometido el árbol.....	81
Esfuerzo de flexión.....	81
4.5.10 Análisis del eje de transmisión de potencia.....	84
4.5.11 Análisis de rodamientos de eje de transmisión de potencia	86
4.5.12 Potencia del sistema	88
4.5.13 Selección de la cadena.....	92
4.5.14 Estructura.....	94
4.5.15 Cálculo de soldaduras estructura principal.....	106
4.6 Aplicación de la simulación de elementos finitos a los componentes de la peletizadora por medio del software Solidworks.....	109
4.6.1 análisis estático de la estructura.	109
4.6.2 Análisis térmico del disco	114
4.6.3 análisis térmico del rodillo	118
4.7 Evaluación de la factibilidad económica para la construcción del prototipo, con la finalidad de obtener recursos institucionales.	122
4.8 Ensamblaje de los distintos subsistemas, definición de sus posiciones relativas, modos de fijación.....	127

4.9 Elaboración de manuales	147
4.9.1 manual de instalación.	147
4.9.2 Manual operación	153
4.9.3 Manual de mantenimiento	154
4.9.4 Manual Seguridad Ocupacional	158
Conclusiones.....	160
Recomendaciones.....	161
Anexos.....	162
Bibliografía.....	170

Tabla de figuras

Figura 1. Ilustración de piñón con cadena de rodillos.....	33
Figura 2. Factores de corrección de dientes, K1	34
Figura 3. Factores de torones múltiples, K2.....	34
Figura 4. Dimensiones de cadenas estándares de rodillos americanas: torón sencillo.....	35
Figura 5. Capacidad nominal de potencia de cadenas de paso único en torón sencillo de una Catarina de 17 dientes	36
Figura 6. Capacidad nominal de potencia de cadenas de paso único en torón sencillo de una catarina de 17 dientes (continuación)	36
Figura 7. Números de dientes de Catarina de un solo torón disponibles de un proveedor .	37
Figura 8. Peletizadora de hilos	47
Figura 9. Peletizadora de matriz anular.....	48
Figura 10. Piezas del rodillo.....	49
Figura 11. Sistema de extrusión	50
Figura 12. Cámara de aglutinado.....	51
Figura 13. Matriz de pelletizacion.....	52
Figura 14. Rodillos	53
Figura 15. Benchmarking	62
Figura 16. Pelletizadora y granuladora de pellets para madera.....	63
Figura 17. Pelletizadora PP600W.....	64

Figura 18. Tolva de alimentación	71
Figura 19. Cotas de la tolva.....	72
Figura 20. Carga de los rodillos	74
Figura 21. Árbol de sujeción de los rodillos.....	75
Figura 22. Dimensiones de los rodillos	75
Figura 23. Análisis de rodamientos en los rodillos	77
Figura 24. Catálogo de rodamientos NTN	78
Figura 25. Resistencias mínimas a la tensión y a la fluencia	79
Figura 26. Diagrama circulo de mohr.....	83
Figura 27. Fuerzas en el eje principal.....	86
Figura 28. Selección de rodamientos.....	87
Figura 29. Inercias de varias etapas.....	89
Figura 30. Vista superior estructura	95
Figura 31. Criterios de selección del factor de seguridad	96
Figura 32. Propiedades de ASTM A36	97
Figura 33. Empotramiento de vigas.....	98
Figura 34. Diagrama de cortante y momento flector.....	100
Figura 35. Perfiles estructurales	101
Figura 36. Coeficientes de K.....	104

Figura 37. Perfil en L.....	106
Figura 38. Soldadura	107
Figura 39. Elementos de protección personal.....	158

Lista de Tablas.

Tabla 1. Encuesta al cliente	60
Tabla 2. Especificaciones técnicas Benchmarking.....	61
Tabla 3. Especificaciones técnicas pelletizadora procesadora de alimento para animal.....	63
Tabla 4. Lista de especificaciones	64
Tabla 5. Horas de servicio	86
Tabla 6. Tiempo de arranque motores eléctricos.....	88
Tabla 7. Interpolación de potencias para cadenas de rodillos	92
Tabla 8. Potencia preextremo	93
Tabla 9. Descripción de los pesos de la maquina.....	98
Tabla 10. Descripción de las fuerzas aplicadas	98
Tabla 11. Selección de perfilaría	103
Tabla 12. Pesos soportados por las columnas	105
Tabla 13. Selección de electrodo.....	109
Tabla 14. Presupuesto del proyecto por parte de la universidad	123
Tabla 15. Aporte económico autores del proyecto	124
Tabla 16. Estimación de producción	126
Tabla 17. Flujo de caja total del proyecto.	127
Tabla 18. Rutina diaria de inspección visual.....	155

Tabla 19. Rutina diaria de inspección	156
Tabla 20. Mantenimiento programado	157
Tabla 21. Formato hoja de vida.....	157
Tabla 22. Señalización.....	159

Capítulo 1. Diseño y construcción de una maquina peletizadora de alimentos balanceados para la granja de la universidad francisco de paula santander ocaña.

1.1 Planteamiento del Problema.

Actualmente, el proceso de peletizado consiste en transformar o convertir la materia prima mediante la aglomeración de pequeñas partículas de una mezcla de harinas para el procesamiento de pellets, que son piezas pequeñas más o menos esféricas.

Este proceso mecánico esta combinado con la humedad, el calor y la presión, todo ello determina una mejora de las características de los alimentos balanceados, cuyo propósito es incrementar la calidad nutricional.

La granja de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, no cuenta con una maquina peletizadora que les ayude a producir su propio concentrado, este es obtenido por diversas empresas dedicadas a la producción de alimentos balanceados para estos.

1.2 Formulación del Problema.

¿Por medio de la construcción de una maquina peletizadora se podrá suplir las falencias que tiene la granja de la Universidad Francisco de Paula Santander, sede Ocaña para poder procesar su propio concentrado?

1.3 Descripción del Problema.

En la granja de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, para suplir la demanda alimenticia y balanceada de los bovinos emplea diferentes alternativas como lo es el suministro de bloques nutricionales, el ensilaje y el henolaje. Por otra parte la adquisición de alimento balanceado para bovinos se realizada mediante la compra a diversas entidades dedicada a la venta de concentrado para estos.

Uno de los principales inconvenientes que se presentan en la granja de la universidad es la forma de almacenaje de los bloques nutricionales, el ensilaje y el henolaje, en épocas climáticas donde es muy difícil controlar factores de conservación, densidad y calidad nutricional, ya que estos no son factibles a durar mucho tiempo por sus características.

Por esta razón es la necesidad de generar una solución. En nuestro caso la construcción de una maquina peletizadora de alimento balanceado, trayendo múltiples beneficios a la explotación pecuaria, produciendo pellets de alta calidad nutricional, permitiendo el estudio de cada uno de sus componentes y obteniendo así un excelente control en la dosificación y almacenaje de estos nutrientes.

1.4 Objetivos.

1.4.1 General. Construir una maquina peletizadora de alimentos balanceados para la granja de la universidad francisco de paula Santander Ocaña.

1.4.2 Específicos.

- Estudiar los mecanismos actuales en cuanto a maquinas peletizadoras, con el fin de conocer los parámetros iniciales del sistema.

- Calcular cada una de las variables que intervienen en la construcción de una maquina peletizadora, junto con una respectiva simulación de sus componentes.
- Ensamblar los componentes de la máquina para obtener el prototipo, y su puesta en marcha

1.5 Justificación.

Debido a la alta calidad y competitividad existente en los mercados actuales, cada vez se hace más necesario optimizar el tiempo de proceso, reducir los costos de producción y disminuir la mano de obra, por este motivo es necesario tecnificar los métodos de producción.

En la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña se cuenta con una gran explotación pecuaria, donde se requiere implementar una maquina peletizadora con el objetivo de producir alimento nutricional para bovinos, logrando así con este proyecto satisfacer la problemática emergente en cuanto a la dosificación y almacenaje de los nutrientes a través del tiempo, sin que se pierdan sus propiedades energéticas y consistencia.

A su vez con el diseño de dicho prototipo funcional se dará la oportunidad de realizar diversas pruebas, con diferente materias primas que aportan una alta concentración nutricional en forma de pellets, verificando su resistencia, durabilidad, y estableciendo un adecuado balance entre la cantidad de nutrientes, dando como resultado niveles altos de producción.

Satisfacer las necesidades de la producción agrícola de nuestra universidad, es una de las grandes motivaciones, de la mano de desarrollos mecánicos y tecnológicos que faciliten la fácil operación y mantenimiento. Buscando la máxima optimización de la materia prima en elemento nutricional, a nivel de competir con las diferentes marcas posicionadas a nivel nacional y a su vez reduciendo costos en la actual adquisición de dichos nutrientes.

1.6 Limitaciones.

Las condiciones de trabajo para dicho prototipo son de vital importancia, debido a que en el proceso de peletizado intervienen variables que pueden afectar el producto, dichas variables como la presión de compactación y la temperatura de operación deben ser controladas en ciertos rangos de diseño para así lograr obtener un pellets con las características nutricionales necesarias para la alimentación de los bovinos.

1.7 Delimitaciones.

1.7.1 Geográfica. El desarrollo se materializara en la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña.

1.7.2 Conceptual. La temática del proyecto se enmarcará en los siguientes conceptos: sistema de transmisión de potencia, Sistema corte, Sistema de extrusión, Sistema de alimentación, Estructura, Ecuación del sistema de alimentación, Velocidad de giro de rodillos, Análisis de carga en los rodillos, Calor generado, Análisis del máximo esfuerzo cortante al que está sometido el árbol, Análisis de potencia calculada, Análisis de par torsor, Resistencia de material, Rodamientos.

1.7.3 Operativa. El proyecto se desarrollará con base en los parámetros del presente documento y con la asesoría del director del mismo y las personas que se necesiten como asesores en el transcurso de la investigación para poder realizar los objetivos del proyecto.

1.7.4 Temporal. El presente proyecto tendrá una duración aproximada de 12 a 15 semanas a partir de la fecha de aprobación del anteproyecto.

Capítulo 2. Marco Referencial

2.1 Marco Histórico.

Las compañías que fabrican alimentos para animales tuvieron sus inicios hace más de 100 años incluyendo a Critic Mills Company, Cooper Company, Moorman Manufacturing Company, ubicadas en Estados Unidos e Inglaterra. A finales de la década de los 50 y principios de los 60 hubo una tendencia a la construcción de plantas sumamente grandes y las plantas completamente computarizadas se hicieron realidad en 1975.

En marzo de 1953 un grupo de personas vinculadas a diferentes esferas de la economía nacional, fundaron una sociedad anónima bajo la razón social de FALCON S.A. (Fábrica de Alimentos Concentrados S.A.), cuyo principal objetivo era aprovechar los subproductos del proceso de elaboración de cerveza, específicamente el afrecho, capa de cebada que posee un alto valor nutritivo y vitamínico. En octubre de este mismo año FALCON S.A. cambia su razón social por FINCA S.A. con el fin de responder a la necesidad de aplicar el objeto social a la compañía. Este proyecto industrial de fabricación de alimentos concentrados para animales, hizo posible suplir los requerimientos nutricionales de un gran sector pecuario del país. Su primera planta de producción se establece inicialmente en Bogotá, con la idea de producir alimento para la ganadería. En 1956 se pone en funcionamiento en la ciudad de Buga (Valle), una nueva fábrica para abastecer la región sur occidental del país.

En 1981 se adquiere una nueva planta en el municipio de Mosquera (Cundinamarca). A finales de 1987 la Empresa adquiere otra fábrica en el municipio de Bello (Antioquia) incorporándose en forma directa al desarrollo de una de las zonas más pujantes del país. En 1992

la planta de Bogotá se fusiona con la de Mosquera, y en 1995 se construye una nueva fábrica en el municipio de Itagüí. (ARBELAEZ, 2011)

2.2 Marco Conceptual.

Peletizadora: Una peletizadora es una máquina que tiene como trabajo o actividad trasforma y/o convertir la materia prima en pellet, que son piezas más pequeñas más o menos esféricas de material aunque no es necesario esto es básicamente de lo que se encarga una peletizadora, los tipo de ella son variados por ejemplo peletizadora de hilo, peletizadora de disco, peletizadora de contra flujo. (Mendoza, 2016)

Significa entonces que la peletización, es el proceso que nos permite moldear la mezcla de los ingredientes, los cuales son compactados a través de orificios de dados para convertirla en cilindros o esferas. O también son alimentos aglomerados. Se logra mediante un proceso mecánico con humedad, presión y temperatura. (Mendoza, 2016)

Proceso de peletizado: El proceso de peletización se puede esbozar, que una vez que el alimento es fabricado en harina, se lleva al proceso de peletización en donde se agrega vapor de agua, para lograr una hidratación a temperaturas que oscilan entre los 60 y los 75 grados. Con lo anterior se logra una masa caliente, a partir de la cual se forman pequeñas estructuras cilíndricas, que según sea el tipo de alimento que se esté fabricando, tendrán diferente diámetro y longitud. Terminado el proceso de peletización, el producto final se enfría y se pasa por una zaranda para luego ser ensacado. Un buen proceso de peletizado, ensacado y almacenamiento, nos asegurará un vencimiento en el alimento más prolongado, de por lo menos dos meses. (Mendoza, 2016)

Ecuaciones de cinemática: “También llamada mecánica clásica, es cuando se considera el movimiento en una dimensión, esto es: el movimiento de un objeto a lo largo de una línea recta”.

(jr)

Rodamientos: Se utiliza para resolver problemas en los cuales dos elementos de máquina se acoplan entre sí y de esta manera evitar la fricción, absorbiendo las cargas radiales, axiales o mixtas que se generan en una flecha o eje.

Torsión: Se le llama torsión cuando se encuentran girando barras o cilindros circulares y sobre ellos actúan fuerzas que provocan el movimiento.

Resistencia de material: “Es una propiedad interna de un material o de un elemento mecánico, por la selección de un material particular, un proceso o ambos.” (Budynas & Keith Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 2008, pág. 30).

Esfuerzo cortante: “Se presenta el estado de esfuerzo en un punto descrito mediante tres superficies mutuamente perpendiculares. Puede mostrarse, a través de la transformación de coordenadas, que esto es suficiente para determinar el estado de esfuerzo sobre cualquier superficie que interseca al punto.” (Budynas & Keith Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 2008, pág. 76).

Cadenas de rodillos: “Las características básicas de las transmisiones de cadenas incluyen una relación constante puesto que no se involucran al deslizamiento ni el arrastre, vida larga y capacidad de impulsar varios ejes a partir de una sola fuente de potencia”. (Budynas & Keith Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 2008, pág. 876).

Criterios de selección de motores eléctricos: El motor eléctrico es una máquina que transforma energía eléctrica recibida de la red en energía mecánica rotacional en el eje. De esta forma se puede accionar cualquier tipo de carga mecánica, siempre y cuando tengamos disponibilidad de una red eléctrica. También dentro del universo del motor eléctrico, el motor de inducción es el más común y prácticamente todas las aplicaciones industriales pueden realizarse con este motor, generalmente el tipo Jaula de Ardilla, o con rotor en cortocircuito. Es tan generalizado su uso, que pasamos por alto muchos aspectos en el momento de la selección y aplicación del mismo. En las siguientes líneas se darán algunas indicaciones importantes que ayudarán a hacer estas labores más técnicas y más eficientes desde el punto de vista de operación de una industria. (WEG, 2010)

Gestión inicial: Siempre que se tiene la necesidad de adquirir un motor, hay que hacer antes los siguientes cuestionamientos.

¿Qué tipo de normas debe cumplir el motor?

¿Es una instalación nueva o existente (lugar de instalación)?

¿Cuáles son las condiciones de la red eléctrica?

¿Cuál es la carga que el motor va a accionar?

¿Cuáles son las condiciones medioambientales?

¿Cómo va a ser hecho el arranque del motor?

¿Cuáles son las características de potencia y velocidad requeridas del motor? (WEG, 2010)

Las normas: Existen dos normas bajo las cuales se fabrican los motores.

IEC Comisión Electrotécnica Internacional que es acogida por la gran mayoría de países y especialmente los europeos.

NEMA Asociación Nacional de Fabricantes de Equipos Eléctricos. Es una norma nacional de Estados Unidos, pero es común en muchos países.

Hay varias diferencias en la construcción dependiendo de la norma, pero lo más significativo es que mientras que las dimensiones según IEC son en milímetros, según NEMA son en pulgadas. Por esta razón, la intercambiabilidad no es inmediata. (WEG, 2010)

2.3 Marco Teorico.

El flujo másico.

Es la masa de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo. (Mott, 2006)

Flujo másico = m

Volumen de la tolva

Es el volumen de un tronco de pirámide, cuyas bases son paralelas y tienen superficies A y a, y cuya altura es h, es igual a la altura del tronco por la media del área de sus bases.

$$v_t = \frac{1}{3} \pi \times h (R^2 + r^2 + R \times r)$$

Presión de los rodillos.

Es una magnitud física que mide la proyección de la fuerza sobre el área de un cilindro o la unidad de superficie. (Maya, 2015)

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

$$f = m \times g \quad \therefore g = (\text{gravedad})$$

$$A_c = \pi \times r_i^2 \quad \therefore r_i = \text{radio interno de la carcaza}$$

Perímetro de desplazamiento.

Es la rapidez con que se mueve un punto a lo largo de una trayectoria circular. Lo que va hacer igual a la velocidad angular por el radio de giro. (Maya, 2015)

$$v_{rd} = w \times r_d$$

$$\therefore v_{rd} = \text{velocidad lineal de los rodillo}$$

$$r_d = \text{radio del disco}$$

Perímetro de desplazamiento.

$$P_0 = 2\pi \times r_d$$

Velocidad de giro de los rodillos.

$$P_r = 2\pi \times r_r$$

$$\therefore r_r = \text{radio de los rodillos}$$

Relación de perímetros.

$$R_p = \frac{P_0}{P_r}$$

Velocidad de giro de los rodillos.

$$n_r = R_p \times rpm$$

Velocidad angular de los rodillos

$$\omega_r = \frac{2\pi}{6} \times n_r$$

Velocidad lineal de los rodillos

$$v_{rr} = \omega_r \times r_r$$

Análisis de carga en los rodillos.

La Fuerza de fricción estática (f) entre superficies paralelas en contacto actúa en la dirección que opone la iniciación de un movimiento relativo entre las superficies. La magnitud tiene diferentes valores,

$$F_r = f \times F_b$$

$$\therefore F_r = \text{fuerza de fricción}$$

$$f = \text{coeficiente de fricción}$$

$$F_b = \text{carga por alimento}$$

$$F_b = \sigma_s \times A_c$$

$$A_c = t_m \times L_r$$

$$\therefore \sigma_s = \text{esfuerzo del maíz}$$

$$A_c = \text{area de contacto}$$

$$L_r = \text{longitud de los rodillos}$$

$$t_m = \text{ancho promedio grano de maíz}$$

Calor generado.

$$H_g = \frac{P_c \times A_c \times f \times v_{nc}}{778}$$

$$\therefore P_c = \text{presión de contacto}$$

Velocidad periférica

$$v_{nc} = v_r$$

Análisis de rodamientos de rodillos.

En este análisis se determina las características y dimensiones de los rodamientos además, la capacidad de carga dinámica y esfuerzos a los que están sometidos. (Maya, 2015)

Análisis de capacidad dinámica.

$$C = (\sqrt[3]{nr})(F_b)$$

Análisis del árbol de sujeción de rodillos.

El análisis del árbol se lo realiza teniendo en cuenta la carga de aglutinado producida por el alimento colocado, suponiendo que toda la carga estará dispuesta en el extremo y por lo cual el diseño del mismo será más seguro. (Maya, 2015)

Momento flector.

$$M_f = f_B \times L$$

Momento torsor.

$$M_t = \frac{F_R \times \Phi_R}{2}$$

Diámetro para eje de rodillos macizo.

Esfuerzo simple a flexión

$$\sigma_x = \frac{M_f \times C}{I}$$

$$\therefore c = r$$

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

Esfuerzo simple a torsión.

$$\tau_{xy} = \frac{M_t \times C}{\phi}$$

Diámetro.

$$\phi^3 = \frac{32 \sqrt{M_f^2 + M_t^2}}{\pi \times \sigma_y}$$

Análisis de máximo esfuerzo cortante al que está sometido el árbol.

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

$$\sigma_x = \frac{M_f \times C}{I}$$

$$\tau_{xy} = \frac{M_t \times C}{j}$$

Esfuerzo máximo cortante.

$$\sigma_{max} = \frac{\sigma_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2}$$

Esfuerzo mínimo.

$$\sigma_{min} = \frac{\sigma_x}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2}$$

Esfuerzo máximo.

$$T_{max} = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

Factor de seguridad.

$$n = \frac{\sigma_y}{T_{max}}$$

Análisis del eje de transmisión de potencia.

$$M = \sum M_o = 0$$

$$M_{max} = f_r(x) + f_r(x)$$

Diámetro del eje de transmisión de potencia para árbol macizo.

$$\emptyset^3 = \frac{32 \sqrt{m_f^2 + m_t^2}}{\pi \sigma_y}$$

Análisis de rodamientos de eje de transmisión de potencia.**Capacidad de carga dinámica.**

$$C = (\sqrt[3]{n})(f_B)$$

Análisis de potencia.

$$H = \frac{N_t \times n}{9,55}$$

$$H_D = f.s \times H$$

Selección de rodamientos. Para la selección de rodamientos debemos tener en cuenta el previo diámetro del eje seleccionado, para ello se requiere de catálogos en los cuales nos dan a conocer el tipo es esfuerzo que soportan y los precios que manejan. Esto se logra por medio de las siguientes formulas:

Calculo de la carga estática.

$$P_0 = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a$$

(budynas)

Dónde:

 P_0 Es la carga estática dada en KN F_r Y F_a son fuerzas axiales y radiales X_0 Y Y_0 son coeficientes que dependen del tipo de rodamiento seleccionado

$$P_0 \leq C_0 \quad S_0 = \frac{C_0}{P_0}$$

Calculo de la carga dinámica.

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

Dónde:

 X y Y son los factores de carga axial y radial. P Es la carga dinámica dada en KN**Relación carga-Vida.**

$$C_{10} = F_D \left[\frac{X_D}{X_0 + (\theta - X_0)(Ln f) R_D^{\frac{1}{B}}} \right]^{\frac{1}{a}}$$

Selección del transmisor de potencia (cadena y Catarina). Es el elemento encargado de unir la rueda delantera con el sistema de dosificación, para que estos tengan el funcionamiento ideal y la sembradora funcione correctamente.

Para seleccionar el sistema de transmisión por cadena se debe realizar un cálculo de piñones compuesto por número relativo tanto para el plato mayor como para e menor, una distancia entre centros y selección de la cadena encargada de transmitir el movimiento. (sanchez, 2016)

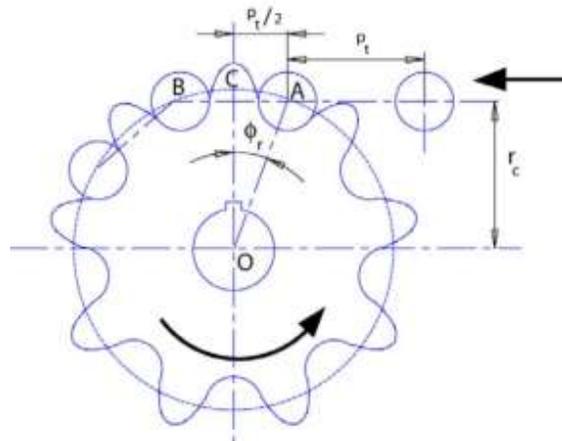


Figura 1. Ilustración de piñón con cadena de rodillos

Fuente: (sanchez, 2016)

Número de dientes en catarina impulsora	Potencia preextremo, K_1	Potencia posextremo, K_1
11	0.62	0.52
12	0.69	0.59
13	0.75	0.67
14	0.81	0.75
15	0.87	0.83
16	0.94	0.91
17	1.00	1.00
18	1.06	1.09
19	1.13	1.18
20	1.19	1.28
N	$(N_1/17)^{1.08}$	$(N_1/17)^{1.5}$

Figura 2. Factores de corrección de dientes, K_1

Fuente: (budynas)

Número de torones	K_2
1	1.0
2	1.7
3	2.5
4	3.3
5	3.9
6	4.6
8	6.0

Figura 3. Factores de torones múltiples, K_2

Fuente: (budynas)

Número de cadena ANSI	Paso, pulg (mm)	Ancho, pulg (mm)	Resistencia mínima a la tensión, lbf (N)	Peso promedio, lbf/pie (N/m)	Diámetro del rodillo, pulg (mm)	Espaciamiento de torones múltiples, pulg (mm)
25	0.250 (6.35)	0.125 (3.18)	780 (3 470)	0.09 (1.31)	0.130 (3.30)	0.252 (6.40)
35	0.375 (9.52)	0.188 (4.76)	1 760 (7 830)	0.21 (3.06)	0.200 (5.08)	0.399 (10.13)
41	0.500 (12.70)	0.25 (6.35)	1 500 (6 670)	0.25 (3.65)	0.306 (7.77)	—
40	0.500 (12.70)	0.312 (7.94)	3 130 (13 920)	0.42 (6.13)	0.312 (7.92)	0.566 (14.38)
50	0.625 (15.88)	0.375 (9.52)	4 880 (21 700)	0.69 (10.1)	0.400 (10.16)	0.713 (18.11)
60	0.750 (19.05)	0.500 (12.7)	7 030 (31 300)	1.00 (14.6)	0.469 (11.91)	0.897 (22.78)
80	1.000 (25.40)	0.625 (15.88)	12 500 (55 600)	1.71 (25.0)	0.625 (15.87)	1.153 (29.29)
100	1.250 (31.75)	0.750 (19.05)	19 500 (86 700)	2.58 (37.7)	0.750 (19.05)	1.409 (35.76)
120	1.500 (38.10)	1.000 (25.40)	28 000 (124 500)	3.87 (56.5)	0.875 (22.22)	1.789 (45.44)
140	1.750 (44.45)	1.000 (25.40)	38 000 (169 000)	4.95 (72.2)	1.000 (25.40)	1.924 (48.87)
160	2.000 (50.80)	1.250 (31.75)	50 000 (222 000)	6.61 (96.5)	1.125 (28.57)	2.305 (58.55)
180	2.250 (57.15)	1.406 (35.71)	63 000 (280 000)	9.06 (132.2)	1.406 (35.71)	2.592 (65.84)
200	2.500 (63.50)	1.500 (38.10)	78 000 (347 000)	10.96 (159.9)	1.562 (39.67)	2.817 (71.55)
240	3.00 (76.70)	1.875 (47.63)	112 000 (498 000)	16.4 (239)	1.875 (47.62)	3.458 (87.83)

Figura 4. Dimensiones de cadenas estándares de rodillos americanas: torón sencillo

Fuente: (budynas)

Longitud de cadena.

$$\frac{L}{P} = \frac{2C}{P} + \frac{N1 + N2}{2} + \frac{(N2 + N1)^2}{4 \frac{\pi^2 C}{P}}$$

(Budynas & Nisbett, Diseño En Ingeniería Mecánica De Shigley, 2011, pag.880)

Potencia nominal 1 y 2:

$$H_1 = 0.004N1^{1.08}n1^{0.9}P^{(3-0.007p)}$$

$$H_2 = \frac{1000K_r N1^{1.5} P^{0.8}}{n1^{1.5}}$$

Núm.	Números de dientes de catarina disponibles
25	8-30, 32, 34, 35, 36, 40, 42, 45, 48, 54, 60, 64, 65, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
35	4-45, 48, 52, 54, 60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
41	6-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
40	8-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
50	8-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
60	8-60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
80	8-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 78, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
100	8-60, 64, 65, 67, 68, 70, 72, 74, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
120	9-45, 46, 48, 50, 52, 54, 55, 57, 60, 64, 65, 67, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 96, 102, 112, 120
140	9-28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 42, 43, 45, 48, 54, 60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 96
160	8-30, 32-36, 38, 40, 45, 46, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 70, 72, 73, 80, 84, 96
180	13-25, 28, 35, 39, 40, 45, 54, 60
200	9-30, 32, 33, 35, 36, 39, 40, 42, 44, 45, 48, 50, 51, 54, 56, 58, 59, 60, 63, 64, 65, 68, 70, 72
240	9-30, 32, 35, 36, 40, 44, 45, 48, 52, 54, 60

Figura 7. Números de dientes de Catarina de un solo torón disponibles de un proveedor

Fuente: (budynas)

Distancia entre centros.

$$C = \frac{P}{4} \left[-A + \sqrt{A^2 - 8 \left(\frac{N2 - N1}{2\pi} \right)^2} \right]$$

La velocidad máxima (rpm).

$$n1 \leq 1000 \left[\frac{82.5}{7.95^P (1.02778)^{N1} (1.323)^{\frac{F}{1000}}} \right]^{1/(1.59 \log P + 1.873)}$$

2.4 Marco Legal.

2.4.1 A Nivel Local

2.4.1.1 Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña. Se tienen en cuenta las siguientes normativas.

Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña. Acuerdo 065 de 1996. El cual establece el estatuto estudiantil que es regente actual en la institución. (Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, 1996)

Artículo 140. El estudiante podrá optar por una de las siguientes modalidades del trabajo de grado:

a. Proyecto de Investigación

- Monografía
- Trabajo de investigación: Generación o aplicación de conocimientos
- Sistematización del conocimiento.

b. Proyecto de extensión.

- Trabajo social
- Labor de consultoría aquellos proyectos en los cuales participe la Universidad
- Pasantía
- Trabajo dirigido.

Parágrafo 1. El estudiante podrá optar como componente alterno al proyecto de grado, créditos especiales como cursos de profundización académico o exámenes preparatorios.

Parágrafo 2. Para algunos planes de estudio y de acuerdo a sus características el consejo académico podrá obviar la presentación de trabajo de grado. (Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, 1996).

Artículo 141. El proyecto de grado incluye las siguientes etapas:

- a. Presentación de anteproyecto o plan de trabajo correspondiente a la modalidad del proyecto seleccionado.
- b. Desarrollo de la investigación o ejecución física del proyecto.
- c. Sustentación de la investigación y/o verificación o aval de la realización del proyecto.

Artículo 142. Las condiciones y procedimientos para la presentación, desarrollo y evaluación de cada una de las modalidades de trabajo de grado, o sus componentes alternas, harán parte de la reglamentación específica de cada facultad, para cada plan de estudios.

Parágrafo 1. La universidad incorporara los trabajos de grado como componentes básicos de su hacer y creara bancos de proyectos en los Departamentos Académicos y en la Vicerrectoría asistente de Investigación y Extensión. (Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, 1996).

2.4.2 A nivel nacional.

2.4.2.1 norma técnica colombiana (NTC 2050), código eléctrico. Esta normativa es la concerniente a la manipulación de todos los elementos eléctricos de los sistemas, y fundamentalmente tiene los siguientes objetivos. (**ICONTEC, 2016**)

Salvaguardia. El objetivo de este código es la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad.

Provisión y suficiencia. Este código contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad. El cumplimiento de las mismas y el mantenimiento adecuado darán lugar a una instalación prácticamente libre de riesgos, pero no necesariamente eficiente, conveniente o adecuada para el buen servicio o para ampliaciones futuras en el uso de la electricidad. Nota. Dentro de los riesgos, se pueden resaltar los causados por sobrecarga en instalaciones eléctricas, debido a que no se utilizan de acuerdo con las disposiciones de este código. Esto sucede porque la instalación inicial no prevé los posibles aumentos del consumo de electricidad. Una instalación inicial adecuada y una previsión razonable de cambios en el sistema, permitirá futuros aumentos del consumo eléctrico.

Intención. Este código no tiene la intención de marcar especificaciones de diseño ni de ser un manual de instrucciones para personal no calificado. (ICONTEC, 2016)

2.4.3 A nivel mundial.

2.4.3.1 ASTM (Asociación Americana de Ensayo de Materiales) ASTM-A913.

Especificación estándar para formas de acero de baja aleación de alta resistencia de la calidad estructural, producido por el proceso de templado y auto-templado (QST), que se tendrá en cuenta en este caso para el proceso de soldadura y su alcance es: (ASTM, 2015)

Esta especificación cubre formas de acero estructural de baja aleación de alta resistencia en Grados 50 [345], 60 [415], 65 [450] y 70 [485], producidas por el proceso de templado y templado (QST). Las formas están destinadas a la construcción remachada, atornillada o soldada de puentes, edificios y otras estructuras. (ASTM, 2015)

El proceso de la QST consiste en un tratamiento térmico en línea y controles de la velocidad de enfriamiento que dan lugar a propiedades mecánicas en la condición de acabado equivalentes a las obtenidas mediante procesos de tratamiento térmico que implican un recalentamiento después de la laminación. En el Apéndice X1 se da una descripción del proceso de la TVQ.

Debido a las características inherentes del proceso de la QST, las formas no se formarán y se someterán a tratamiento térmico post soldadura a temperaturas superiores a 600 ° C [1100 ° F].

Cuando se va a soldar el acero, se presupone que se utilizará un procedimiento de soldadura adecuado para el grado de acero y el uso o servicio previsto. Véase el Apéndice X3 de la Especificación A6 / A6M para obtener información sobre la soldabilidad. (ASTM, 2015)

Los valores indicados en unidades de pulgada-libra o unidades SI deben considerarse por separado como estándar. Dentro del texto, las unidades SI se muestran entre paréntesis. Los valores indicados en cada sistema no son equivalentes exactos; Por lo tanto, cada sistema debe utilizarse independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en no conformidad con esta especificación. (ASTM, 2015)

2.4.3.2 ASTM (Asociación Americana de Ensayo de Materiales) ASTM-A500.

Especificación Normalizada para Tubos Estructurales de Acero al Carbono Conformados en Frío, Electro soldados y sin Costura, de forma Circular y no Circular. Y se tendrán en cuenta en este caso para la selección de la camisa de la extrusora, y tiene los siguientes alcances:

Esta especificación trata sobre tubos estructurales de acero al carbono conformado en frío, electro soldados y sin costura, de forma circular, cuadrada, rectangular, u otra forma especial, utilizados para construcción electro soldada, remachada o atornillada de puentes y edificaciones, y para usos generales en estructuras.

Estos tubos son producidos tanto electros soldados como sin costura, en tamaños con una periferia de 64 in. [1630 mm] o menos, y un espesor de pared especificado de 0.688 in. [18 mm] o menos. El grado D requiere tratamiento térmico. (ASTM, 2015)

NOTA 1. Los productos fabricados según esta especificación pueden no ser apropiados para aquellas aplicaciones como elementos con cargas dinámicas en estructuras electro soldadas, etc., donde puedan ser importantes las propiedades de tenacidad en las entalladuras a baja temperatura.

Los valores dados ya sea en unidades SI o en unidades pulgada-libra son considerados separadamente como los estándares. Dentro del texto, las unidades SI se muestran entre corchetes. Los valores dados en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes; por lo tanto, cada sistema debe ser usado independientemente del otro. La combinación de valores entre los dos sistemas puede resultar en la no conformidad con la norma. A menos que la designación “M” de esta especificación aparezca en la orden de compra, se deben aplicar las unidades pulgada-libra.

El texto de esta especificación contiene notas y notas al pie de página que proporcionan material explicativo. Tales notas y notas al pie de página, excluyendo aquellas en tablas y figuras, no contienen requisitos obligatorios. (ASTM, 2015)

2.4.3.3 ASTM (Asociación Americana de Ensayo de Materiales) ASTM-1248.

Especificación estándar para materiales de extrusión de plásticos de polietileno para cables y alambres. Esta se usara para identificar y determinar lo materiales termoplásticos a usa en el proceso de extrusión y su alcance es el siguiente:

Esta especificación prevé la identificación de materiales de extrusión de plásticos de polietileno para cables y alambres de tal manera que el vendedor y el comprador puedan acordar la aceptabilidad de diferentes lotes o envíos comerciales. Las pruebas involucradas en esta especificación tienen por objeto proporcionar información para identificar materiales de acuerdo con los tipos, clases, categorías y grados cubiertos. La función de esta especificación no es proporcionar datos de ingeniería específicos con fines de diseño.

Los valores indicados en unidades SI deben considerarse como el estándar. Los valores dados entre paréntesis son conversiones matemáticas a unidades de libras pulgadas que se proporcionan sólo para información y no se consideran estándar.

La siguiente advertencia de riesgos de seguridad se refiere únicamente a la sección 12 del método de prueba de esta especificación: Esta norma no pretende abordar todos los problemas de seguridad, si los hubiera, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes del uso. (ASTM, 2015)

Capítulo 3. Diseño Metodológico.

3.1 Tipo De Investigación.

Este proyecto será enfocado en una investigación proyectiva, que consiste en la elaboración de una propuesta, un plan, un programa o un modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, o de una institución o de una región geográfica, en un área particular del conocimiento. Este tipo de investigación involucra creación, diseño, elaboración de planes o de proyectos.

(<http://investigacionholistica.blogspot.com.co/2008/02/1a-investigacin-proyectiva.html>)

3.2 Etapas del proyecto.

3.2.1 FASE I. Analizar las diferentes máquinas peletizadora existentes para seleccionar un modelo idóneo.

En esta primera instancia del proyecto se cumplirá con el objetivo específico de conocer los componentes que conforman las máquinas peletizadoras, por medio de las siguientes actividades:

Actividad 1. Recopilar información acerca de los elementos que conforman la maquina peletizadora.

Actividad 2. Identificar las variables que intervienen en el proceso de peletizado.

Actividad 3. Clasificar la información obtenida.

Actividad 4. Seleccionar los elementos adecuados para la conformación de la maquina peletizadora.

3.2.2 FASE II. Calcular los elementos que conformarán la maquina peletizadora.

En esta segunda etapa se realizarán los cálculos pertinentes para el diseño de la maquina peletizadora de alimento balanceado, para realizar este objetivo se iniciará con la información obtenida en la primera fase de investigación y se llevará a cabo a través de las siguientes actividades:

Actividad 1. Buscar las ecuaciones que rigen los diseños de máquinas y componentes.

Actividad 2. Aplicar la simulación de elementos finitos a los componentes de la peletizadora por medio del software Solidworks.

Actividad 3. Evaluar la factibilidad económica para la construcción del prototipo, con la finalidad de obtener recursos institucionales.

3.2.3 FASE III. Ensamblar los componentes de la máquina para obtener el prototipo, y su puesta en marcha.

Después de haber definido el diseño óptimo para la maquina peletizadora, se realizará la construcción de la maquina peletizadora y esto se logrará por medio de las siguientes actividades:

Actividad 1. Ensamblaje de los distintos subsistemas, definición de sus posiciones relativas, modos de fijación.

Actividad 2. Instrucciones de uso.

Actividad 3. Puesta en marcha de la máquina.

Capítulo 4. Desarrollo del proyecto por medio de las actividades propuestas.

4.1 Recopilar información acerca de los elementos que conforman la maquina peletizadora.

Para desarrollar esta actividad se realizó una investigación en algunas de las bases de datos más específicas como lo son:

- Redalyc: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Impulsada por la UAEM para la difusión de la ciencia en acceso abierto. (Redalyc, 2017)
- Scielo: Es una biblioteca virtual para Latinoamérica, el Caribe, España y Portugal. Se desarrolla como una red que cuentan con sitios de operación regular en cada país e iniciativas en desarrollo. (Scielo, 2017)
- Dialnet: Sistema abierto de información de revistas publicadas en castellano, documental, suscripciones, alertas, catálogos, etc. (Dialnet, 2017)
- Scopus: Base de datos de resúmenes y citas de la literatura revisada por pares. (Scopus, 2017)
- Sciencedirect: Fuente líder en el mundo para la investigación científica, técnica y médica. Explora revistas, libros y artículos. (Sciencedirect, 2017)

Entre otras más, lo cual nos permitió explorar y recolectar información previa enfocada a la construcción de dicha maquina peletizadora para la producción de alimento balanceado para bovinos.

Algunas de las peletizadora más comunes se clasifican según el tipo de peletizado, los cuales son:

Peletizadora de hilos: La peletizadora de hilo está especialmente diseñada para procesar poliolefina con una alta tasa de flujo de fundido y viscosidad. Lleva una variedad de plásticos reciclados, como la película envasadora, mantillo y película de invernadero de plástico y fuerza a la resina por medio de una extrusora y troquel de extrusión. El fundido que viene del cabezal del troquel se convierte en hilos tipo fideo que se cortan en gránulos luego del enfriamiento y solidificación. (etw)



Figura 8. Peletizadora de hilos

Fuente: (etw)

Peletizadora de matriz anular: Las máquinas de pellets con matriz anular son otro tipo muy popular de peletizadoras. En contraste con las máquinas de pellets con matriz plana, las de matriz de anillo se utilizan a menudo para producir pellets de madera a gran escala en la industria ligera y con fines comerciales. Las peletizadoras de matriz anular no son tan comunes como las de matriz plana debido a la complejidad de las máquinas, lo que se resume en un mayor costo. Tal y como el nombre sugiere, la matriz anular tiene una forma cilíndrica de ancho y está montada verticalmente, en lugar de plana y horizontalmente como la matriz plana. Se utiliza un contenedor para alimentar a la máquina con los materiales de biomasa a través de un acondicionador de velocidad variable antes de ser distribuidos a través de la puerta de la

peletizadora. En este último paso, un tornillo sinfín es útil en el centrado de los materiales en la cámara de la máquina de peletizado. (GEMCO ENERGY)



Figura 9. Peletizadora de matriz anular

Fuente: (GEMCO ENERGY)

Peletizadora de matriz plana: las máquinas de pellets de matriz plana, constan de un par de rodillos de prensa, una matriz plana, alimentador y engranajes, equipadas con motor eléctrico o un generador diésel. Los pellets se forman a partir de materiales en polvo por una gran presión creado entre la matriz plana y los rodillos. A diferencia de la peletizadora con matriz anular, la peletizadora de matriz plana puede procesar la torta de aceite y otros materiales de biomasa mezclados a la vez. (GEMCO ENERGY)

Materias primas: Para la fabricación de pellets con matriz plana, la materia de biomasa puede ser polvo de desechos de madera, aserrín, tallos de maíz o cáscaras de cacahuete, entre otros. Los residuos de madera pueden ser de todo tipo: abeto, pino, aserrín, ramas de árboles, podas, restos de fábrica que trabajan con madera y un largo etcétera.

El producto es granulado en columnas firmes, resbaladizas y suaves al tacto. Tras ser procesado por la matriz plana, puede utilizarse para alimentar a animales tales como peces, ganado vacuno, gallinas o bien como biocombustible en estufas de leña o calderas de pellets.

Detalle de las partes de la fábrica de pellet con matriz plana.

Piezas del rodillo: Los rodillos son las partes más importantes en la máquina para fabricación de pellets. El material de las piezas de rodillos no debe variar y tiene que ser resistente. El rodillo está compuesto de una precisa aleación de metales, La prensa de rodillos más sencilla cuenta con un par de rodillos, pero las nuevas prensas de pellet de matriz plana tienen dos o tres pares de rodillos, por lo que se alcanza una mayor capacidad de producción de pellets. (GEMCO ENERGY)



Figura 10. Piezas del rodillo

Fuente: (GEMCO ENERGY)

Sistemas de funcionamiento del equipo

Se ha dividido la máquina en seis partes o sistemas de manera que sea más fácil identificar sus componentes y funciones. Estos sistemas son:

➤ Sistema de alimentación (tolva)

La tolva de alimentación es donde se coloca la mezcla de harinas. Esta se encarga de distribuir las harinas en la cámara de aglutinado, donde ocurre el sistema de extrusión del pellets.

➤ Sistema de extrusión

Básicamente, es un sistema de rodillos extrusores. Una vez que las harinas son introducidas, estas son comprimidas por un rodillo dentro de un cubo (cámara aglutinadora), hasta llegar a una matriz de orificios por donde salen las harinas transformadas en fideos. (Maya, 2015)

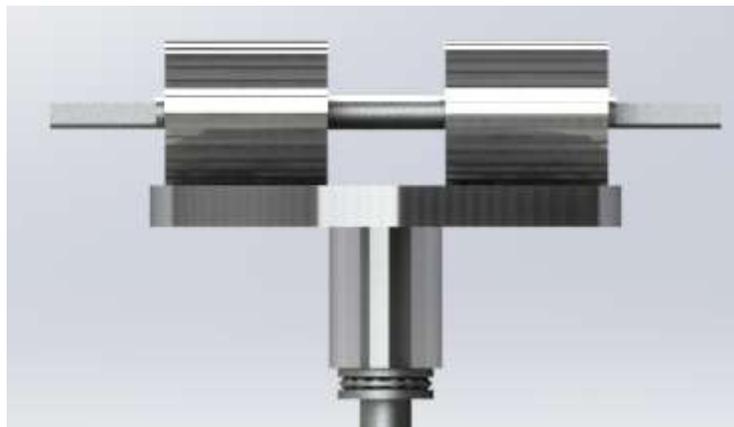


Figura 11. Sistema de extrusión

Fuente: autores del proyecto

➤ **Cámara de aglutinado**

La cámara de aglutinado es donde se aglutina el material obtenido de la tolva de alimentación hacia la matriz peletizadora (sistema de extrusión). (Maya, 2015)

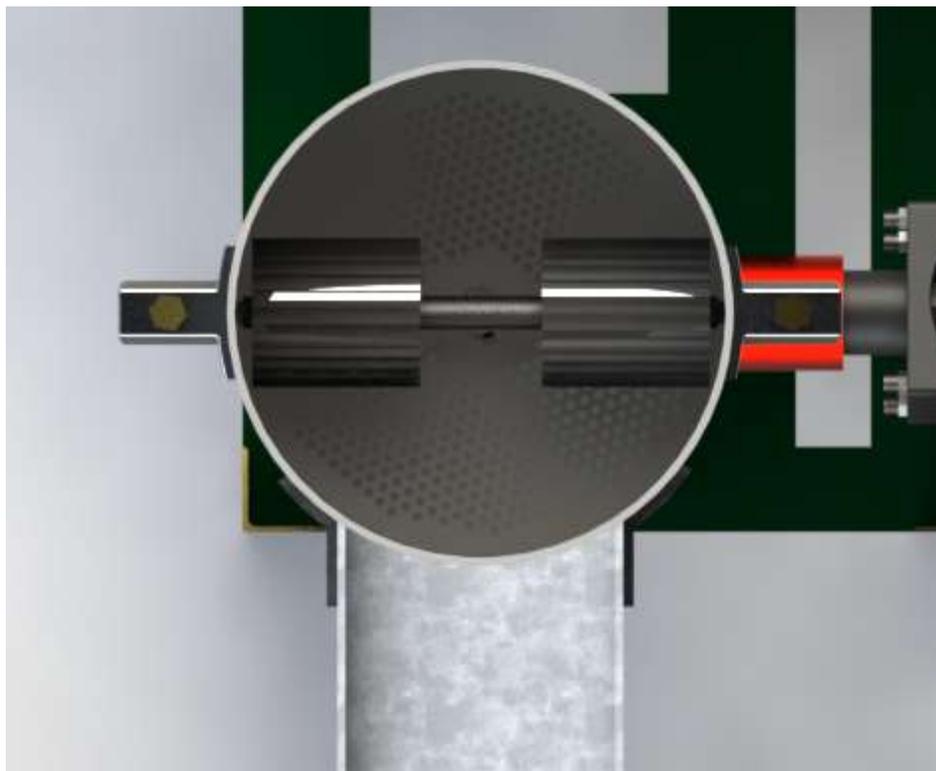


Figura 12. Cámara de aglutinado

Fuente: Autores del proyecto

➤ **matriz de peletización.**

La matriz es la pieza principal que está dentro de la cámara de aglutinado, donde ocurre la formación del pellet ya sea en granos, fideos, etc., generado como consecuencia de la energía mecánica y la fricción producida por los rodillos. La matriz de Peletizado debe de ser de acero inoxidable altos en cromo. Esto se debe a que podrían sufrir corrosión. Si no se puede lograr la

calidad de pellet con este tipo de matrices la segunda opción es utilizar matrices de acero inoxidable carburizados. (Maya, 2015)

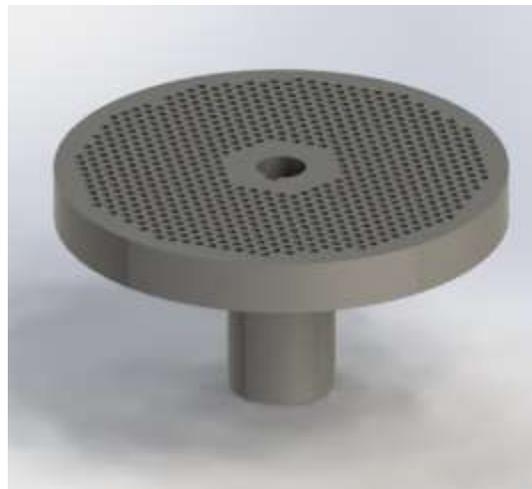
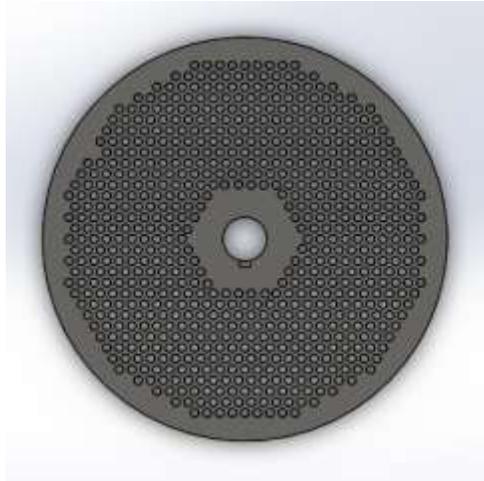


Figura 13. Matriz de pelletizacion

Fuente: Autores del proyecto

➤ rodillos

El aspecto más importante de los rodillos es su relación con la matriz. Cualquier cosa que le suceda al rodillo también afectará a la matriz. La función del rodillo es proporcionar la fuerza de compresión entre el alimento y la matriz. (Maya, 2015)



Figura 14. Rodillos

Fuente: autores del proyecto

➤ **Sistema de transmisión de potencia.**

La transmisión de potencia desde una fuente, tal como un mecanismo o un motor, a través de una máquina para tener un impulso de salida, es una de las tareas más comunes que se asignan a una maquinaria. Un medio eficiente para transmitir la potencia es a través del movimiento rotatorio de un eje, soportado por cojinetes. Se pueden incorporar engranes, bandas, poleas o catarinas de cadena a fin de proporcionar cambios de velocidad y par de torsión entre ejes.

La mayoría de los ejes son cilíndricos (sólidos o huecos) e incluyen diámetros de paso con hombros para alojar la posición y soporte de los cojinetes, engranes, etcétera. (budynas, pág. 914)

➤ **Sistema de transmisión por cadenas de rodillos.**

Cuya aplicación es transmitir la potencia entre ejes que giran a unas determinadas velocidades. Las cadenas de transmisión son la mejor opción para aplicaciones donde se quiera

transmitir grandes pares de fuerza y donde los ejes de transmisión se muevan en un rango de velocidades de giro entre medias y bajas.

Las transmisiones por cadenas son transmisiones robustas, que permiten trabajar en condiciones ambientales adversas y con temperaturas elevadas, aunque requieren de lubricación. Además proporcionan una relación de transmisión fija entre las velocidades y ángulo de giro de los ejes de entrada y salida, lo que permite su aplicación en automoción y maquinaria en general que lo requiera. (ingemecanica)

➤ **Estructura.**

La estructura viene a ser el soporte de todos los sistemas incluyendo sus componentes. Esta estructura estará básicamente conformada de ángulos, debidamente ensamblados, sobre ella reposará la tolva, el motor, cámara de aglutinado y sistema de transmisión.

4.2 Identificar las variables que intervienen en el proceso de peletizado.

Para contextualizar el proceso de peletizado consiste en la aglomeración de pequeñas partículas de una mezcla de harinas en unidades comprimidas y densas, mediante un proceso mecánico combinado con la humedad, el calor y la presión; todo ello determina una mejora de las características de los alimentos balanceados pecuarios y por ende un producto de alta calidad nutricional. (waste)

Su importancia radica en que al momento de peletizar, el alimento pasa por un proceso de cocción, el cual favorece la disponibilidad de los nutrientes (almidones y proteínas), lográndose así, un mejor aprovechamiento en el tracto digestivo del animal y con ello, mejores conversiones alimenticias. Además, las altas temperaturas a las que es sometido el alimento logran eliminar una serie de bacterias patógenas, que pueden comprometer la buena salud de los animales. Un

buen proceso de peletizado, ensacado y almacenamiento, nos asegurará un vencimiento en el alimento más prolongado, de por lo menos dos meses. (ARBELAEZ, 2011, pág. 50)

Ventajas del alimento peletizado

- Mejor palatabilidad.
- Mayor consumo
- Mayor digestibilidad de Almidones y Proteínas.
- Menor selección del alimento por parte del animal.
- Menor separación de partículas en los equipos de alimentación.
- Facilidad en el manejo del alimento en bodega.
- Disminuye el riesgo de enfermedades.

El peletizado ha sido y continúa siendo una técnica de procesamiento que goza de gran popularidad en la fabricación de alimentos balanceados. Básicamente, el peletizado convierte una mezcla de ingredientes finamente molidos en aglomerados (pélets) densos de libre flujo. (ARBELAEZ, 2011, pág. 50)

Dependiendo de las características físicas del alimento balanceado, se usa para la compresión una proporción mayor o menos del trabajo hecho por la peletizadora. Por ejemplo, si la fórmula contiene un nivel alto de ingredientes fibrosos como bagazo, salvado o alfalfa molida, la peletizadora va a gastar una gran cantidad de energía sencillamente comprimiendo la harina a la densidad del pélets consiguiente. Por el contrario, para un alimento relativamente denso como uno alto en granos y harina de soya, la peletizadora va a gastar menos cantidad de energía para la compresión y una mayor cantidad para la producción.

El principal propósito del rodillo es el de proporcionar fuerza sobre la harina para densificar al alimento y hacer que fluya hacia el dado de salida. El espacio entre el rodillo y el dado de salida, las características de la superficie del rodillo y las propiedades físicas de la harina determinan cuán grande podría ser esta posible fuerza.

El dado de salida proporciona, no solo el diámetro final del pélets, sino la fuerza de resistencia sobre el alimento, la cual tiene una influencia directa sobre la tasa de producción y la calidad del pélets. Estas dos fuerzas (rodillo y dado de salida) son opuestas una a la otra, pero deben trabajar juntas para proporcionar pélets de calidad a una tasa aceptable de producción. La fuerza generada por el rodillo debe ser mayor que la fuerza de resistencia proporcionada por el dado de salida, de otra manera, la producción sería cero. La calidad del pélets se puede equiparar a la capacidad de los pélets de resistir el manejo repetido sin rompimiento excesivo o generación de finos. (ARBELAEZ, 2011, pág. 52)

Características de las materias primas

Grasa. El contenido de grasa de un ingrediente en la mezcla que puede ser natural o agregado. Al peletizar un producto con grasa en su formulación esta grasa sale a la superficie y actúa como lubricante. Lo que se hace actualmente es adicionarle una mayor cantidad de grasa por bache en el proceso de engrase, ya que aporta mayor durabilidad a la pastilla y es más gustoso para el animal. La grasa que se adiciona es de origen vegetal por ejemplo aceite de palma. (ARBELAEZ, 2011, pág. 57)

Fibra. La fibra es considerada como un factor de cohesión, es decir como aglutinantes, también es una materia prima que tiene muy buena solubilidad lo que ayuda dar una pellets de buena calidad y mayor durabilidad. La fibra es aportada por materias primas como el maíz y sorgo esenciales en el proceso de elaboración. (ARBELAEZ, 2011, pág. 57)

Almidón. Requieren de altas temperaturas y altas humedades para gelatinizarse y actuar a su vez como aglutinante para producir una pastilla dura. Para gelatinizar los almidones parcialmente se agrega humedad de la mezcla que debe estar entre el 17% - 18% y la temperatura debe estar por lo menos en 82°C. (ARBELAEZ, 2011, pág. 58)

Métodos de medición.

% de durabilidad. Es la resistencia que tienen los pellets para soportar un constante manipuleo desde que está en proceso hasta que llega al su destino final. Los pellets que presentan mayor durabilidad tienen una estructura sólida y bien formada, por lo tanto no producirán finos. (ARBELAEZ, 2011, pág. 58)

Según (ARBELAEZ, 2011) nos describe el procesos de medición del porcentaje de durabilidad empleado en la industria para evaluar la calidad y contextura del pellets, y se basa en los siguientes procedimientos la prueba se realiza mediante un equipo denominado simulador o torturador antes de ingresar la muestra a este se debe cernir si la muestra viene del enfriador (proceso para estabiliza el pellets a temperatura ambiente), si viene del ensaque (almacenamiento o empaque) solo se pesan 500 Gr y se ingresan al simulador en el que permanece la muestra durante 10 min simulando el deterioro que el producto pueda tener antes de llegar al consumidor final. Luego de este procedimiento la muestra se tamiza en unas mallas, dependiendo del producto que se está evaluando, el diámetro de las aberturas de las mallas cambia; estas mallas separan los pellets de las partículas finas; los pellets que quedan en la malla se pesan en un recipiente y el peso que arroje se divide por 500 y se multiplica por 100 para que dé el porcentaje de durabilidad.

La durabilidad debe oxidar entre 91% para productos de ganadería, 93% para productos de Porcicultura, estos valores son requerimiento mínimos si arroja un valor más alto mucho mejor.

% de humedad. Para llevar a cabo esta medición se toman 3 gramos de muestra de la misma a la que se le analiza la durabilidad, se macera y se pone uniformemente en la bandeja del equipo “**Analizador de Humedad Halógeno**” luego de 5 minutos de introducir la muestra al equipo halógeno, automáticamente arroja el % de humedad. La humedad de los productos debe oxidar entre 8.5% y 12% como máximo excepto los productos de ganadería con formulación como máximo 13%. (ARBELAEZ, 2011, pág. 59)

Granulometría. La granulometría adecuada dependerá de la presentación del producto (harina o pellet). Para obtener un buen peletizado es conveniente tener ingredientes con una textura fina ya que las partículas gruesas generan fallas en la pastilla haciendo que esta se quiebre con mayor facilidad. De igual manera las partículas más pequeñas presentan una mejor absorción del calor al contacto con el vapor obteniéndose así mejor lubricación de la partícula y una mejor adhesión de las pellet, mejor calidad y durabilidad del producto. ("D. R. Jones)

Tamaño de las partículas. El tamaño de partícula óptimo para los mejores resultados de peletización ha sido materia de controversia casi desde que se empezaron a peletizar los alimentos. Young (1960) no encontró diferencias significativas en la durabilidad del pellet cuando experimentó con alimentos que contenían 40, 60 y 70 por ciento de maíz o sorgo molidos, cuando dichas porciones de granos se molieron gruesas, medianas o finas.

Martin (1984) comparó las eficiencias y durabilidades del peletizado de un molino de martillos y uno de rodillos al moler la porción de maíz (59.5%) de un alimento peletizado. No encontró ninguna diferencia ($P < 0.05$) entre los diversos tratamientos. El tamaño de partícula

promedio de maíz molido en molino de martillos (mallas de 3.2 mm y 6.4 mm) abarcó de 595 a 876 micrones, mientras que en el molido en molino de rodillos (fino y grueso) comprendió entre 916 a 1460 micrones.

Stevens (1987) realizó experimentos similares en los que se usó el maíz amarillo como la porción de granos de una fórmula típica de cerdos. El maíz se molió con un molino de martillo a través de tres tamaños de malla: 1/16" (1.6 mm) (fina), 1/8" (3.2 mm) (mediana) y 1/4" (6.4 mm) (gruesa). Luego midió el efecto del tamaño de partícula de granos molidos sobre la tasa de producción de peletizado, eficiencia eléctrica y durabilidad del pellet. No hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en la tasa de producción de peletizado o de valores IDP de diferentes tamaños de partícula de maíz mezclado en un alimento porcino, aunque la electricidad total requerida para moler el maíz y peletizar la harina fue significativamente mayor para el maíz molido fino. Cuando en la porción de granos del alimento porcino se usó trigo molido, las tasas de producción de pellets y los IDP mejoraron conforme el grano se molió más fino, pero el trigo molido más fino también necesitó de una cantidad sustancialmente mayor de energía eléctrica. (KEITH C, 2010)

4.3 Clasificar la información obtenida.

Características operacionales Peletizadora de harinas. Hay varios factores que pueden utilizarse para contribuir a la eficiencia del peletizado y la calidad del pellet, como lo son:

- La Resistencia de los huecos en el dado a los materiales formulados que pasan a través de él.
- Los efectos de la humedad que suavizan y lubrican las partículas.

- El efecto de la temperatura en materiales sensibles al calor para lograr cambios físicos y químicos.
- El triturado fino de los materiales para incrementar el área de superficie disponible y mejorar la absorción de líquidos. (garcia palacio, 1999)

Tabla 1. Encuesta al cliente

Encuesta al Cliente.				
<p>Objetivo general: cuantificar el nivel de importancia de las necesidades del cliente y reflejarlo en el diseño. Para cada una de las siguientes funciones indique en una escala de 1 a 3 que tan importante es esa función para usted y por favor utilice la siguiente escala.</p>				
<p>1: la función es indeseable, baja o nula, me disgustaría un producto así 2: la función no es importante o la necesidad no es prioridad, pero no me disgustaría tenerla 3: la función es crítica, la necesidad es alta o indispensable, no me disgustaría considerar un producto sin esta función.</p>				
ítems	preguntas	opciones		
		1	2	3
1	En el acondicionamiento se le adiciona melaza a la mezcla		x	
2	Necesidad de Bajo costo de compra			x
3	Necesidad de Bajo costo en repuesto			x
4	Necesidad de Bajo costo de insumos para la maquina (lubricantes)		x	
5	Alto Tiempo de vida de las partes		x	
6	Necesidad que el diseño sea innovador		x	
7	La máquina tiene bajos ruidos (nivel de decibeles aptos) en funcionamiento		x	
8	El diseño requiere un premezclado manual		x	
9	Posibilidad de variar las dimensiones del pellet		x	

10	Caudal puede ser controlado		x	
11	Facilidad de desensamble		x	
12	Posibilidad de controlar la humedad final del pellet durante el proceso.		x	
13	Evitar la intromisión de manos en el corte durante el peletizado			x
14	Señalización en la maquina			x
15	Posibilidad de diseño compacto		x	
16	Disposición y dirección del proceso		x	

Fuente: Autores del proyecto

Maquinas peletizadoras del mercado

Benchmarking: A continuación se muestran algunas de las cotizaciones realizadas, las cuales son de vital importancia para esbozar y empezar a delimitar algunos parámetros de la máquina como son el costo, el consumo de energía, las dimensiones, entre otros.

- Maquina peletizadora de la empresa Wuxi Taihu Grain Machinery Co., Ltd. -

Jiangsu, China (Mainland).

Tabla 2. Especificaciones técnicas Benchmarking

modelo	producción (T/h)	potencia motor principal (KW)	potencia del alimentador (KW)	potencia de acondicionador (KW)	diámetro de la matriz (mm)	tamaño del pellets (mm)
SZLH320	2 a 5	37	2.2	0.55	320	6 a 8
SZLH350	3 a 6	45/55	2.2	0.55	350	6 a 8
SZLH400	5 a 8	75/90	5.5	1.5	400	6 a 8
SZLH420	8 a 12	90/110	5.5	1.5	420	6 a 8
SZLH508	12 a 18	110/132/160	7.5	1.5	508	6 a 8

Fuente: (alibaba.com)



Figura 15. Benchmarking

Fuente: (alibaba.com)

Pelletizadora y granuladora de pellets para madera

Descripción detallada del producto

Esta pelletizadora es usada normalmente en la granulación de madera, paja, cáscara de Girasoles, y otras fuentes de biomasa.

Capacidad es: 200Kg para 2 Ton/h

Diámetro del pellet: 4-12mm

Costo: \$8,800.00 (USD) (Aprox. \$18.000.000)

- Máquina pelletizadora sin procesos anteriores a la pelletización tales como el acondicionador ni alimentador de la empresa Anyang GEMCO Energy Machinery Co., Ltd.



Figura 16. Pelletizadora y granuladora de pellets para madera

Fuente: (GEMCO ENERGY)

Máquina pelletizadora procesadora de alimento para animal

Este tipo de “molino” puede procesar todo tipo de granos sólidos o materiales agrícolas a pequeños pellets para alimento de todo tipo de animales. A continuación se presentan las características de esta pelletizadora cuyo costo es de \$8,000.000:

Tabla 3. Especificaciones técnicas pelletizadora procesadora de alimento para animal

<p>The product description: Model: GC-9PK200 pellet press Capacity: 200-250kg/h Power: 7.5kw</p>	<p>Model: GC-9PK260 pellet press Capacity: 250-300kg/h Power: 15kw</p>	<p>Model: GC-9PK300 pellet press Capacity: 300-400kg/h Power: 22kw</p>
---	--	--

Fuente: (GEMCO ENERGY)

Máquina pelletizadora Pellet Pros Modelo PP600W de la empresa Pellet Pros inc.



Figura 17. Pelletizadora PP600W

Fuente: (pellet pro. inc)

Las características técnicas se muestran a continuación.

Potencia: 220volt/single phase, AMERICAN motor

HP: 10

Peso: 502 lbs

Capacidad: Up to 100-200 lbs por hora

Dimensiones: 51" long x 17" ancho x 41"largo

Precio: \$4,500.00 (USD) (aprox. \$9.000.000)

Lista de especificaciones

Tabla 4. Lista de especificaciones

Geométricas	Diámetro de pellet empleado en el medio: 4mm a 7mm longitud aproximada entre 2 a 4 veces el diámetro del pellet
Dimensiones Ergonómicos de la máquina	1m a 1,75m de alto 1m a 1,5M de largo 0,4m a 0,7m de ancho
Materiales	aceros inoxidable aceros herramientas hierro estructural

Composición nutricional para bovinos	La materia prima incluye maíz y sorgo, harina de arroz, harina de soya, harina de carne y/o harina de pescado, polvillo, aceite de palma, sal, fosfato bi-cálcico, carbonato de calcio, compuesto de vitaminas y minerales.
Densidad	Densidad del alimento en harina, según la formulación en el rango de 560 Kg/m ³ a 730 Kg/m ³ , siendo los productos de la avicultura los de más alta densidad y más duros de pelletizar
Seguridad	Alta Protección para el operario Uso de señales de advertencia y placas Bajo impacto ambiental de carácter nocivo
Fuerza	Máximo peso 0.2 -0.3 toneladas
Energía	eléctrica, solar, mecánica
Potencia	de 3 a 15hp
Mantenimiento	Mantenimiento operacionales Tiempo de operación máximo 3500h (1 año) entre cada mantenimiento.
operación	Humedad de la harina: Max hasta el 13% Tamaño de las partículas necesarias para procesar: 600 micras para la producción del pellet de buena calidad. Rango de temperaturas de manejo en el funcionamiento 60°C a 80°C
costo	menor a \$4.000.000

Fuente: Autores del proyecto

4.4 Seleccionar los elementos adecuados para la conformación de la maquina peletizadora.

A continuación se presenta para cada una de las etapas del proceso de peletización la comparación de las alternativas para determinar cuál de ellas permite la mejor solución con base en los requerimientos y especificaciones.

Transmisión de potencia en la etapa de acondicionamiento.

Como las velocidades usadas en la etapa de acondicionamiento son medias, es decir, alrededor de 500 rpm, se pueden emplear un sistema de reducción recomendado para la transmisión de carga, buscando que tengan un par nominal de trabajo adecuado y que permita manipular la carga sin interrupciones.

Moto reductor.

Su configuración consiste en un tren de engranajes organizados en 3 ejes con un eje de entrada acoplado al motor, la idea es utilizar un motoreductor disponible en el mercado local, el cual se ajusta directamente sobre el eje del principal, cuenta con una eficiencia de un 92%, Soporta fácilmente las sobrecargas. Una de las ventajas que presenta esta alternativa es su alta eficiencia respecto a otros mecanismos de transmisión. Sin embargo requiere un sistema de lubricación propio para la correcta operación, generando costos superiores. (florez, arias ramirez, & varela, 2010, pág. 35)

Transmisión mediante reductor- poleas y correas.

Las características fundamentales de este tipo de transmisión son las siguientes:

1. Resulta más económico que las transmisiones por cadenas.
2. Presenta condiciones de operación más silenciosas.
3. Más simple de diseñar y fabricar.
5. Menos costo de mantenimiento.
6. Eficiencia entre el 80 y 95%.

Una las desventajas respecto al uso de caja de engranajes es el mayor espacio ocupado

En el montaje. Además, las cargas sobre los apoyos en la transmisión, aumentan por las Fuerzas de tensión necesarias para la operación correcta. (florez, arias ramirez, & varela, 2010, pág. 36)

Transmisión por cadenas

Este sistema de transmisión tiene muchas ventajas entre las más importantes están:

- El sistema de transmisión por cadena, tiene la capacidad de transmitir potencia a una considerable distancia entre ejes, esta condición se logra dado que las cadenas pueden tener longitudes variables, es decir su longitud puede variar mediante la adición o eliminación de eslabones.
- Con los sistemas de transmisión por cadenas se pueden obtener rendimientos elevados del orden del 98%, dado que se excluyen problemas de deslizamiento entre los componentes del sistema.
- En este tipo de sistemas no existe tensión previa, por lo que la carga en los árboles es menor que en el caso de sistemas de transmisión por correas.
- Con el sistema de transmisión por cadenas se puede transmitir rotación a varios árboles o ejes con una misma cadena.
- Cuando se requieren transmitir potencia elevadas simplemente bastará con emplear múltiples hileras.

Algunas de las desventajas que incluye el sistema de transmisión por cadena son:

- Un elevado costos de sus componentes y más cuando se requieren materiales o tratamientos especiales para evitar el desgaste de los componentes o se emplean en ambientes especiales.

- Se requieren montajes precisos con el objetivo de evitar que alguna de las caras de la cadena se someta a cargas superiores y falle por fatiga anticipadamente, es decir se afecte la vida útil de los componentes.

- Se requieren prácticas de mantenimiento minuciosos y procesos de lubricación.
(transmision por cadenas)

Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas presentadas y la preponderancia de los objetivos planteados en las especificaciones, según las cuales se debe garantizar los mínimos costos de operación y de inversión en la transmisión de potencia hacia el acondicionador, se tiene que la alternativa más conveniente es la transmisión de potencia mediante cadenas.

Selección de la matriz y rodillos

Se consideran tres factores fundamentales:

- El costo de fabricación: selección de la forma y el material, capaz de resistir las cargas y el desgaste propio de este tipo de mecanismos (Desgaste por abrasión debido a los ingredientes mezclados para alimento concentrado, corrosión por los elementos de la mezcla como son la humedad y componentes nitrogenados).
- La tasa de producción que puede ser obtenida a partir de su geometría.
- Las condiciones del pellet obtenidas en cuanto a calidad y resistencia en función de las tolerancias de la matriz y el acabado que le confiere el proceso de manufactura.

- La ranura de los rodillos debe ser la adecuada para obtener una superficie de contacto óptima entre la mezcla de harinas y la matriz de pelletización.

Las características que debe cumplir el material seleccionado son:

1. Alcanzar durezas superficiales de trabajo de aproximadamente 50HRc
2. Facilidad y bajos costos de fabricación
3. Maquinabilidad media y buen acabado superficial en los agujeros.
4. Respuesta adecuada a los tratamientos térmicos del temple y revenido.
5. Inactividad química y física con los componentes de la mezcla pelletizada.
6. Aprobado para el uso en la industria alimenticia.

Así las mejores alternativas de producción son la matriz cilíndrica plana horizontal y los rodillos de compactación ranurados. Ahora bien, debido a la necesidad de facilitar la manufactura de estos componentes se cuenta en nuestra universidad un centro mecanizado CNC el cual utilizaremos como medio para su correcta manufactura y mecanizado.

Tipos de material recomendados

Algunos materiales específicos entre los aceros aleados según el estándar Americano que se muestran a continuación son los más utilizados para la construcción de este tipo de elementos debido al alto desempeño que presentan contra el desgaste resaltando además que son aceros obtenibles nacionalmente :

Aceros Herramienta, AISI D2, DF2, D6

Aceros Inoxidables AISI 410, 420

Aceros aleados AISI 4340

Alimentación y dosificación de la materia prima

Se consideran 2 alternativas de solución: Alimentación por tolva, alimentación manual (Ingresada directamente por el operario a la cámara de aglutinamiento).

De acuerdo con las especificaciones la alternativa de realizar la alimentación de forma manual, es decir, sin el uso de dosificadores; sin embargo aunque resulta ser la más económica, la seguridad del operario disminuye al tener la posibilidad de introducir sus manos por accidente en la cámara de aglutinamiento. Debido a que la seguridad es el objetivo primordial, esta alternativa es automáticamente descartada. La última opción es la tolva, esta logra cumplir los objetivos principales de seguridad, bajo costo de inversión y mantenimiento, ya que disminuye la facilidad con la que el operario pueda introducir sus manos en la cámara de aglutinamiento.

4.5 Buscar las ecuaciones que rigen los diseños de máquinas y componentes.

Para desarrollar esta actividad del segundo objetivo específico daremos inicio al desarrollo de cálculos para el diseño de cada elemento que conforma la peletizadora de alimentos balanceados para bovinos.

4.5.1 tolva

Como se ha dicho anteriormente la tolva es el sistema encargado de mantener abastecida la cámara de aglutinamiento y para lograr esto debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- El material de la tolva no debe reaccionar químicamente con la mezcla de harinas.
- El material de la tolva debe impedir la proliferación de contaminantes biológicos.

- El material de la tolva no debe reaccionar químicamente con el producto de limpieza y desinfección.
- El material de la tolva debe ser resistente a la fricción con el alimento.
- Los ángulos de salida de la tolva, deben contar con la suficiente inclinación para que el flujo de la mezcla de harinas se dé de manera constante hacia la cámara de aglutinamiento.
- Que sea desmontable para su limpieza y mantenimiento.

Diseño geométrico de la tolva

Se optó por un diseño geométrico de un cono truncado con las dimensiones asignadas y se procede a calcular su volumen.

V_T = volumen de la tolva

R = radio superior = 15cm

r = radio inferior = 7.5m

h = altura = 20cm

Vista en isométrica de la tolva

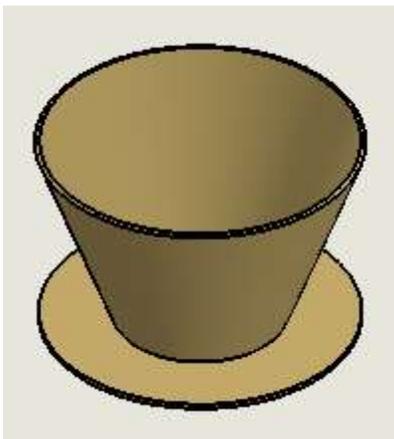


Figura 18. Tolva de alimentación

Fuente: Autores del proyecto

Volumen de la tolva (cono truncado)

$$V_T = \frac{1}{3} \pi \times h(R^2 + r^2 + (R \times r))$$

$$V_T = \left(\frac{1}{3}\right) \pi \times 20\text{cm} \left((15\text{cm})^2 + (7.5\text{cm})^2 + (15\text{cm} \times 7.5\text{cm}) \right)$$

$$V_T = 8246.681 \text{ cm}^3$$

Diseño de la tolva

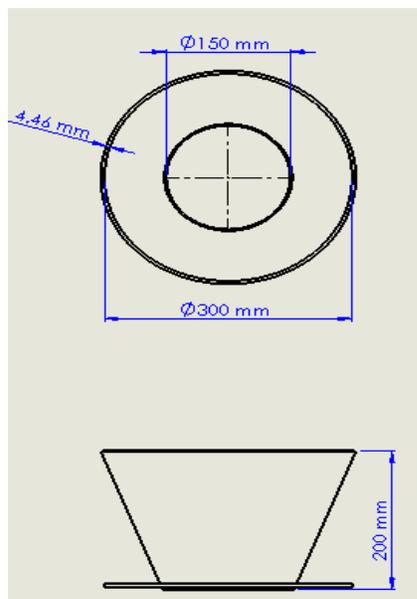


Figura 19. Cotas de la tolva

Fuente: Autores del proyecto

4.5.2 cálculo de la presión en los rodillos

r_i = radio interno de la carcaza

A_d = area del disco (matriz de peletizado)

P = presión de los rodillos

f = fuerza por carga del alimento balanceado

$$f = M * g = 136.36 \text{ Kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1337.69\text{N}$$

$$A_d = \pi * r_i^2 = \pi * (0.158\text{m})^2 = 0.078\text{m}^2$$

$$P = \frac{f}{A_d} = \frac{1337.69\text{N}}{0.078\text{m}^2} = 17149.872 \text{ pa}$$

4.5.3 perímetro de desplazamiento

v_{lp} = velocidad lineal del rodillo respecto al perimetro de desplazamiento

ω = revoluciones por minuto del eje principal (eje de rotacion del disco)

r_d = radio de matriz de peletizado (disco)

P_{ED} = perimetro de desplazamiento del disco

P_{ER} = perimetro de desplazamiento del rodillo

\emptyset_R = diametro del rodillo

$$\omega = 470 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \left(\frac{2\pi}{1\text{rev}} \right) * \left(\frac{1\text{min}}{60\text{seg}} \right) = 49.218 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$v_{lp} = \omega * r_d$$

$$v_{lp} = 49.218 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} * 0.145\text{m} = 7.136 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Perímetro de desplazamiento del disco

$$P_{ED} = 2\pi * r_d = 2\pi * (0.1362\text{m}) = 0.856\text{m}$$

Perímetro de desplazamiento rodillo

$$\emptyset_R = 3.5\text{in} = 0.0889\text{m}$$

$$P_{ER} = 2\pi * r_R = 2\pi * (0.044\text{m}) = 0.276\text{m}$$

Relación de perímetros

$$R_p = \frac{P_{ED}}{P_{ER}} = \frac{0.856}{0.276} = 3.1$$

4.5.4 Velocidad de giro de rodillos

n_r = revoluciones por minuto de los rodillos

ω_r = velocidad angular de los rodillos

v_r = velocidad lineal de los rodillos

Revoluciones por minuto de los rodillos

$$n_r = R_p * \omega \rightarrow 3.1 * 470 \text{ rpm} = 1457 \text{ rpm}$$

Velocidad angular de los rodillos

$$\omega_r = 1457 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \left(\frac{2\pi}{1\text{rev}} \right) * \left(\frac{1\text{min}}{60\text{seg}} \right) = 152.57 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

Velocidad lineal de los rodillos

$$v_r = \omega_r * r_R \rightarrow v_r = \left(152.57 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} \right) * (0.044\text{m})$$

$$v_r = 6.713 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

4.5.5 análisis de carga en los rodillos

Determinación de la fuerza de fricción entre rodillo y matriz.



Figura 20. Carga de los rodillos

Fuente: (Malla., 2015)

F_R = fuerza de fricción

F_B = carga por balanceado

$f = 0.18$ coeficiente de fricción metal sobre metal

A_c = área de contacto del rodillo con el alimento balanceado

t_m = ancho promedio del grano de maíz (0.01m)

L_r = longitud de los rodillos

$$\sigma_s = \text{resistencia de ruptura del maíz} \rightarrow \sigma_s = 6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 6 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ (Rico, 2016)}$$

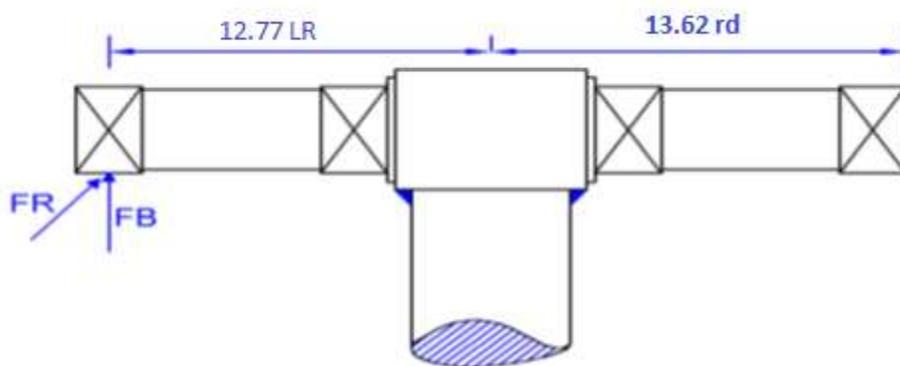


Figura 21. Árbol de sujeción de los rodillos

Fuente: Autores del proyecto

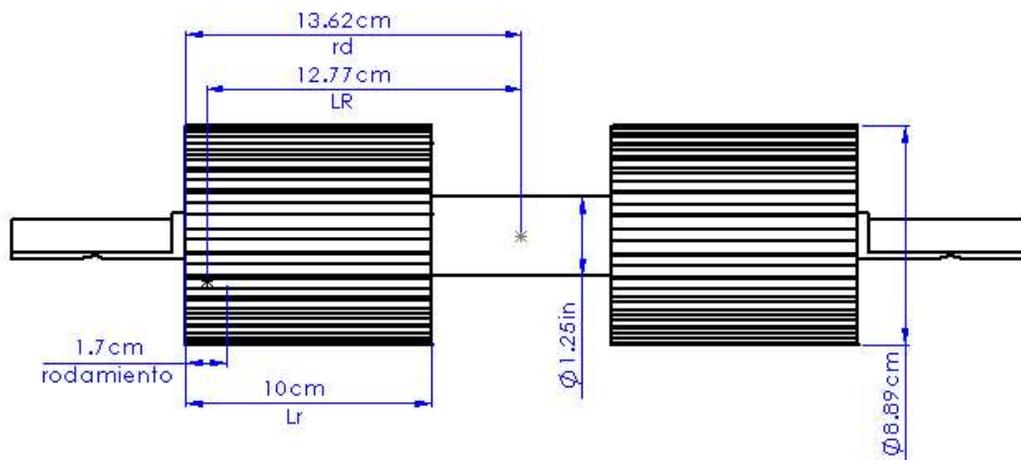


Figura 22. Dimensiones de los rodillos

Fuente: Autores del proyecto

$$Ac = t_m * L_r \rightarrow Ac = 0.01 * 0.1m = 0.001m^2$$

$$F_B = \sigma_s * Ac \rightarrow F_B = 6 \times 10^6 \frac{N}{m^2} * 0.001m^2 = 6000N$$

$$F_R = f * F_B \rightarrow F_R = 0.18 * 6000N = 1080N$$

4.5.6 calor generado

$P_C = \sigma_s =$ presión de contacto

$$H_g = \frac{P_C * Ac * f * V_r}{778}$$

$$P_C = 6 \times 10^6 \frac{N}{m^2} \left(\frac{1kg}{9.8N} \right) \left(\frac{2.2lb}{1kg} \right) \left(\frac{0.0254m}{1in} \right)^2 = 868.99 \frac{lb}{in^2}$$

$$Ac = 0.001m^2 \left(\frac{39.3701in}{1m} \right)^2 = 1.55in^2$$

$$V_r = 6.713 \frac{m}{seg} \left(\frac{39.370in}{1m} \right) \left(\frac{60seg}{1min} \right) = 15857.44 \frac{in}{min}$$

$$H_g = \frac{868.99 \frac{lb}{in^2} * 1.55in^2 * 0.18 * 15857.44 \frac{in}{min}}{778}$$

$$H_g = 4941.65 \frac{Btu}{min}$$

$$H_g = 4941.65 \frac{Btu}{min} \left(\frac{1min}{60seg} \right) \left(\frac{1J}{9.478 \times 10^{-4} Btu} \right) = 86896.94 \frac{J}{seg}$$

4.5.7 análisis de rodamientos de rodillos

En este análisis se determina las características y dimensiones de los rodamientos además, la capacidad de carga dinámica y esfuerzos a los que están sometidos.

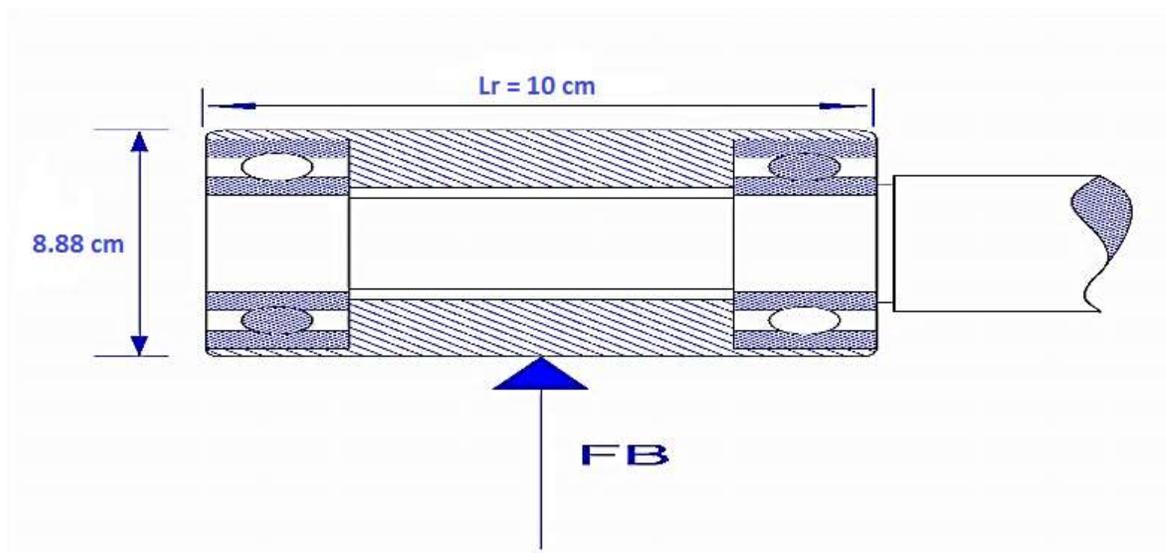


Figura 23. Análisis de rodamientos en los rodillos

Fuente: Autores del proyecto

L_{10h} = vida util especificada en horas de funcionamiento (2000h) (NTN, 2009, pág. 87)

$$L_{10} = L_{10h} * 60 * n_r = (2000h) * (60) * (1457 \text{ rpm}) = 174.84 \times 10^6 \text{ Rev}$$

Análisis de capacidad dinámica por cada rodamiento

La capacidad de carga dinámica es igual tanto en el lado izquierdo como en el lado derecho

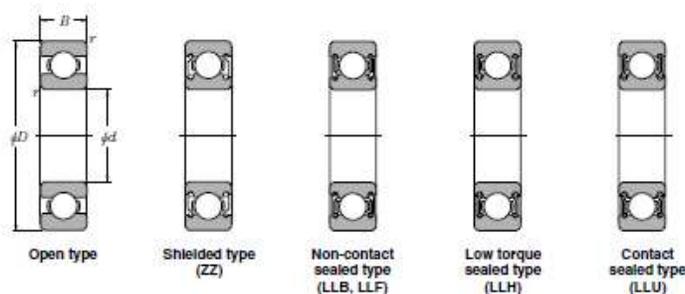
$$C = \sqrt[3]{L_{10}} * \frac{F_B}{2}$$

Donde $\frac{F_B}{2}$ se toma así debido a que existen dos rodamientos por cada rodillo dividiendo la carga en partes iguales.

$$C = \sqrt[3]{L_{10}} * \frac{F_B}{2} = \sqrt[3]{174.84} * \left(\frac{6000\text{N}}{2}\right) = 16775.2 \text{ N}$$

Rodamiento seleccionado del catálogo de SKF. Rodamiento rígido de una hilera de bolas designación 6305 (NTN, 2009, pág. 116)

Deep Groove Ball Bearings



d 20 ~ 35mm

d	Boundary dimensions			Basic load ratings				Factor	Limiting speeds				Bearing numbers					
	mm			dynamic	static	dynamic	static		grease		oil		open	shielded	non-contact	low torque	contact	
	D	B	r_{max}	C_r	C_{or}	C_r	C_{or}		open type	open type	Z LB	LLH	LLU	type	type	type	type	type
20	72	19	1.1	—	28.5	13.9	2 900	1 420	11.4	12 000	14 000	—	—	6404	—	—	—	—
22	44	12	0.6	0.5	9.40	5.05	955	515	13.9	17 000	20 000	13 000	10 000	60/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
	50	14	1	0.5	12.9	6.80	1 320	690	13.5	14 000	17 000	12 000	9 700	62/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
	56	16	1.1	0.5	18.4	9.25	1 880	945	12.4	13 000	15 000	11 000	9 200	63/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
25	32	4	0.2	—	1.10	0.840	112	86	15.8	4 000	4 600	—	—	6705	—	LLF	—	—
	37	7	0.3	0.3	4.30	2.95	435	300	16.1	18 000	21 000	—	10 000	6805	ZZ	LLB	—	LLU
	42	9	0.3	0.3	7.05	4.55	715	460	15.4	16 000	19 000	—	9 800	6905	ZZ	LLB	—	LLU
	47	8	0.3	—	8.35	5.10	855	520	15.1	15 000	18 000	—	—	16005	—	—	—	—
	47	12	0.6	0.5	10.1	5.85	1 030	595	14.5	15 000	18 000	11 000	9 400	6005	ZZ	LLB	LLH	LLU
	52	15	1	0.5	14.0	7.85	1 430	800	13.9	13 000	15 000	11 000	8 900	6205	ZZ	LLB	LLH	LLU
28	62	17	1.1	0.5	21.2	10.9	2 160	1 110	12.6	12 000	14 000	9 700	8 100	6305	ZZ	LLB	LLH	LLU
	80	21	1.5	—	34.5	17.5	3 550	1 780	11.6	10 000	12 000	—	—	6405	—	—	—	—
	52	12	0.6	0.5	12.5	7.40	1 270	755	14.5	14 000	16 000	10 000	8 400	60/28	ZZ	LLB	LLH	LLU
28	58	16	1	0.5	17.9	9.75	1 830	995	13.4	12 000	14 000	9 700	8 100	62/28	ZZ	LLB	LLH	LLU
	68	18	1.1	0.5	26.7	14.0	2 730	1 430	12.4	11 000	13 000	8 900	7 400	63/28	ZZ	LLB	LLH	LLU

Figura 24. Catálogo de rodamientos NTN

Fuente: (NTN, 2009)

4.5.8 Análisis de árbol de sujeción de rodillos

El análisis del árbol se realiza teniendo en cuenta la carga de aglutinado producida por el alimento colocado, suponiendo que toda la carga estará dispuesta en el extremo y por lo cual el diseño del mismo será más seguro.

Para el diseño de ejes solidos seleccionando como material de trabajo un acero ANSI 1020 con un valor de resistencia a la fluencia de $57000 \frac{lb}{in^2}$

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 $1\frac{1}{2}$ 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

Figura 25. Resistencias mínimas a la tensión y a la fluencia

Fuente: (budynas)

Momento flector

$$M_f = F_B * L \rightarrow M_f = 6000N * 0.1365 = 819Nm = 7248,76 \text{ Lb in}$$

Momento torsor

$$M_t = F_R * \frac{\phi_R}{2} \rightarrow M_t = 1080N * \frac{0.089}{2} = 48.06N = 425,36 \text{ Lb in}$$

Como el árbol está sometido a carga combinada se procede a determinar el diámetro mínimo con la ecuación del código ASME.

Esfuerzo simple a flexión

$$\sigma_x = \frac{M_f * C}{I}$$

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

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

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

Esfuerzo simple de torsión

$$\tau_{xy} = \frac{M_t * C}{J}$$

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

$$\tau_{xy} = \frac{16 M_t}{\pi \phi^3}$$

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

$$\sigma_{x(\max)} = \frac{\sigma_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{x(\min)} = \frac{\sigma_x}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\phi^3 = \frac{32 \sqrt{M_f^2 + M_t^2 * n}}{\pi \sigma_y}$$

$$\phi^3 = \frac{32\sqrt{(7248,76 \text{ lb in})^2 + (425.36 \text{ lb in})^2} * (1.5)}{\pi \left(57000 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}\right)}$$

$$\phi^3 = 1.946$$

$$\phi = 1.25 \text{ in}$$

4.5.9 Análisis del máximo esfuerzo cortante al que está sometido el árbol

Esfuerzo de flexión

$$I = \frac{\pi \phi^4}{64} \rightarrow I = \frac{\pi (1.25 \text{ in})^4}{64} = 0.1198 \text{ in}^4$$

$$C = \frac{\phi}{2} \rightarrow C = \frac{1.25}{2} = 0.625 \text{ in}$$

$$\sigma_x = \frac{M * C}{I} = \frac{(7248,76 \text{ Lb} * \text{ in})(0.625 \text{ in})}{0.1198 \text{ in}^4} = 37816.98 \text{ Lb/in}^2$$

Esfuerzo de torsión

$$J = \frac{\pi \phi^4}{32} \rightarrow J = \frac{\pi (1.25 \text{ in})^4}{32} = 0.2396 \text{ in}^4$$

$$\tau_{xy} = \frac{T * C}{J} = \frac{(425,36 \text{ Lb} * \text{ in})(0.625 \text{ in})}{0.2396 \text{ in}^4} = 1109.55 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

Esfuerzo normal máximo

$$\sigma_{n(\text{max})} = \frac{\sigma_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{n(\text{max})} = \frac{37816.98 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}}{2} + \sqrt{\left(\frac{37816.98 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}}{2}\right)^2 + (1109.55 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2})^2}$$

$$\sigma_{n(\text{max})} = 37849.5 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}$$

$$\sigma_{x(\min)} = \frac{\sigma_x}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{n(\max)} = \frac{37816.98 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}}{2} - \sqrt{\left(\frac{37816.98 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}}{2}\right)^2 + \left(1109.55 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}\right)^2}$$

$$\sigma_{n(\max)} = -32.52 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}$$

Esfuerzo cortante máximo

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_{n(\max)} - \sigma_{n(\min)}}{2}$$

$$\tau_{\max} = \frac{\left(37849.5 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}\right) - \left(-32.52 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}\right)}{2} = 18941.01 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}$$

Factor de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\tau_{\max}} = \frac{57000 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}}{18941.01 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}} = 3$$

Circulo de mohr's utilizando MD solid

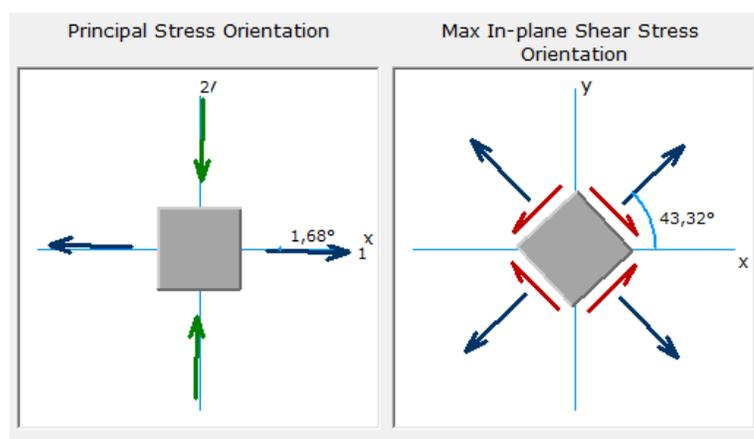
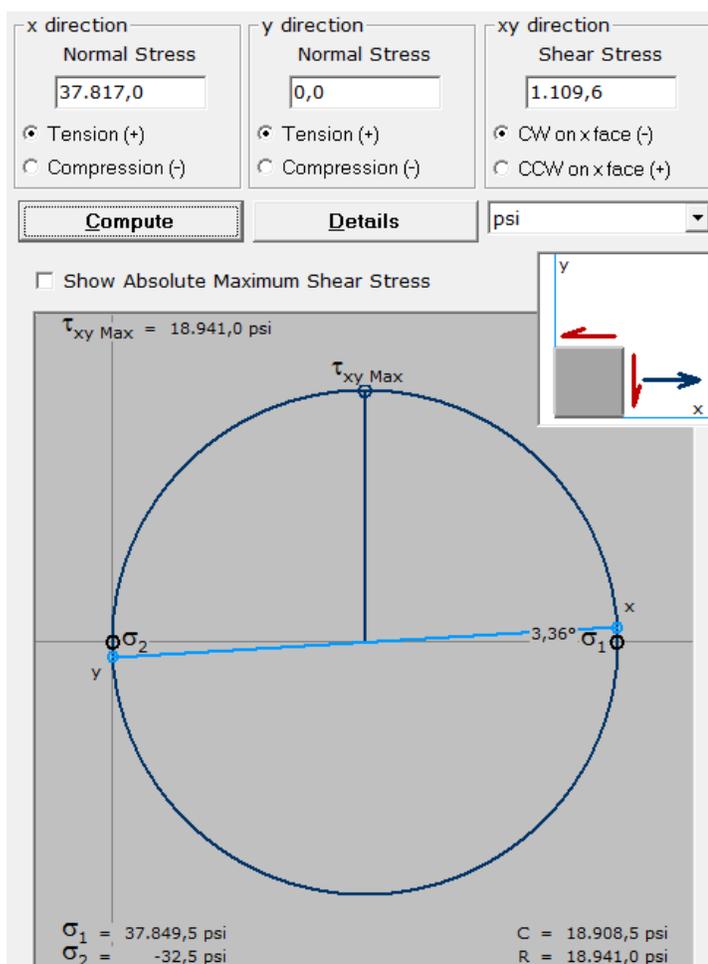


Figura 26. Diagrama circulo de mohr

Fuente: Software MD solid

4.5.10 Análisis del eje de transmisión de potencia

Cálculo de diámetro del árbol.

Para el eje de transmisión de potencia se utilizara el mismo material del eje de los rodillos en este caso acero ANSI 1020 con un valor de resistencia a la fluencia de $57000 \frac{lb}{in^2}$

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

$$\sigma_{x(max)} = \frac{\sigma_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{x(min)} = \frac{\sigma_x}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{(max)} = \frac{\frac{\sigma_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} - \left(\frac{\sigma_x}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}\right)}{2}$$

$$\sigma_{(max)} = \frac{2\sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2}}{2}$$

$$\sigma_{(max)} = \sqrt{\left(\frac{32M_f}{\pi\phi^3}\right)^2 + \left(\frac{16M_t}{\pi\phi^3}\right)^2}$$

$$\sigma_{(max)} = \sqrt{\left(\frac{16M_f}{\pi\phi^3}\right)^2 + \left(\frac{16M_t}{\pi\phi^3}\right)^2}$$

$$\sigma_{(max)}^2 = \left(\frac{16M_f}{\pi\phi^3}\right)^2 + \left(\frac{16M_t}{\pi\phi^3}\right)^2$$

$$\sigma_{(max)}^2 = \frac{256M_f^2}{\pi^2\phi^6} + \frac{256M_t^2}{\pi^2\phi^6}$$

$$\sigma_{(\max)}^2 = \frac{256M_f^2 + 256M_t^2}{\pi^2 \phi^6}$$

$$\phi^6 = \frac{16^2(M_f)^2 + 16^2(M_t)^2}{\sigma_{(\max)}^2 \pi^2}$$

$$\phi^6 = \frac{16^2(M_f^2 + M_t^2)}{\sigma_{(\max)}^2 \pi^2}$$

Donde $\sigma_{(\max)} = \frac{\sigma_y}{2}$

$$\sqrt{\phi^6} = \sqrt{\frac{16^2(M_f^2 + M_t^2)}{\left(\frac{\sigma_y}{2}\right)^2 \pi^2}}$$

$$\phi^3 = \frac{16 \sqrt{M_f^2 + M_t^2}}{\frac{\pi \sigma_y}{2}}$$

Se multiplica por un factor de seguridad “n” con un valor de 1.5

$$\phi^3 = \frac{32 \sqrt{M_f^2 + M_t^2} * n}{\pi \sigma_y}$$

$$\phi^3 = \frac{32 \sqrt{(7248,76 \text{ lb in})^2 + (425.36 \text{ lb in})^2} * (1.5)}{\pi \left(57000 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}\right)}$$

$$\phi^3 = 1.946$$

$$\phi = \mathbf{1.25 \text{ in}}$$

4.5.11 Análisis de rodamientos de eje de transmisión de potencia

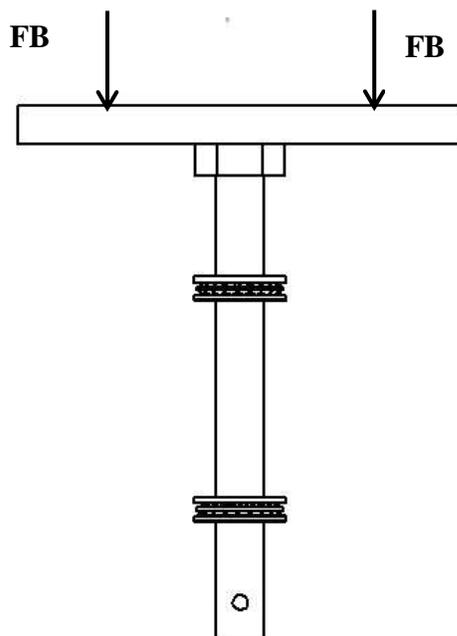


Figura 27. Fuerzas en el eje principal

Fuente: Autores del proyecto

Es importante seleccionar las horas de servicio que va a soportar el rodamiento según la siguiente tabla, en donde según la aplicación que tiene la máquina se selecciona 3000 horas de diseño.

Tabla 5. Horas de servicio

APLICACIÓN	Duración de diseño L10 ^h
Electrodomésticos	1.000 - 2.000
Motores de aviación	1.000 - 4.000
Automotores	1.500 - 5.000
Equipo agrícola	3.000 - 6.000
Elevadores, ventiladores industriales, transmisiones de usos múltiples,	8.000 - 15.000
Motores eléctricos, sopladores industriales, máquinas industriales en general.	20.000 - 30.000
Bombas y compresores	40.000 - 60.000
Equipo crítico en funcionamiento durante 24 h.	100.000 - 200.000

Fuente: (MORALES GARZÓN, 2016)

L_{10h} = vida util especificada en horas de funcionamiento (3000h)

$$L_{10} = L_{10h} * 60 * n_r = (3000h) * (60) * (470 \text{ rpm}) = 84.6 \times 10^6 \text{ Rev}$$

Análisis de capacidad dinámica por cada rodamiento

$$C = \sqrt[3]{L_{10}} * F_B$$

$$C = \sqrt[3]{L_{10}} * \frac{F_B}{2} = \sqrt[3]{84.6} * \frac{6000}{2} \text{ N} = 13169.7 \text{ N}$$

d 20 ~ 35mm

d	Boundary dimensions				Basic load ratings				Factor f_p	Limiting speeds				Bearing numbers				
	mm		mm		kN		kgf			min ⁻¹				open type	shielded type	non- contact sealed type	low torque sealed type	contact sealed type
	D	B	r_{max}	r_{min}	C_1	C_2	C_1	C_2		grease open type ZZ LLB	oil open type Z LB	LLH	LLU					
20	72	19	1.1	—	28.5	13.9	2 900	1 420	11.4	12 000	14 000	—	—	6404	—	—	—	—
22	44	12	0.6	0.5	9.40	5.05	955	515	13.9	17 000	20 000	13 000	10 000	60/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
	50	14	1	0.5	12.9	6.80	1 320	690	13.5	14 000	17 000	12 000	9 700	62/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
	56	16	1.1	0.5	18.4	9.25	1 880	945	12.4	13 000	15 000	11 000	9 200	63/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
25	32	4	0.2	—	1.10	0.840	112	86	15.8	4 000	4 600	—	—	6705	—	LLF	—	—
	37	7	0.3	0.3	4.30	2.95	435	300	16.1	18 000	21 000	—	10 000	6805	ZZ	LLB	—	LLU
	42	9	0.3	0.3	7.05	4.55	715	460	15.4	16 000	19 000	—	9 800	6905	ZZ	LLB	—	LLU
	47	8	0.3	—	8.35	5.10	855	520	15.1	15 000	18 000	—	—	16005	—	—	—	—
	47	12	0.6	0.5	10.1	5.85	1 030	595	14.5	15 000	18 000	11 000	9 400	6005	ZZ	LLB	LLH	LLU
	52	15	1	0.5	14.0	7.85	1 430	800	13.9	13 000	15 000	11 000	8 900	6205	ZZ	LLB	LLH	LLU
	62	17	1.1	0.5	21.2	10.9	2 180	1 110	12.6	12 000	14 000	9 700	8 100	6305	ZZ	LLB	LLH	LLU
80	21	1.5	—	34.5	17.5	3 550	1 780	11.6	10 000	12 000	—	—	6405	—	—	—	—	
28	52	12	0.6	0.5	12.5	7.40	1 270	755	14.5	14 000	16 000	10 000	8 400	60/28	ZZ	LLB	LLH	LLU
	58	16	1	0.5	17.9	9.75	1 830	995	13.4	12 000	14 000	9 700	8 100	62/28	ZZ	LLB	LLH	LLU
	68	18	1.1	0.5	26.7	14.0	2 730	1 430	12.4	11 000	13 000	8 900	7 400	63/28	ZZ	LLB	LLH	LLU
30	37	4	0.2	—	1.14	0.950	117	97	15.7	3 300	3 800	—	—	6706	—	LLF	—	—
	42	7	0.3	0.3	4.70	3.55	480	370	16.5	15 000	18 000	—	8 800	6806	ZZ	LLB	—	LLU
	47	9	0.3	0.3	7.25	5.00	740	510	15.8	14 000	17 000	—	8 400	6906	ZZ	LLB	—	LLU
	55	9	0.3	—	11.2	7.35	1 150	750	15.2	13 000	15 000	—	—	16006	—	—	—	—
	55	13	1	0.5	13.2	8.3	1 350	845	14.8	13 000	15 000	9 200	7 700	6006	ZZ	LLB	LLH	LLU
	62	16	1	0.5	19.5	11.3	1 980	1 150	13.8	11 000	13 000	8 800	7 300	6206	ZZ	LLB	LLH	LLU
	72	19	1.1	0.5	26.7	15.0	2 720	1 530	13.3	10 000	12 000	7 900	6 600	6306	ZZ	LLB	LLH	LLU
90	23	1.5	—	43.5	23.9	4 400	2 440	12.3	8 800	10 000	—	—	6406	—	—	—	—	
32	58	13	1	0.5	11.8	8.05	1 200	820	15.4	12 000	15 000	8 700	7 200	60/32	ZZ	LLB	LLH	LLU
	65	17	1	0.5	20.7	11.6	2 110	1 190	13.6	11 000	12 000	8 400	7 100	62/32	ZZ	LLB	LLH	LLU
	75	20	1.1	0.5	29.8	16.9	3 050	1 730	13.1	9 500	11 000	7 700	6 500	63/32	ZZ	LLB	LLH	LLU
35	47	7	0.3	0.3	4.90	4.05	500	410	16.4	13 000	16 000	—	7 600	6807	ZZ	LLB	—	LLU
	55	10	0.6	0.5	9.55	6.85	975	695	15.8	12 000	15 000	—	7 100	6907	ZZ	LLB	—	LLU
	62	9	0.3	—	11.7	8.20	1 190	835	15.6	12 000	14 000	—	—	16007	—	—	—	—
	62	14	1	0.5	16.0	10.3	1 630	1 050	14.8	12 000	14 000	8 200	6 800	6007	ZZ	LLB	LLH	LLU
	72	17	1.1	0.5	25.7	15.3	2 620	1 560	13.8	9 800	11 000	7 600	6 300	6207	ZZ	LLB	LLH	LLU
	80	21	1.5	0.5	33.5	19.1	3 400	1 950	13.1	8 800	10 000	7 300	6 000	6307	ZZ	LLB	LLH	LLU
100	25	1.5	—	55.0	31.0	5 600	3 150	12.3	7 800	9 100	—	—	6407	—	—	—	—	

Figura 28. Selección de rodamientos

Fuente: (NTN, 2009)

Rodamiento NTN designación 62/32 ZZ LLB LLH LLU (NTN, 2009, pág. 116)

4.5.12 Potencia del sistema

$$H = \frac{M_t * n}{63025} = \frac{(425.36 \text{ Lb} * \text{in})(470 \text{ rpm})}{63025}$$

$$H = 3.17 \text{ Hp}$$

Sistema de cadenas 98% eficientes el cual consta de una etapa.

$$H_1 = \frac{3.17 \text{ Hp}}{0.98} = 3.23 \text{ Hp}$$

para el motor electrico

Para el motor eléctrico se calcula el tiempo de arranque interpolando los valores señalados en la tabla.

ω_f = velocidad angular del motor

t_a = tiempo de arranque (0.188 seg) (Weg, pág. 29)

Tabla 6. Tiempo de arranque motores eléctricos

Potencia nominal		Número de polos			
kW	cv	2	4	6	8
		kgm^2			
0,4	0,54	0,018	0,099	0,273	0,561
0,63	0,86	0,026	0,149	0,411	0,845
1,0	1,4	0,040	0,226	0,624	1,28
1,6	2,2	0,061	0,345	0,952	1,95
2,5	3,4	0,091	0,516	1,42	2,92
4,0	5,4	0,139	0,788	2,17	4,46
6,3	8,6	0,210	1,19	3,27	6,71
10	14	0,318	1,80	4,95	10,2
18	22	0,485	2,74	7,56	15,5
25	34	0,725	4,10	11,3	23,2
40	54	1,11	6,26	17,2	35,4
63	86	1,67	9,42	26,0	53,3
100	140	2,52	14,3	39,3	80,8
160	220	3,85	21,8	60,1	123
250	340	5,76	32,6	89,7	184
400	540	8,79	49,7	137	281
630	860	13,2	74,8	206	423

Tabla 4.3 - Momento de inercia (J).

Fuente: (Weg)

$$\omega_f = \omega_0 + \alpha t \quad \therefore \text{parte del reposo}$$

$$\alpha = \frac{\omega_f}{t_a}$$

$$\omega_f = 1732 \text{rpm} \left(\frac{2\pi}{60} \right) = 181.37 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$\alpha = \frac{181.37 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}}{0.188 \text{seg}} = 964.734 \text{ rad/seg}^2$$

Inercia total

El momento de inercia es una medida de la resistencia que un cuerpo ofrece a un cambio en su movimiento de rotación, en torno de un eje dado. Depende del eje en torno de cual está girando y de la forma del cuerpo, así como de la manera como su masa está distribuida.

El momento de inercia total del sistema es la suma de los momentos de inercia de la carga y del motor. En el caso de una máquina que tiene “rotación diferente del motor” (por ejemplo, en casos de accionamiento por poleas o engranajes), deberá ser referida la rotación nominal del motor conforme sigue: (Weg, pág. 28)

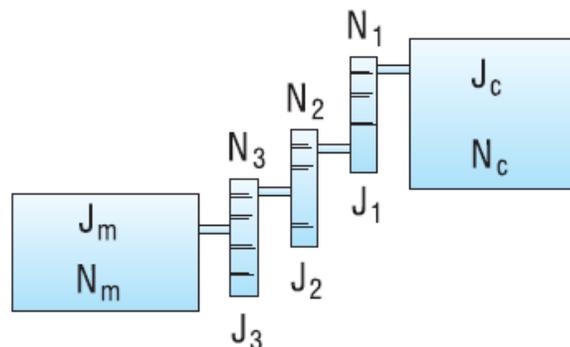


Figura 29. Inercias de varias etapas

Fuente: (WEG, 2010)

Calculo de la inercia del eje principal

El eje principal es macizo y de material ANSI 1020 con la siguiente densidad como propiedad especifica igual a

$$\delta = 0.284 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^3}$$

El volumen para un eje macizo se calcula de la siguiente expresión.

$$v = \frac{\pi d^2}{4} * L = \frac{\pi(1.25\text{in})^2}{4} * 13,77\text{in} = 16.9 \text{ in}^3$$

Donde la masa del eje principal es

$$m = \delta * v = 0.284 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^3} * 16.9 \text{ in}^3 = 4.8 \text{ Lb}_f$$

Y la inercia para un eje macizo es

$$I_1 = \frac{md^2}{8}$$

$$I_1 = \frac{4.8 \text{ Lb}_f(1.25 \text{ in})^2}{8} = 0.9375 \text{ Lb} * \text{in}^2$$

Etapa intermedia

$$v_2 = \frac{\pi(1.25\text{in})^2}{4} * 12\text{in} = 14.7 \text{ in}^3$$

$$m_2 = 0.284 \frac{\text{Lb}}{\text{in}^3} * 14.7 \text{ in}^3 = 4.1748 \text{ Lb}_f$$

$$I_2 = \frac{4.1748 \text{ Lb}_f(1.25 \text{ in})^2}{8} = 0.81 \text{ Lb} * \text{in}^2$$

Inercia del motor

$$H_{pm} = 7.5\text{Hp} \quad n = 1732\text{rpm}$$

$$H_{pm} = \frac{T_{or} * n}{63025} \rightarrow T_{or} = \frac{63025 * 7.5}{1732} = 273\text{Lb}_f * \text{in}$$

$$I_m = \frac{T_{or}}{\alpha} = \frac{273\text{Lb}_f * \text{in}}{964.73 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}} = 0.283 \text{ Lb} * \text{in}^2$$

Inercia total del sistema

$$I_T = I_m + I_1 \left(\frac{n_I}{n_m}\right)^2 + I_2 \left(\frac{n_{II}}{n_m}\right)^2$$

$$I_T = 0.283 + 0.9375 \left(\frac{470}{1732}\right)^2 + 0.81 \left(\frac{800}{1732}\right)^2$$

$$I_T = 0.52 \text{ Lb} * \text{in}^2$$

Torque total

$$T_T = I_T * \alpha \rightarrow T_T = 0.52 \text{ Lb} * \text{in}^2 * 964.73 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

$$T_T = 501.65 \text{ Lb} * \text{in}$$

$$H_2 = \frac{T_T * n}{63025} = \frac{(501.65 \text{ lbin})(470 \text{ rpm})}{63025}$$

$$H_1 = 3.74 \text{ Hp}$$

Potencia del motor

$$H_m = H_1 + H_2$$

$$H_m = 3.23 + 3.74 = 6.97 \text{ Hp}$$

$$H_{mD} = 7.5 \text{ Hp}$$

Se selecciona un motor de 7.5 Hp

4.5.13 Selección de la cadena

$$H_{mD} = 7,5 \text{ Hp}$$

$$n_s = 470 \text{ rpm}$$

Recomendación $Z_1 = \text{impar} = 18 \text{ dientes}$

$$30p \leq C \leq 50p$$

Cadena Número 50, paso 5/8 pulgadas (intermec)

Tabla 7. Interpolación de potencias para cadenas de rodillos

RPM	1600	1732	1800
Numero de dientes del piñón=18	13.9HP	12.448 HP	11.7 HP

Fuente: (intermec, pág. 54)

$$\text{Para rpm} = 1732 \quad H_c = 12.448 \text{ Hp}$$

$$k_1 = 1.06 \text{ para los dientes pre extremos}$$

Tabla 8. Potencia preextremo

Número de dientes en catarina impulsora	Potencia preextremo, K_1	Potencia posextremo, K_2
11	0.62	0.52
12	0.69	0.59
13	0.75	0.67
14	0.81	0.75
15	0.87	0.83
16	0.94	0.91
17	1.00	1.00
18	1.06	1.09
19	1.13	1.18
20	1.19	1.28
N	$(N_1/17)^{1.08}$	$(N_2/17)^{1.3}$

Fuente: (budynas)

$$H_{cc} = k_1 k_2 H_c$$

$$7.5\text{Hp} = (1.06)(1)(12.448\text{Hp})$$

$$7.5\text{Hp} = 13.19 \text{ Hp} \quad \text{Ok. Cumple}$$

Numero de dientes de la corona

$$Z_2 = \frac{n_1 Z_1}{n_2} = \frac{18 * 1732}{800} = 39 \text{ dientes}$$

$$C = 32p = (32) \left(\frac{5}{8} \text{ in} \right) = 20 \text{ in} = 50.8 \text{ Cm}$$

Diámetro cadena

$$D = \frac{\text{Paso}}{\sin\left(\frac{180}{Z_2}\right)} = \frac{\left(\frac{5}{8}\right)}{\sin\left(\frac{180}{39}\right)} = 7.76 \text{ in}$$

Diámetro del piñón

$$d = \frac{\text{Paso}}{\sin\left(\frac{180}{Z_1}\right)} = \frac{\left(\frac{5}{8}\right)}{\sin\left(\frac{180}{18}\right)} = 3.6 \text{ in}$$

Longitud de la cadena

$$\frac{L}{P} = \frac{2C}{P} + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(4\pi^2) \frac{C}{P}}$$

$$\frac{L}{P} = \frac{2(20)}{5/8} + \frac{(18 + 39)}{2} + \frac{(39 - 18)^2}{(4\pi)^2 * \frac{20}{0.625}}$$

$$\frac{L}{P} = 64 + 28.5 + 0.349$$

$$\frac{L}{P} = 92.85 \rightarrow L = 58 \text{ in}$$

$$L = 147.32 \text{ Cm}$$

4.5.14 Estructura

Se explicará brevemente la manera en la cual será construida.

La estructura debe estar constituida con 4 columnas, dispuestas de tal manera que formen entre ellas un rectángulo de 105 cm de largo por 45 cm de ancho, estas columnas tendrán conexión entre ellas mediante vigas, las cuales serán soldadas proporcionando estabilidad y firmeza al estar unidos en conjunto.

Los elementos requeridos para la fabricación de la estructura, serán sometidos a cálculos, para lograr una selección objetiva y estandarizada en criterios de ingeniería, garantizando así el adecuado comportamiento de la estructura, es decir que desempeñe la función de ser una

estructura confiable, que contribuya al seguro y correcto funcionamiento de una máquina evitando fallas estructurales.

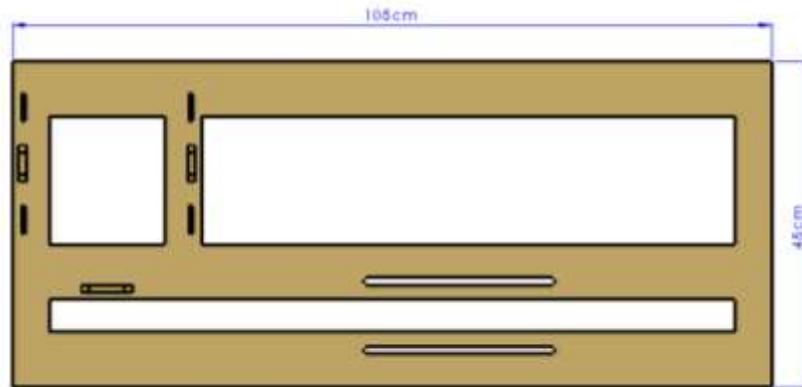


Figura 30. Vista superior estructura

Fuente: Autores del proyecto

La comodidad y bienestar del operario de la máquina afectan directamente el rendimiento de la misma en cuanto a la calidad del producto y el tiempo de operación, por lo cual es indispensable lograr un diseño ergonómico en el cual se brinde la seguridad suficiente y se eviten lesiones o enfermedades ocupacionales para los operarios. Entre las que se encuentran enfermedades de columna vertebral o de los músculos paravertebrales, por inadecuada postura o inadecuado manejo de cargas, trombosis venosa periférica por posturas repetitivas y sostenidas, además de que podría empeorar condiciones preestablecidas del operario.

Selección del factor de seguridad

La resistencia de la estructura se considera la capacidad que tiene dicha estructura para soportar las cargas que genera la máquina sin presentar fallas. Por lo cual se debe definir un factor de seguridad, es decir, la relación existente entre la resistencia del diseño y la resistencia

requerida, para garantizar que la estructura sea capaz de soportar cargas mayores a las cargas reales que serán aplicadas.

Un factor de seguridad correcto se logra interpretando lo que el autor Robert Mott expone en el libro Diseño de Elementos de Máquinas, del cual se deduce que debe tenerse en cuenta los materiales dúctiles y las cargas aplicadas a la estructura, como se muestra en la siguiente imagen. (MORALES GARZÓN, 2016)

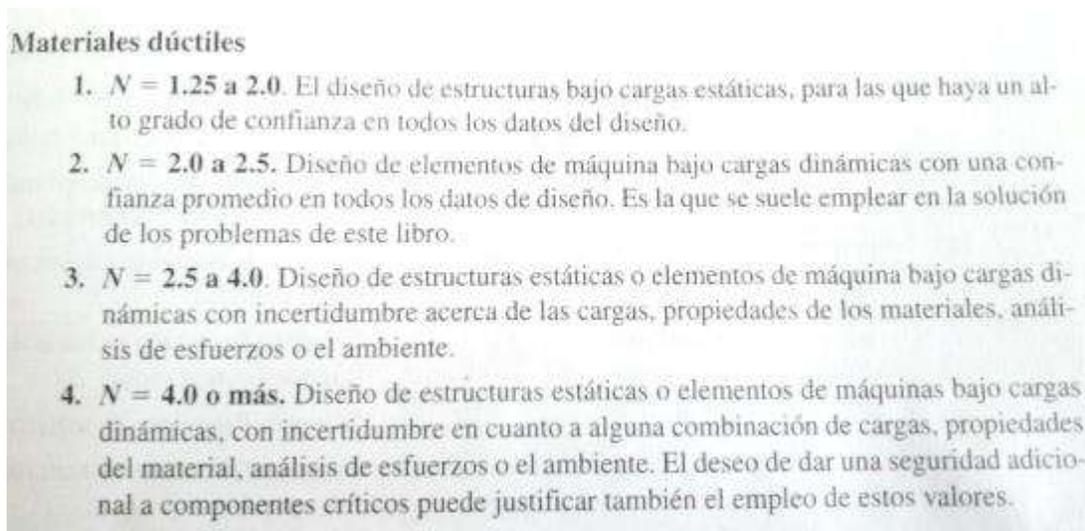


Figura 31. Criterios de selección del factor de seguridad

Fuente: (MORALES GARZÓN, 2016)

De acuerdo con los criterios de selección mostrados en la imagen anterior, se considera óptimo trabajar con un $N=2.0$ sabiendo que la máquina estará en cargas dinámicas leves como vibraciones, para contar con un grado de confianza acorde al diseño que se presenta a continuación, teniendo en cuenta las cargas y condiciones reales a las que está sometida la estructura.

Cálculo y selección de vigas

Para la conexión de las columnas entre sí se necesitan vigas, Para una adecuada selección de los elementos a utilizar en ellas, es necesario analizar y calcular las reacciones que se presentan, ya que estos determinarán los elementos óptimos a utilizar, el material a utilizar en esta estructura es acero A-36, debido a que es el acero estructural más usado en este tipo de estructuras y por sus características es ideal, las propiedades de este material se muestran a continuación.

ASTM A36				
		Estado de Suministro: Laminado Tolerancia: ASTM A8		
		Características Acero estructural de buena soldabilidad, adecuado para la fabricación de vigas soldadas para edificios, estructuras remachadas, y atornilladas, bases de columnas, piezas para puentes y depósitos de combustibles.		
Aplicaciones Construcción de puentes, estanques, estructuras para industrias, edificios, torres y aplicaciones estructurales en general.				
Propiedades Mecánicas				
Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción		Elongación
(Kg / mm ²)	MPa	(Kg / mm ²)	MPa	%
25,5 (mín.)	250 (mín.)	40,8 (mín.)	400 (mín.)	20 (mín.)
Composición Química (Valores típicos)				
% C	% Mn	% Si	% P	% S
≤ 0,26	0,80 - 1,20	≤ 0,40	≤ 0,04	≤ 0,05
Mínimo Radio Interior de Plegado en Frío (**)				
Espesor E (mm.)				
Hasta 20 mm. (incl.)	Sobre 20 mm. hasta 25 mm. (incl.)	Sobre 25 mm. hasta 50 mm. (incl.)		
1,5 X E	1,5 X E	1,5 X E		

Figura 32. Propiedades de ASTM A36

Fuente: (htt2)

De acuerdo a las dimensiones se procede a realizar los cálculos para conocer las reacciones y momentos máximos, por lo que es necesario el diagrama de cuerpo libre con las cargas a las que se verán sometidas las vigas principales, conociendo que las vigas se encuentran soldadas en sus extremos y presentan restricción de los ejes, como se muestra a continuación:



Figura 33. Empotramiento de vigas

Fuente: FERDINAND P. BEER

Para definir las cargas mostradas en el cuadro a continuación se debe tener en cuenta el peso de los componentes es decir (tolva, carcasa superior, carcasa inferior, disco "matriz de peletizado", rodillos, ejes, cadena de rodillos, piñones, rodamientos, motor eléctrico.)

Tabla 9. Descripción de los pesos de la maquina

	descripción	cantidad	magnitud (Kg)
sistema de peletizado	tolva	1	24,23
	rodillos	2	8,24
	eje de rodillos	1	1,27
	carcaza superior	1	7,1
	carcaza inferior	1	10,77
	disco	1	9,26
	eje de transmisión	1	3,5
	rodamientos eje de rodillos	4	0,92
	transmisión	1	30
	rodamientos	2	4,7
	piñón de 39 dientes	1	1,24
	total sistema de peletizado		
sistema de potencia	motor	1	33,4
	cadena	1	2,55
	piñón de 18 dientes	1	0,62
	total sistema de potencia		

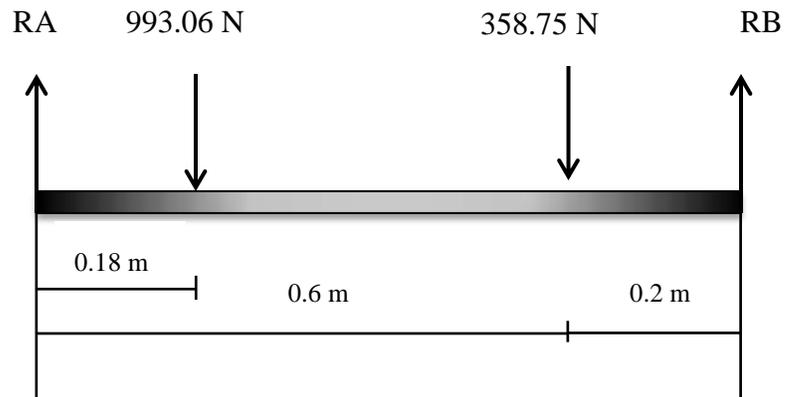
Fuente: Autores del proyecto

Tabla 10. Descripción de las fuerzas aplicadas

fuerza	descripción	masa (Kg)	magnitud (N)	distancia (m)
fuerza 1	sistema de peletizado	101,23	993,0663	0,1837
fuerza 2	sistema de potencia	36,57	358,7517	0,7

Fuente: Autores del proyecto

Diagrama de cuerpo libre viga principal



$$\sum MA = 0$$

$$(R_B * 0.8\text{m}) - (993.06\text{N} * 0.18\text{m}) - (358.75\text{N} * 0.6\text{m}) = 0$$

$$R_B = \frac{395\text{Nm}}{0.8\text{m}} = 493.75\text{N}$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_A + 493.75\text{N} - 993.06\text{N} - 358.75\text{N} = 0$$

$$R_A = 858.06\text{N}$$

Diagrama de esfuerzos y momentos de la estructura.

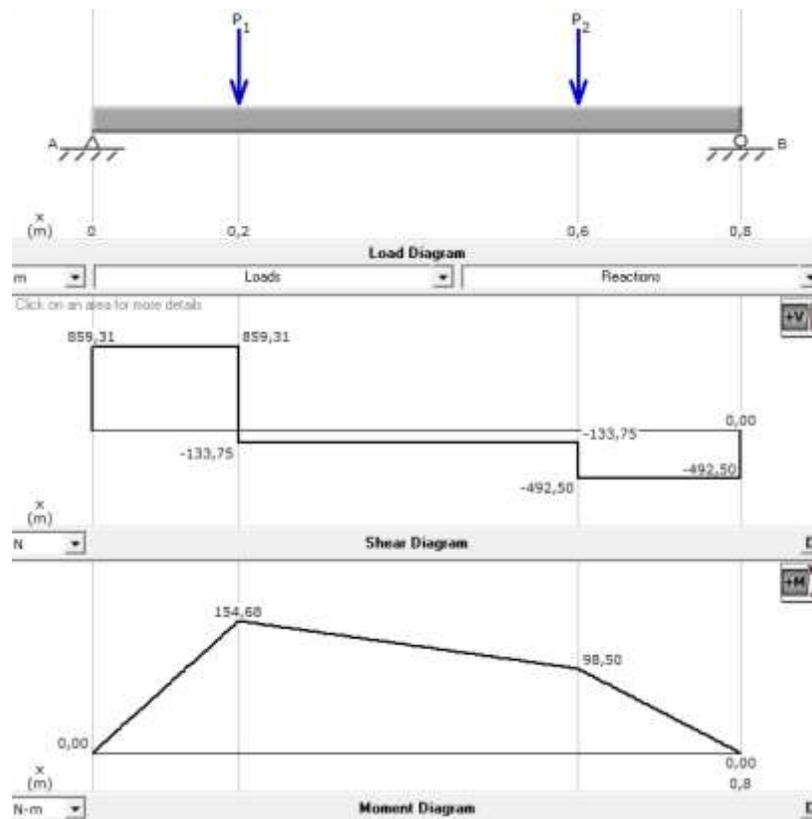


Figura 34. Diagrama de cortante y momento flector

Fuente: Software MD solid

Realizados los cálculos se puede afirmar que:

- ✓ Fuerza máxima 859.31 N
- ✓ Momento Flector Máximo 154.68Nm

Conocidos los esfuerzos cortantes y momentos flectores máximos, se continúa con la metodología que permite seleccionar la viga más adecuada para el tipo de cargas, en este caso se trabajará con perfilaría estructural.

En el momento existe una gran variedad y disponibilidad de perfilaría estructural en el mercado colombiano, debido a que en la actualidad son innumerables las empresas de construcción que se dedican a la fabricación de perfiles, estandarizados y certificados,

permitiendo al comprador una óptima elección, basado en las propiedades mecánicas del material.

Entre los perfiles que se ofertan en el mercado, se encuentran los fabricados de acero, los cuales se prefieren por su facilidad de adquisición y diversidad, sumado a los bajos costos a los que pueden ser adquiridos.

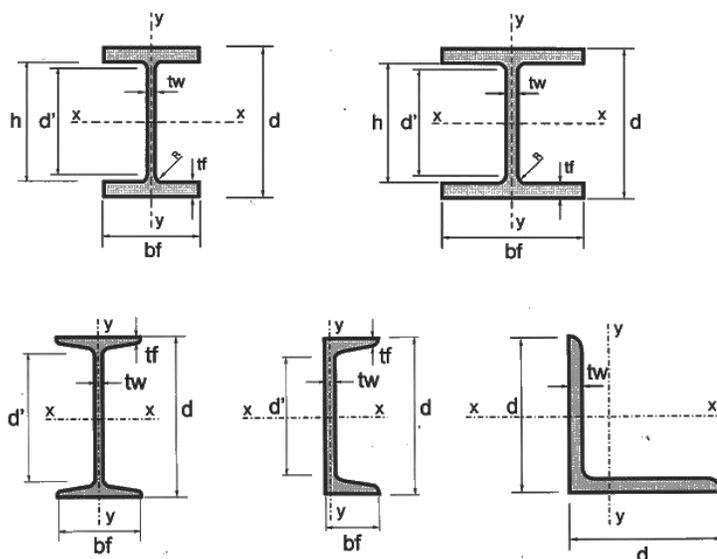


Figura 35. Perfiles estructurales

Fuente: (www1)

La selección del perfil estructural más adecuado, se realiza comprobando que el perfil escogido resista las cargas aplicadas, debido a que este actuará como viga, esta comprobación se realiza teniendo en cuenta factores como material del perfil, propiedades mecánicas, longitud de la pieza, módulo elástico de sección transversal, mediante fórmulas descritas más adelante.

Conociendo que el momento flector máximo es 113.82Nm se tiene

$$S = \frac{M_{\max}}{\sigma \text{ permisible}}$$

Dónde:

S = Módulo elástico de la sección transversal

M max = Momento máximo al que está sometido

σ Permisible = Esfuerzo permisible

En la anterior ecuación solo se conoce un término, M máx y se tienen dos incógnitas, S y σ Permisible, pero se puede obtener el esfuerzo permisible y después reemplazar en la ecuación para despejar S (Módulo elástico de la sección transversal), para conocer el esfuerzo permisible se debe referir a la siguiente ecuación.

$$F.S = \frac{\sigma \text{ Falla}}{\sigma \text{ permisible}}$$

Dónde:

F.S. = Factor de seguridad

σ Falla = Esfuerzo de falla material

σ Permisible = Esfuerzo permisible

Reemplazando F.S. y teniendo en cuenta los criterios de ingeniería, en este caso es 2, sabiendo que hay una gran variedad de perfiles estructurales fabricados en Acero A36, el esfuerzo de falla del material es de 250 Mpa se obtiene lo siguiente:

$$\sigma \text{ permisible} = \frac{250 \text{ Mpa}}{2} = 125 \text{ Mpa}$$

$$S = \frac{154.68 \text{ Nm}}{125000000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 1.2374 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

Para garantizar que el perfil resista las cargas aplicadas y no presente ningún tipo de falla o fatiga, y conocido el módulo de la sección transversal, se procede a elegir del catálogo de

perfiles estructurales, de material Acero A36, en el cual se observe el módulo de la sección transversal y se escoge el que sea superior del valor encontrado en S.

$$1.2374 \times 10^{-6} m^3 = \frac{1000000 cm^3}{1 m^3} = 1.2374 cm^3$$

Tabla 11. Selección de perfilaría

L	DIMENSIONES (mm)				ÁREA cm ²	PESO kg/m	DISTANCIA DE LOS EJES				MOMENTO RESPECTO A LOS EJES								
	a	s	r ₁	r ₂			e	w	v ₁	v ₂	x - x - y - y			E-E		n - n			
											I _x	S _x	R _x	I _E	R _E	I _n	R _n	S _n	
cm	cm	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm					
20x 3	20	3.0	3.5	2.0	1.12	0.88	0.60	1.41	0.85	0.70	0.39	0.28	0.59	0.62	0.74	0.15	0.18	0.37	
25x 3	25	3.0	3.5	2.0	1.42	1.12	0.73	1.77	1.03	0.87	0.79	0.45	0.75	1.27	0.95	0.31	0.30	0.47	
30x 3	30	3.0	5.0	2.5	1.74	1.36	0.84	2.12	1.18	1.04	1.41	0.65	0.90	2.24	1.14	0.57	0.48	0.57	
35x	4	35	4.0	5.0	2.5	2.67	2.10	1.00	2.47	1.41	1.24	2.96	1.18	1.05	4.68	1.33	1.24	0.88	0.68
	6		6.0			3.87	3.04	1.08		1.53	1.27	4.14	1.71	1.04	6.50	1.30	1.77	1.16	0.68
40x	4	40	4.0	6.0	3.0	3.08	2.42	1.12	2.83	1.58	1.40	4.48	1.55	1.21	7.08	1.52	1.86	1.18	0.78
	6		6.0			4.48	3.52	1.20		1.70	1.43	6.33	2.26	1.19	9.98	1.49	2.67	1.57	0.77
50x	4	50	4.0		3.5	3.89	3.06	1.36	3.54	1.92	1.75	8.97	2.46	1.52	14.20	1.91	3.73	1.94	0.98
	5		5.0	7.0		4.80	3.77	1.40		1.98	1.76	11.00	3.05	1.51	17.40	1.90	4.59	2.32	0.98
	7		7.0			6.56	5.15	1.49		2.11	1.78	14.60	4.15	1.49	23.10	1.88	6.02	2.85	0.96
65x	5		4.5		4.5	6.35	4.98	1.75	4.60	2.49	2.28	24.96	5.27	1.98	39.91	2.53	10.00	4.00	1.27
	6	65	6.0	9.0		7.53	5.91	1.80		2.55	2.28	29.20	6.21	1.97	46.30	2.48	12.10	4.74	1.27
	7		7.0			8.70	6.83	1.85		2.62	2.29	33.40	7.18	1.96	53.0	2.47	13.80	5.27	1.26
75x	7	75	7.0		5.0	10.10	7.94	2.09	5.30	2.95	2.63	52.40	9.67	2.28	83.60	2.88	21.10	7.15	1.45
	8		8.0	10.0		11.50	9.03	2.13		3.01	2.65	58.90	11.00	2.26	93.30	2.85	24.40	8.11	1.46
90x 7	90	7.0	11.0	5.5	12.20	9.62	2.45	6.36	3.46	3.17	92.50	14.13	2.75	147.0	3.46	38.00	11.00	1.77	
100x	8		8.0		6.0	15.50	12.20	2.74	7.07	3.87	3.52	145.00	19.90	3.06	230.00	3.85	59.90	15.50	1.96
	1	100	10.0			19.20	15.10	2.82		3.99	3.54	177.00	24.70	3.04	280.00	3.82	73.30	18.40	1.95
	0																		

Fuente: (SABIMET)

Cálculos de las columnas

Se definió un perfil estructural para la viga, por lo cual se procede a analizar, si este perfil seleccionado cumple los requisitos para trabajar como columna.

r = radio de giro del perfil 0.88cm

σ_y = esfuerzo de fluencia 250 MPa

E = modulo de elasticidad del material 200 MPa

L = longitud de la columna 60cm

A = area del perfil 3.87cm²

Conociendo estos parámetros se procede a calcular la longitud efectiva, para este cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$L_e = K * L$$

Dónde:

L_e = longitud efectiva

K = constante que depende del extremo fijo

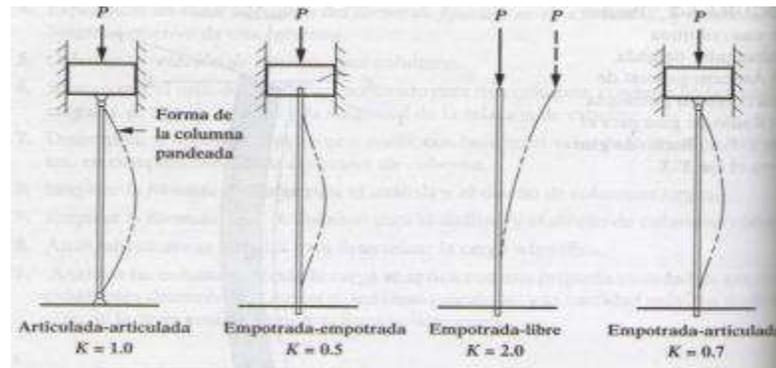


Figura 36. Coeficientes de K

Fuente: (Mott, 2006)

Como la viga está empotrada se toma como referencia $K=0,5$

$$L_e = K * L = 0.5 * 60\text{cm} = 30\text{cm}$$

Relación de esbeltez

$$R_E = \frac{L_e}{r} = \frac{30\text{ cm}}{1.16\text{ cm}} = 25.86$$

Relación de esbeltez de transición

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 * E}{\sigma Y}}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 * 200\text{Mpa}}{250\text{Mpa}}} = 3.97$$

Al comparar en relación de esbeltez de transición (C_c) y al relación de Esbeltez, se deduce que $Re > c_c$, por lo tanto se trata de una columna larga.

A continuación se calcula la carga crítica:

$$P_{CR} = \frac{\pi^2 EA}{\left(\frac{Le}{r}\right)^2}$$

$$P_{CR} = \frac{\pi^2 * 200 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}} * 3.87 \times 10^{-4} \text{m}^2}{\left(\frac{0.3\text{m}}{8.8 \times 10^{-3} \text{m}}\right)^2} = 657.3\text{N}$$

Para comprobar que la columna es resistente, es necesario hallar el peso total o real el cual va a soportar las columnas y se multiplica por la gravedad, dividiéndolo en 4 que es el soporte o marco estructural que contienen 4 columnas.

Tabla 12. Pesos soportados por las columnas

descripción	cantidad	magnitud (Kg)
tolva	1	24,23
rodillos	2	8,24
eje de rodillos	1	1,27
carcaza superior	1	7,1
carcaza inferior	1	10,77
disco	1	9,26
eje de transmisión	1	3,5
rodamientos eje de rodillos	4	0,92
total soporte de columnas		65,29

Fuente: Autores del proyecto

Carga a soportar

$$P = \frac{65.29\text{Kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{4} = 160.12 \text{ N}$$

Del cual concluimos que $P_{CR} > P$, lo que nos indica claramente que el perfil elegido soporta la carga.

4.5.15 Cálculo de soldaduras estructura principal

Para la estructura metálica de la viga principal es necesario soldar algunos perfiles por tanto se debe realizar un análisis para garantizar que estas uniones cumplan los requisitos en el diseño estructural, para estos cálculos se toma como referencia el libro Diseño de Elementos de Máquinas de ROBERT L. MOTT en la página 787.

La geometría de la soldadura se toma a partir del plano en este caso perfil en L donde se determinan los siguientes parámetros.

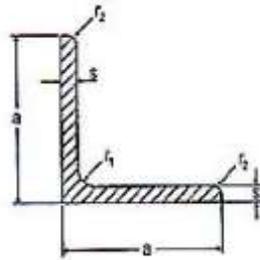


Figura 37. Perfil en L

Fuente: (SABIMET)

Carga a flexión

$$t' = \frac{V}{A}$$

Dónde:

t' = primer momento de área
 V = Esfuerzo cortante
 A = área total de la garganta de soldadura

Luego

$$V = P = 993.0663 \text{ N}$$

$$A = 0.707h(2b + d) \text{ (budynas, pág. 470)}$$

$$h = 0.01\text{m} \text{ Recomendación (budynas, pág. 465)}$$

Se empleara perfil angula de 35mm por 35mm el cual tendrá un corte a 45°, logrando así la medida “b” es igual a 49,5mm

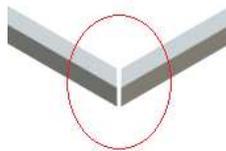


Figura 38. Soldadura

Fuente: Autores del proyecto

$$A = 0.707(0.01\text{m})(2(0.0495\text{m}) + (0.035\text{m}))$$

$$A = 9.4738 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$t' = \frac{993.0663 \text{ N}}{9.4738 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 1.048 \text{ Mpa}$$

Esfuerzo cortante nominal en la garganta.

t'' = segundo momento de area
 M = momento generado
 b = diagonal a 45 °del perfil angular
 d = altura del perfil angular
 h = altura de la garganta del cordón
 $C = (d + h)$ (budynas, pág. 469)

$$t'' = \frac{MC}{I}$$

$$I = 0.707hI_U$$

$$I_U = \frac{d^2}{12}(6b + d)$$

$$I = 0.707h \left[\frac{d^2}{12}(6b + d) \right]$$

$$I = 0.707(0.01\text{m}) \left[\frac{(0.035\text{m})^2}{12} (6(0.0495\text{m}) + (0.035\text{m})) \right]$$

$$I = 2.396 \times 10^{-7} \text{m}^4$$

$$t'' = \frac{178.75 \text{ Nm} * 0.045\text{m}}{2.396 \times 10^{-7} \text{m}^4}$$

$$t'' = 33.57 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Esfuerzo resultante

$$t = \sqrt{(t' + t'')}$$

$$t = \sqrt{(1.048 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} + 33.57 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2})} = 5.88 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Teniendo en cuenta la tabla del sistema de numeración del código de especificaciones de la American Welding Society (AWS) para electrodos. Se debe seleccionar un electrodo con propiedades (esfuerzos) muchos mayores a los obtenidos en el cálculo anterior. En este caso se selecciona el electrodo de la siguiente tabla:

Tabla 13. Selección de electrodo

Type	Size(mm)	Quantity (kg)	Typical mechanical properties of deposited metal					Typical chemical composition of deposited metal							
			Tensile Strength MPa	Yield point δ_0 %	Elongation δ_5 %	AkV (J)	X	C	Mn	S	P	Si	Cr	Ni	
STANDARD			≥ 420	≥ 330	≥ 17	–	–	–	≤ 0.12	0.3_0.6	≤ 0.035	≤ 0.04	≤ 0.35	–	–
E6013	$\Phi 2.5$	2000	450	380	23	75		II	0.082	0.34	0.019	0.018	0.17		
E6013	$\Phi 3.2$	2000	480	390	24	80		II	0.088	0.40	0.02	0.022	0.22		
E6013	$\Phi 4.0$	2000	490	395	25	81		II	0.086	0.45	0.019	0.019	0.21		
E6013	$\Phi 5.0$	2000	490	395	25	83		II	0.088	0.49	0.018	0.019	0.20		

Fuente: (sanchez, 2016, pág. 91)

El electrodo seleccionado es el E6013 con una resistencia a la fluencia de 450 Mpa los cuales soportaran de manera eficiente los $5.88 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$ que tendrá como máximo esfuerzo la estructura.

4.6 Aplicación de la simulación de elementos finitos a los componentes de la peletizadora por medio del software Solidworks.

4.6.1 análisis estático de la estructura.

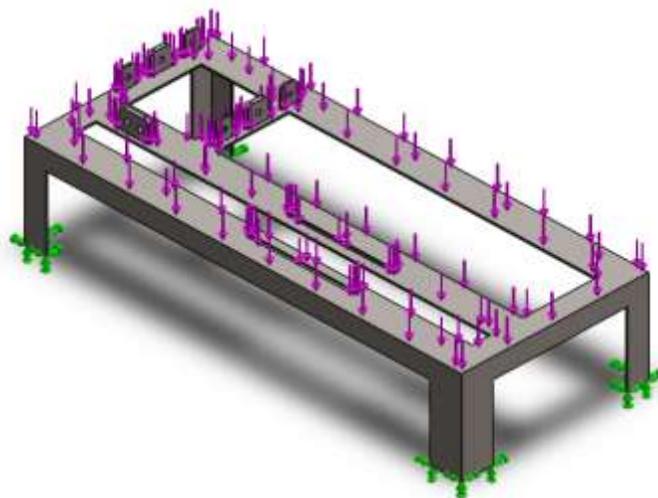
Es importante en todo el diseño, tener como soporte y confirmación los resultados arrojados por un software para analizar las piezas o elementos críticos, en este capítulo se analizarán las deformaciones y reacciones que se generan en la estructura. Las simulaciones se generaron desde el software Solidworks.

La estructura principal de esta máquina está fabricada con un perfil angular de 35 mm por 35 mm, este tipo de perfil es muy comercial y de buena robustez lo cual garantizar que la estructura resistirá las cargas a las que esta sometidas.

El material de la estructura es acero AISI A-36 el cual es un material bastante comercial y común en la fabricación de estructuras de acero.

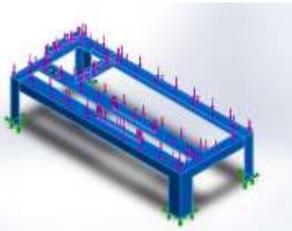
Para el análisis de la estructura se tomó en cuenta las fuerzas que actúan sobre la viga de la estructura principal como se muestra en la siguiente imagen.

Información de modelo

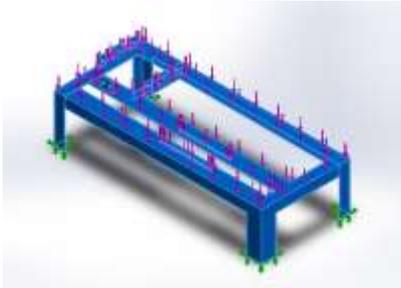


Nombre del modelo: estructura

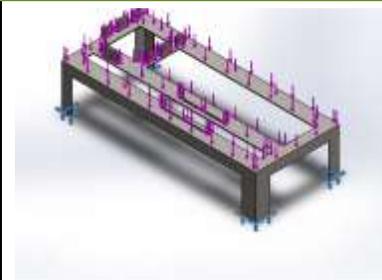
Sólidos

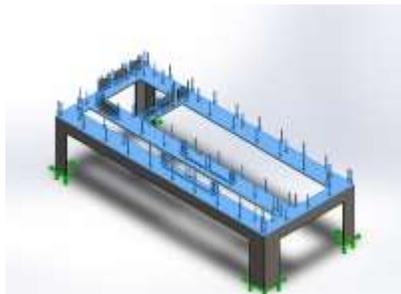
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<p>Redondeo5</p> 	Sólido	<p>Masa:19.0818 kg</p> <p>Volumen:0.0024308 m³</p> <p>Densidad:7850 kg/m³</p> <p>Peso:187.002 N</p>	<p>C:\Users\Breiner\Pictures\partes maquina\soporte mesa.SLDPRT</p> <p>Feb 07 10:59:47 2018</p>

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: ASTM A36 Acero</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 2.5e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4e+008 N/m²</p>

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 4 cara(s)</p> <p>Tipo: Geometría fija</p>

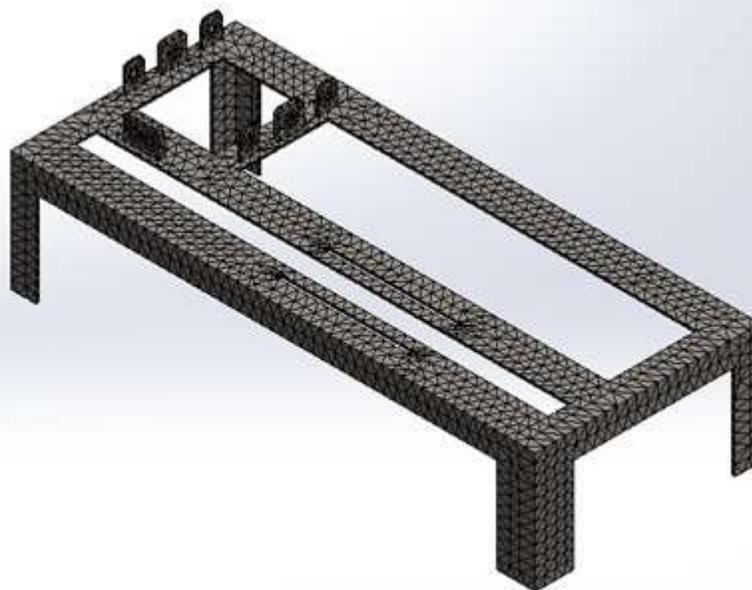
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Tipo: Aplicar fuerza normal</p> <p>Valor: 1351.82 N</p>

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	2.05745 cm
Tolerancia	0.102872 cm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

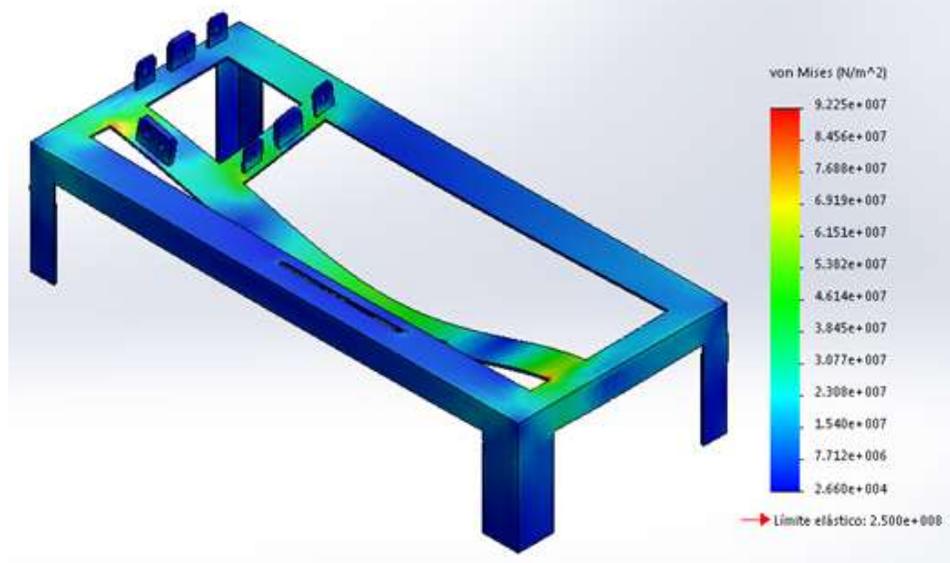
Información de malla – Detalles

Número total de nodos	17611
Número total de elementos	7943
Cociente máximo de aspect	18.684
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	14.1
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.39
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:07
Nombre de computadora:	BREINER-PC



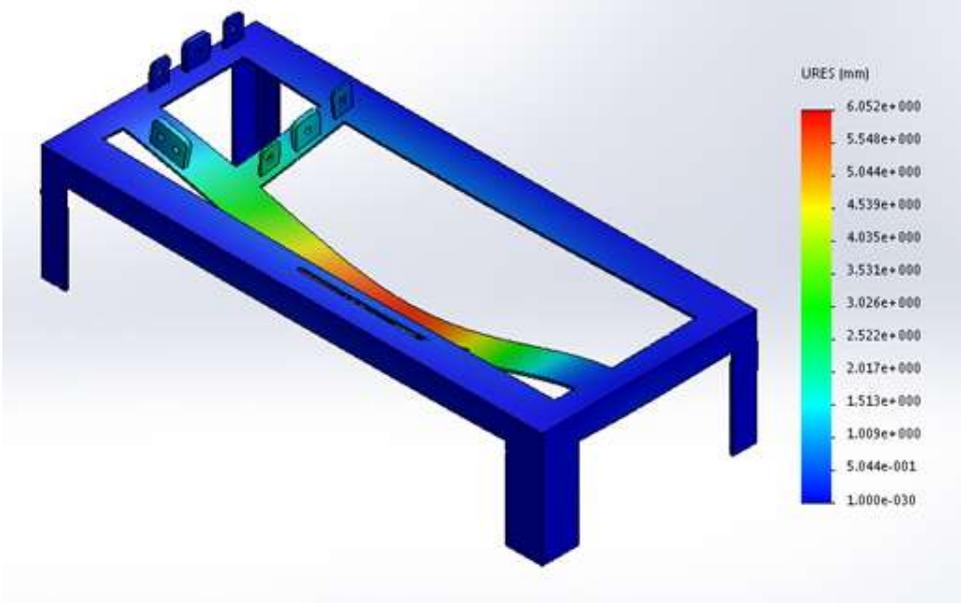
Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Stress	VON: Tensión de von Mises	26601.5 N/m ² Nodo: 3667	9.22478e+007 N/m ² Nodo: 9549



soporte mesa-SimulationXpress Study-Tensiones-Stress

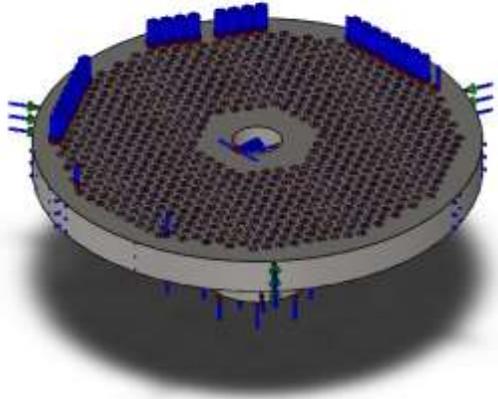
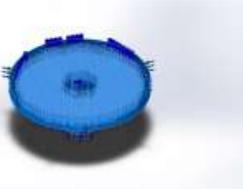
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Displacement	URES: Desplazamientos resultantes	0 mm Nodo: 1453	6.05236 mm Nodo: 15982



soporte mesa-SimulationXpress Study-Desplazamientos-Displacement

4.6.2 Análisis térmico del disco

Información de modelo

			
Nombre del modelo: disco			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Saliente-Extruir2 	Sólido	Masa:11.3772 kg Volumen:0.00142215 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:111.497 N	C:\Users\Breiner\Pictures\partes maquina\disco 3mm nuevo.SLDPRT Feb 7 12:34:58 2018

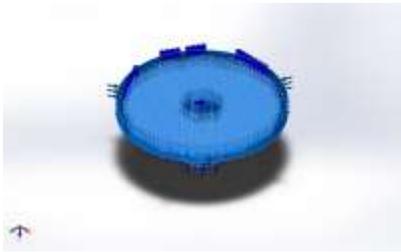
Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Térmico 3
Tipo de análisis	Térmico(Estado estable)
Tipo de malla	Malla sólida
Tipo de solver	FFEPlus
Tipo de solución	Estado estable
¿Se definió la resistencia de contacto?	No
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Breiner\Pictures\partes maquina)

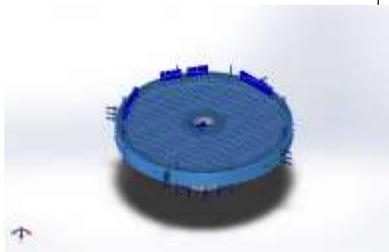
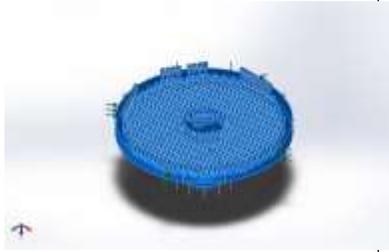
Unidades

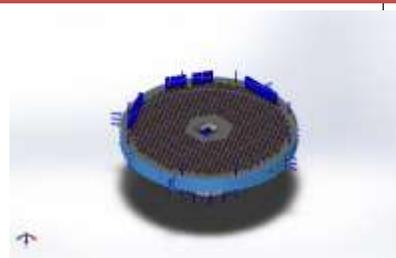
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 304 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Conductividad térmica: 16 W/(m.K) Calor específico: 500 J/(kg.K) Densidad: 8000 kg/m³</p>	Sólido 1(Saliente-Extruir2)(disco)
Datos de curva:N/A		

Cargas térmicas

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Potencia calorífica-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Energía térmica: 9.5 W Valor:</p>
Temperatura-1		<p>Entidades: 705 cara(s) Temperatura: 80 Celsius</p>

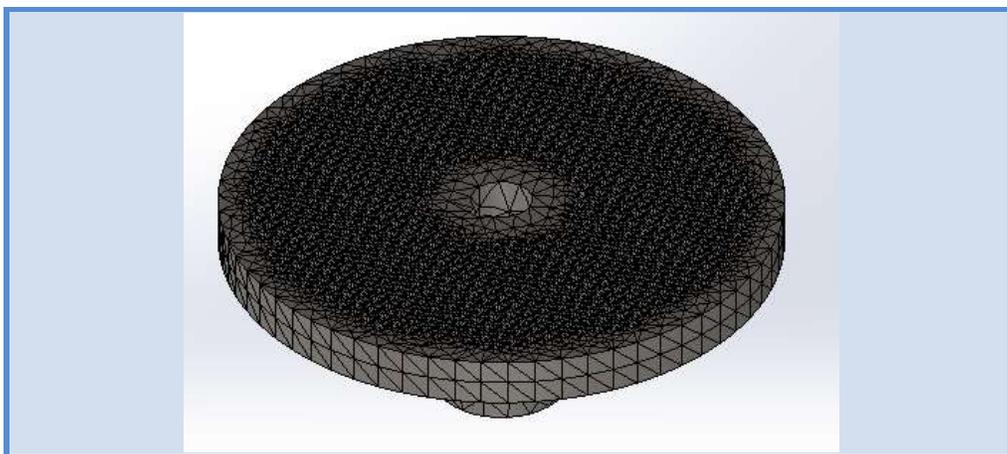
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Convección-1		Entidades: 1 cara(s) Coeficiente de convección: 6.5 W/(m ² .K) Variación de tiempo: Desactivar Variación de temperatura: Desactivar Temperatura ambiente: 295 Kelvin Variación de tiempo: Desactivar

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	1.38223 cm
Tolerancia	0.0691114 cm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla – Detalles

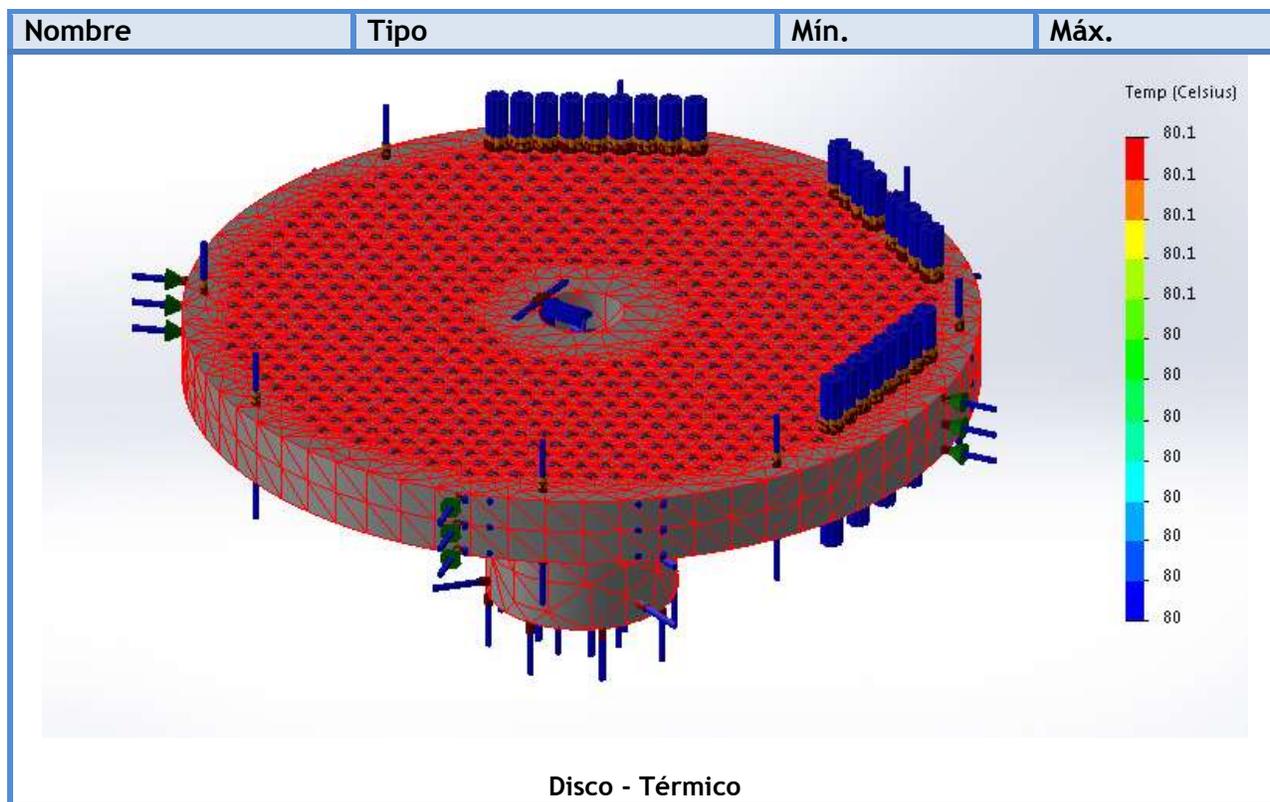
Número total de nodos	141795
Número total de elementos	71170
Cociente máximo de aspecto	15.118
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	42.6
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.933
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:02:25
Nombre de computadora:	BREINER-PC



Resultados del estudio

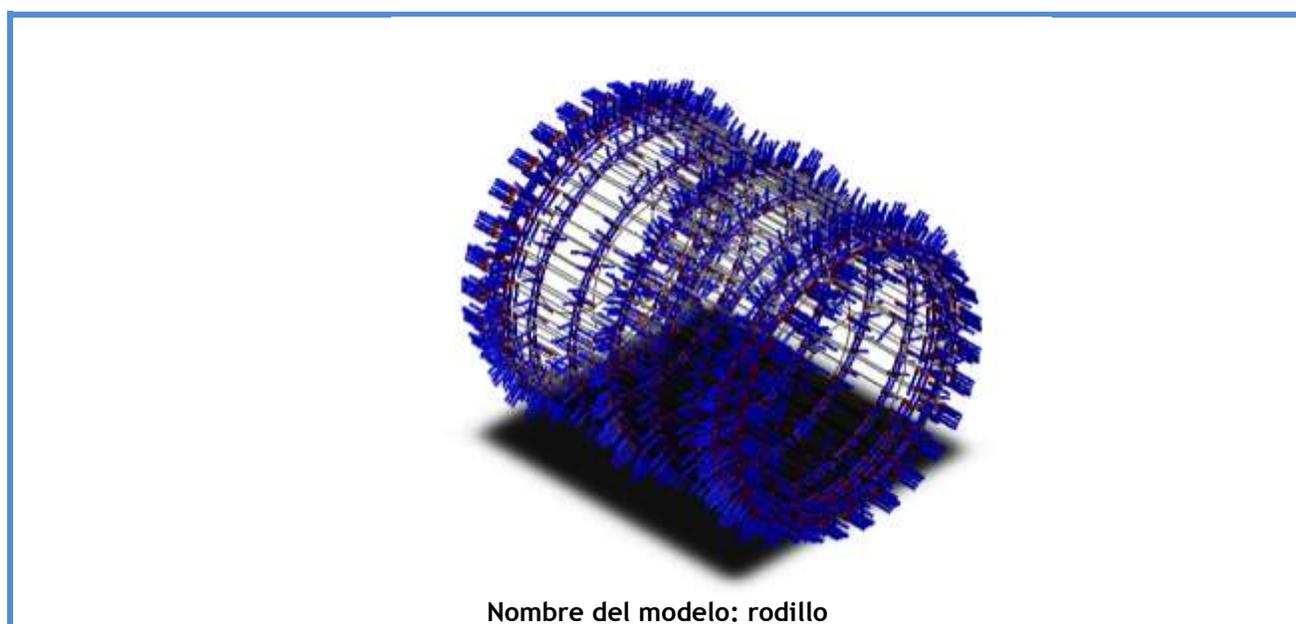
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Térmico1	TEMP: Temperatura	80 Celsius Nodo: 1	80 Celsius Nodo: 1

A 3D color-coded model of the same circular object, showing the results of a thermal analysis. The entire surface of the object is colored red, indicating a uniform temperature of 80 Celsius. To the right of the model is a vertical color scale legend labeled "Temp (Celsius)". The legend shows a gradient from blue at the bottom (00) to red at the top (80.1), with intermediate values of 00.1, 00, and 00.1.



4.6.3 análisis térmico del rodillo

Información de modelo



Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Simetría1 	Sólido	Masa:3.87542 kg Volumen:0.000482798 m ³ Densidad:8027 kg/m ³ Peso:37.9791 N	C:\Users\Breiner\Pictures\partes maquina\rodillo mecanizado.SLDPRT Jan 30 09:20:15 2018

Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Térmico 1
Tipo de análisis	Térmico(Estado estable)
Tipo de malla	Malla sólida
Tipo de solver	FFEPlus
Tipo de solución	Estado estable
¿Se definió la resistencia de contacto?	No
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Breiner\Pictures\partes maquina)

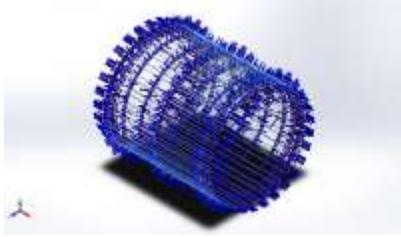
Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: AISI 316L Acero inoxidable Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Conductividad térmica: 14.6 W/(m.K) Calor específico: 450 J/(kg.K) Densidad: 8027 kg/m ³	Sólido 1(Simetría1)(rodillo mecanizado) Mises
Datos de curva:N/A		

Cargas térmicas

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Potencia calorífica-1		Entidades: 1 arista(s), 27 cara(s) Energía térmica Valor: 9.5 W
Temperatura -1		Entidades: 115 cara(s) Temperatura: 82 Celsius
Flujo de calor-1		Entidades: 27 cara(s) Flujo de calor Valor: 25 W/m ²

Información de malla

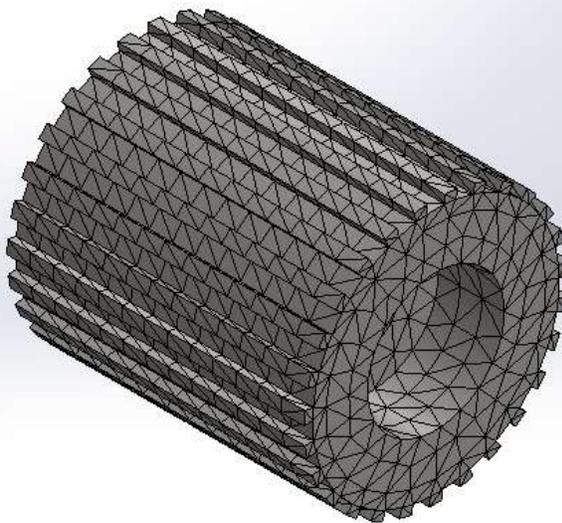
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar

Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	7.84692 mm
Tolerancia	0.392346 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

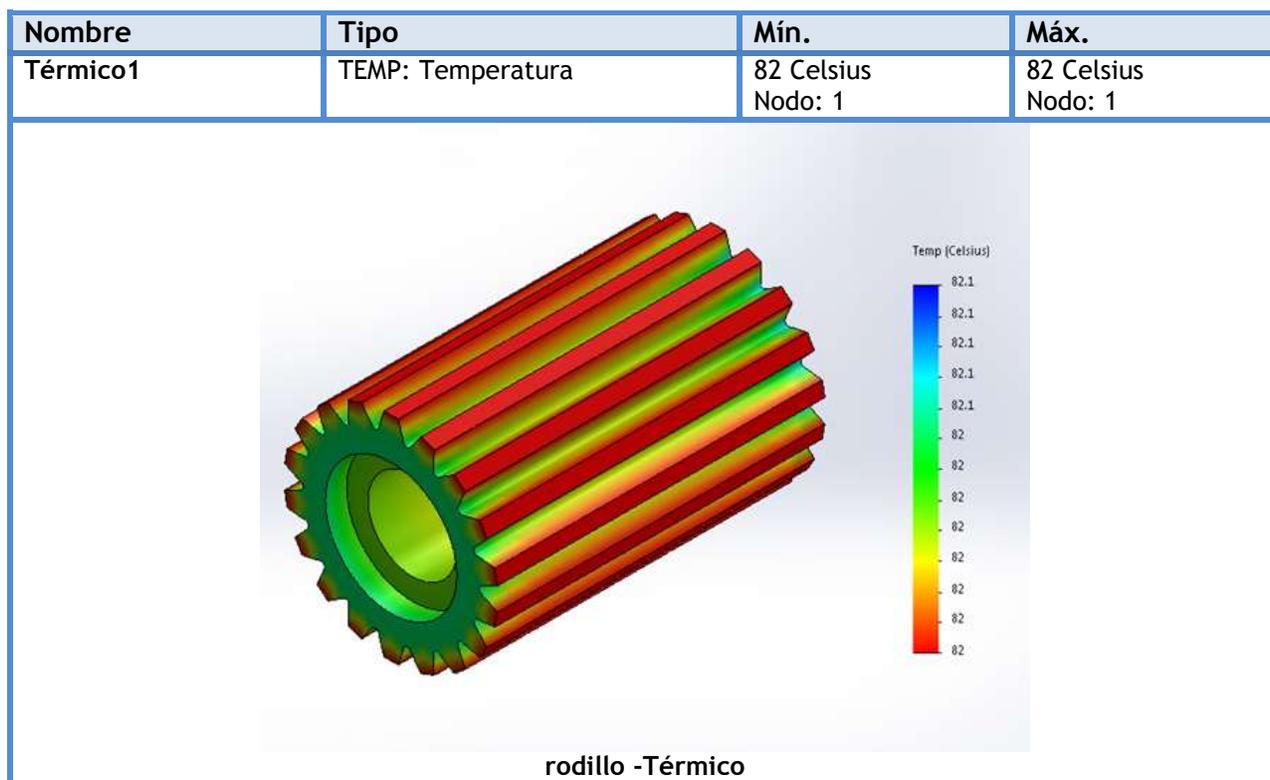
Información de malla – Detalles

Número total de nodos	21413
Número total de elementos	13200
Cociente máximo de aspecto	6.6785
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	90.6
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:04
Nombre de computadora:	BREINER-PC

Nombre del modelo: rodillo mecanizado
Nombre de estudio: Térmico 1-[Predeterminado]
Tipo de malla: Malla sólida



Resultados del estudio



4.7 Evaluación de la factibilidad económica para la construcción del prototipo, con la finalidad de obtener recursos institucionales.

En el marco de la realización de un proyecto, la evaluación financiera adquiere vital importancia ya que es la encargada de reflejar en términos de rentabilidad la viabilidad, y conveniencia de la realización del mismo.

La universidad cubrió el 82% de la totalidad del proyecto, y el 18% restante estuvo a cargo de los autores del proyecto, dichos porcentajes se relacionan detalladamente en la siguiente tabla.

Tabla 14. Presupuesto del proyecto por parte de la universidad

Aporte económico de la universidad francisco de paula Santander Ocaña			
cantidad	concepto	valor unitario	valor total
1	transmisión	\$ 100.000	\$ 100.000
1	disco A-36 DE 1/4" por 32cm de diámetro	\$ 17.500	\$ 17.500
2	lamina A-36 de 3/16" 20cm x 94,2cm	\$ 22.000	\$ 44.000
2	rodamiento 62/32	\$ 34.000	\$ 68.000
4	ángulo 2"x3/16"	\$ 11.000	\$ 44.000
1	tornillos	\$ 11.000	\$ 11.000
3	terpel sae 140	\$ 11.000	\$ 33.000
1	retenedor	\$ 14.000	\$ 14.000
1	disco A36 Diámetro 31cm x 1"	\$ 70.000	\$ 70.000
1	disco A36 Diámetro 31cmX1/16"	\$ 11.000	\$ 11.000
2	brocas de 6mm	\$ 3.500	\$ 7.000
1	tornillos	\$ 2.000	\$ 2.000
1	eje de acero calibrado de 1 1/4"	\$ 21.000	\$ 21.000
1	3 metros de ángulo 1 1/2 in X 3/16 in	\$ 25.500	\$ 25.500
4	rodamientos 6305 NTN	\$ 11.500	\$ 46.000
1	platina	\$ 5.000	\$ 5.000
1	buje de cobre de 1 1/4"	\$ 7.800	\$ 7.800
1	tornillos	\$ 2.200	\$ 2.200
1	lámina galvanizada 32x32	\$ 3.500	\$ 3.500
1	eje calibrado 1,5" x 28 cm rodillos	\$ 20.000	\$ 20.000
4	llantas	\$ 17.000	\$ 68.000
1	Canal	\$ 12.000	\$ 12.000
1	disco de corte	\$ 6.500	\$ 6.500
1	barrilla para las ruedas	\$ 7.600	\$ 7.600
1	ángulo 2"x3/16" 1 metros	\$ 11.000	\$ 11.000
1	ángulo 1 1/2" x 3/16" x 1.24m	\$ 10.000	\$ 10.000
1	transporte	\$ 15.000	\$ 15.000
1	tolva y disco	\$ 28.000	\$ 28.000
2	ganchos para la tolva	\$ 15.000	\$ 30.000
1	motor eléctrico 7.5 HP	\$ 1.800.000	\$ 1.800.000
2	proceso de manufactura CNC "rodillos"	\$ 320.000	\$ 640.000
1	proceso de manufactura CNC "disco"	\$ 640.000	\$ 640.000
total			\$ 3.820.600

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 15. Aporte económico autores del proyecto

aporte económico de los autores del proyecto			
cantidad	concepto	valor unitario	valor total
1	stiker	\$ 14.000	\$ 14.000
1	pinturas	\$ 40.000	\$ 40.000
3,05	cadena link belt 50-1 RIV	\$ 27.000	\$ 82.350
1	PIÑON 50 B-39	\$ 44.550	\$ 44.550
1	PIÑON 50 B-18	\$ 13.600	\$ 13.600
1	papel para empaque	\$ 4.000	\$ 4.000
1	ángulos para estructura	\$ 74.000	\$ 74.000
1	costo de manufactura	\$ 400.000	\$ 400.000
1	polímero para el forro de la estructura	\$ 50.000	\$ 50.000
1	transporte	\$ 15.000	\$ 15.000
2	masa para rodillos	\$ 50.000	\$ 100.000
total			\$ 837.500

Fuente: Autores del proyecto

Teniendo así un costo total el proyecto de **\$ 4.658.100**

Estimar la tasa interna de retorno (TIR), la tasa de recuperación contable (TRC), el periodo de la inversión (PRI) y la relación costo beneficio.

Para lograr estimar el TIR, debemos realizar un flujo de caja que contenga los ingresos y egresos que se tendrán en el proyecto con la inversión inicial como con las ganancias de su implementación.

TIR: También conocida como Tasa Interna de Retorno o de Rentabilidad es un método con el cual se realiza una valoración a las inversiones con el objetivo de medir la rentabilidad de un proyecto de inversión.

Primero se debe calcular los ingresos que se tendrán por la producción de los bultos de concentrado, para lo que se procede a hacer una estimación del costo por bulto en el mercado local, Sumado a esto se debe tener en cuenta también las horas de trabajo del operario.

Sabiendo que la universidad compra el bulto de 40 kg en \$45.000 y que además tiene una demanda de 70 bultos por mes en promedio, se procede a calcular el valor en pesos de lo invertido en la compra de concentrado a terceros.

costo de concentrado por mes = precio por bulto * cantidad de bultos

$$\text{costo de concentrado por mes} = \$45.000 * 70 = \$3.150.000$$

Salario base por día de trabajo es de \$35.000 así podemos calcular los gastos por mano de obra.

Calculo de la producción por hora

El disco o matriz de peletizado consta de 700 perforaciones de un diámetro de 6 mm cada una y una longitud de 25,4mm. Por lo cual se procede a calcular la producción por hora de la máquina.

$$V = \pi r^2 L$$

$$V = \pi(3\text{mm})^2(25,4\text{mm}) = 718.168 \text{ mm}^3$$

$$V_t = V * 700$$

$$V_t = 718.168 \text{ mm}^3 * 700 = 502717.65 \text{ mm}^3 \left(\frac{1 \times 10^{-9} \text{ m}^3}{1 \text{ mm}^3} \right) = 5.027 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V_t} \quad \therefore \quad m = \rho * V_t$$

$$m = 547 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 5.027 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 0.275 \text{ kg}$$

El tiempo del pellets en la matriz es de 20 segundos luego por minuto se están produciendo

$$m_{1\text{min}} = 3 * 0.275 \text{ kg} = 0.825 \frac{\text{kg}}{\text{min}}$$

Y la producción por hora está dada por la ecuación.

$$\text{produccion} = 0.825 \text{ kg} * 60 = 49.5 \approx 50 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Equivalentes a 1.25 bultos de 40kg de concentrado procesado, por lo cual operando la maquina 6 horas diarias por periodos de 3 horas continuas y descansando 60 minutos, se tiene.

$$\text{produccion dia} = 50 \text{ kg} * 6 = 300 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}$$

Equivalente a 7.5 bultos de concentrado procesado de 40 kg.

Para el análisis financiero se estima una producción semanal de 900 kg operando la maquina 3 veces por semana, y deduciendo así un estimado en pesos del valor de la producción mensual.

Tabla 16. Estimación de producción

	producción día (kg/día)	producción semana (kg/sem)	producción mensual kg/mes
	300	900	3600
valor en pesos (\$45.000 por bulto de 40 kg)	\$ 337.500	\$ 1.012.500	\$ 4.050.000

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 17. Flujo de caja total del proyecto.

flujo total					
descripción	0	1	2	3	4
inversión	-\$ 4.658.100				
mano de obra		-\$ 420.000	-\$ 420.000	-\$ 420.000	-\$ 420.000
producción		\$ 4.050.000	\$ 4.050.000	\$ 4.050.000	\$ 4.140.000
materia prima		-\$ 1.750.000	-\$ 1.750.000	-\$ 1.750.000	-\$ 1.820.000
mantenimiento		-\$ 30.000	-\$ 50.000	-\$ 50.000	-\$ 30.000
flujo neto	-\$ 4.658.100	\$ 1.850.000	\$ 1.830.000	\$ 1.830.000	\$ 1.870.000
total ganancias	-\$ 4.658.100	-\$ 2.808.100	-\$ 978.100	\$ 851.900	\$ 2.721.900

Fuente: Autores del proyecto

Para hacer el TIR, primero debemos calcular el VPN así:

$$VPN = -4.658.100 + \frac{1.850.000}{1+i} + \frac{1.830.000}{(1+i)^2} + \frac{1.830.000}{(1+i)^3} + \frac{1.870.000}{(1+i)^4}$$

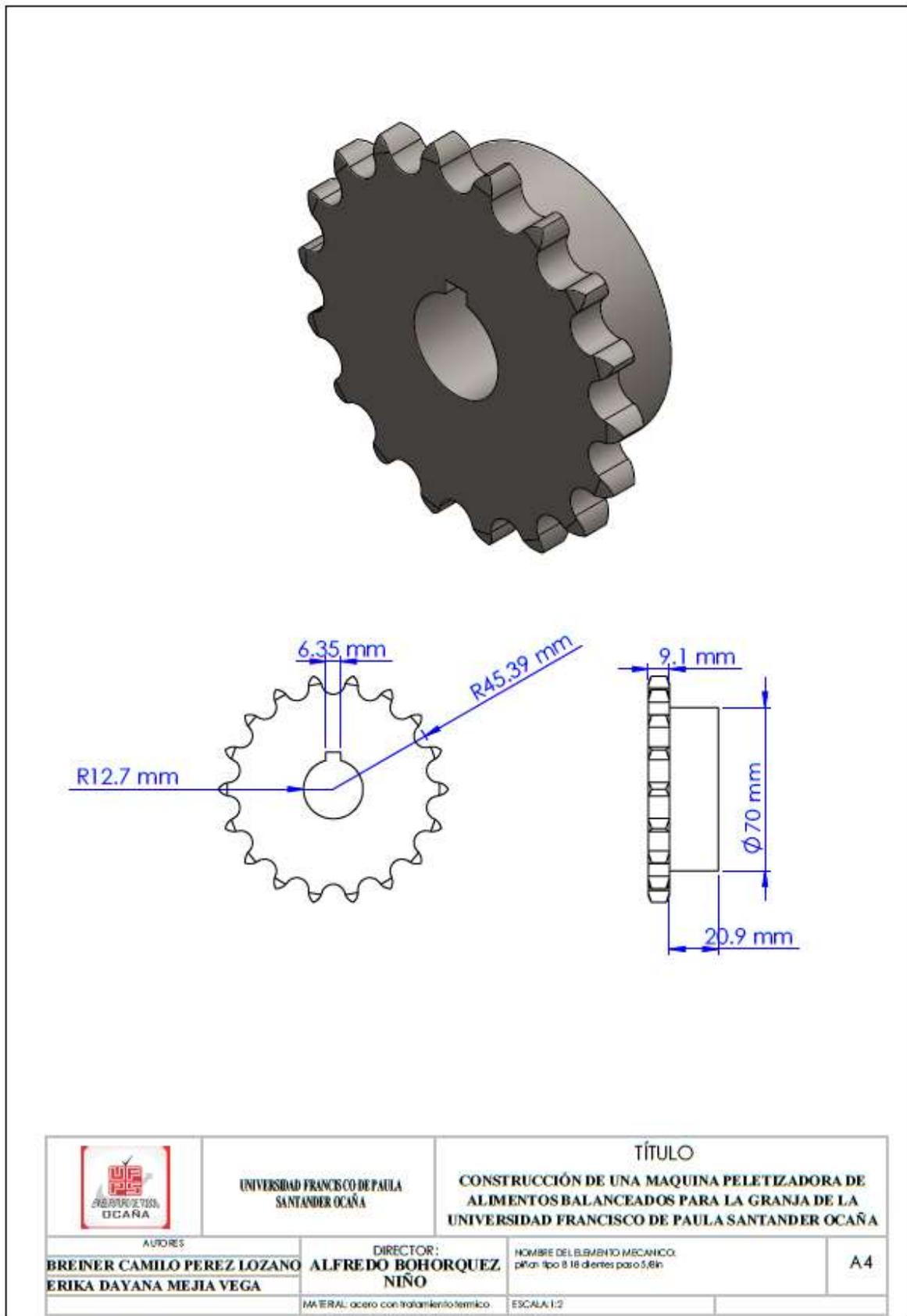
Haciendo $VPN = 0$ y despejando obtenemos el TIR

$$0 = -4.658.100 + \frac{1.850.000}{1+i} + \frac{1.830.000}{(1+i)^2} + \frac{1.830.000}{(1+i)^3} + \frac{1.870.000}{(1+i)^4}$$

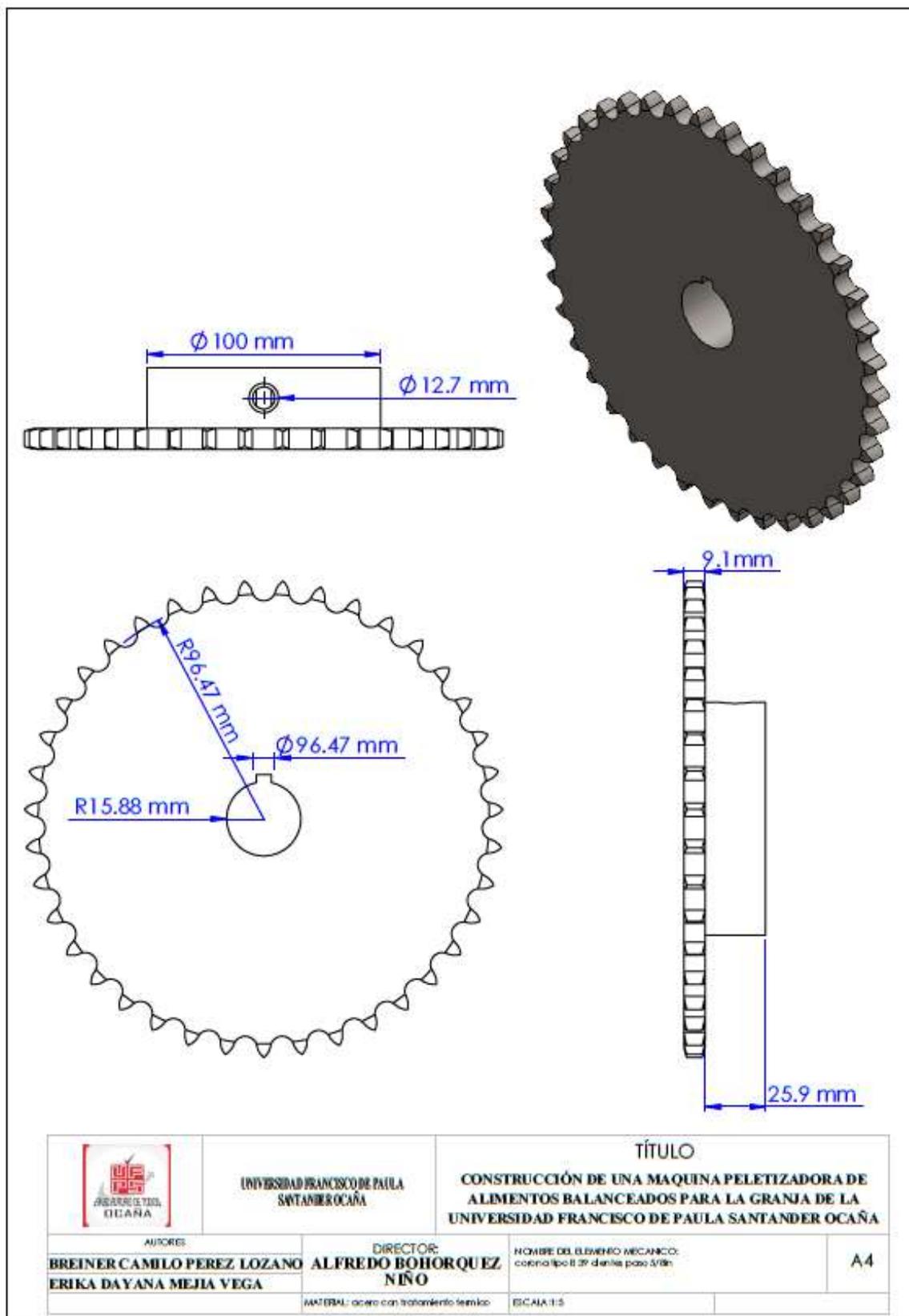
$$i = 0.21$$

Esto convertido a porcentaje es más del 21% de recuperación de la inversión en el plazo de 4 meses, por lo que el proyecto es completamente rentable.

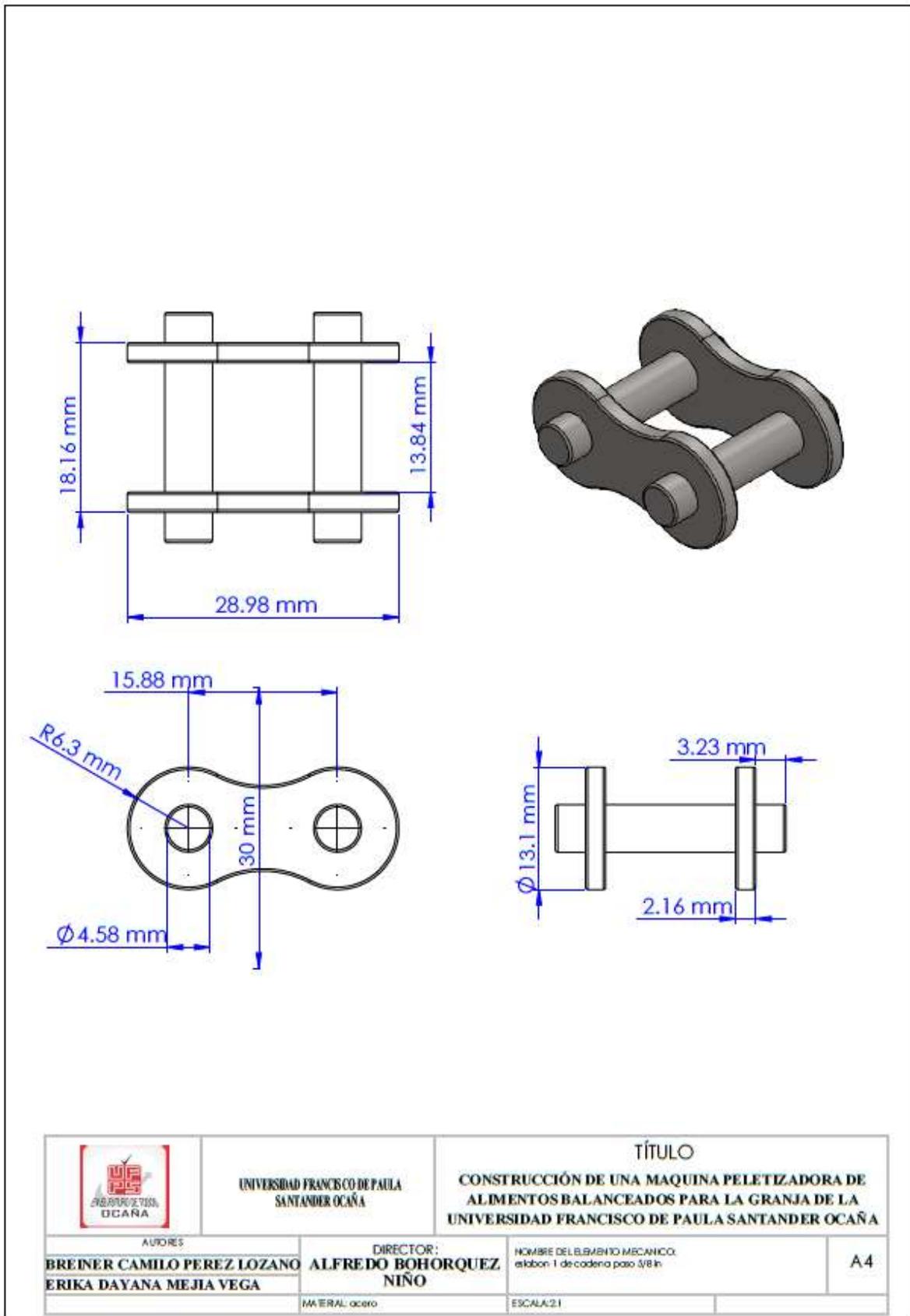
4.8 Ensamblaje de los distintos subsistemas, definición de sus posiciones relativas, modos de fijación.



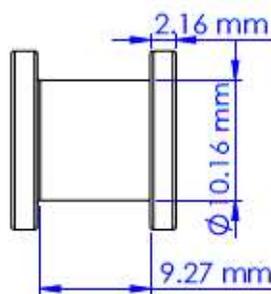
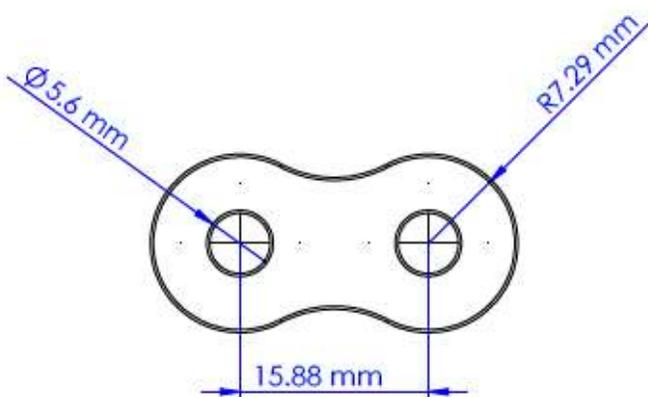
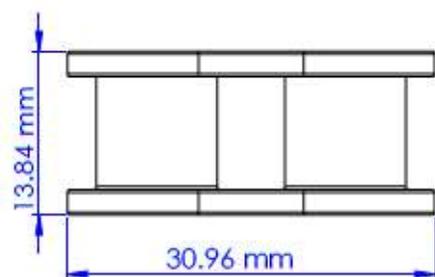
	<p>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</p>	<p>TÍTULO CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</p>		
<p>AUTORES BREINER CAMILO PEREZ LOZANO ERIKA DAYANA MEJIA VEGA</p>		<p>DIRECTOR: ALFREDO BOHORQUEZ NIÑO</p>	<p>HOMBRE DEL ELEMENTO MECANICO: piñon tipo B 18 dientes paso 5,8h</p>	<p>A4</p>
<p>MATERIAL: acero con tratamiento termico.</p>		<p>ESCALA: 1:2</p>		



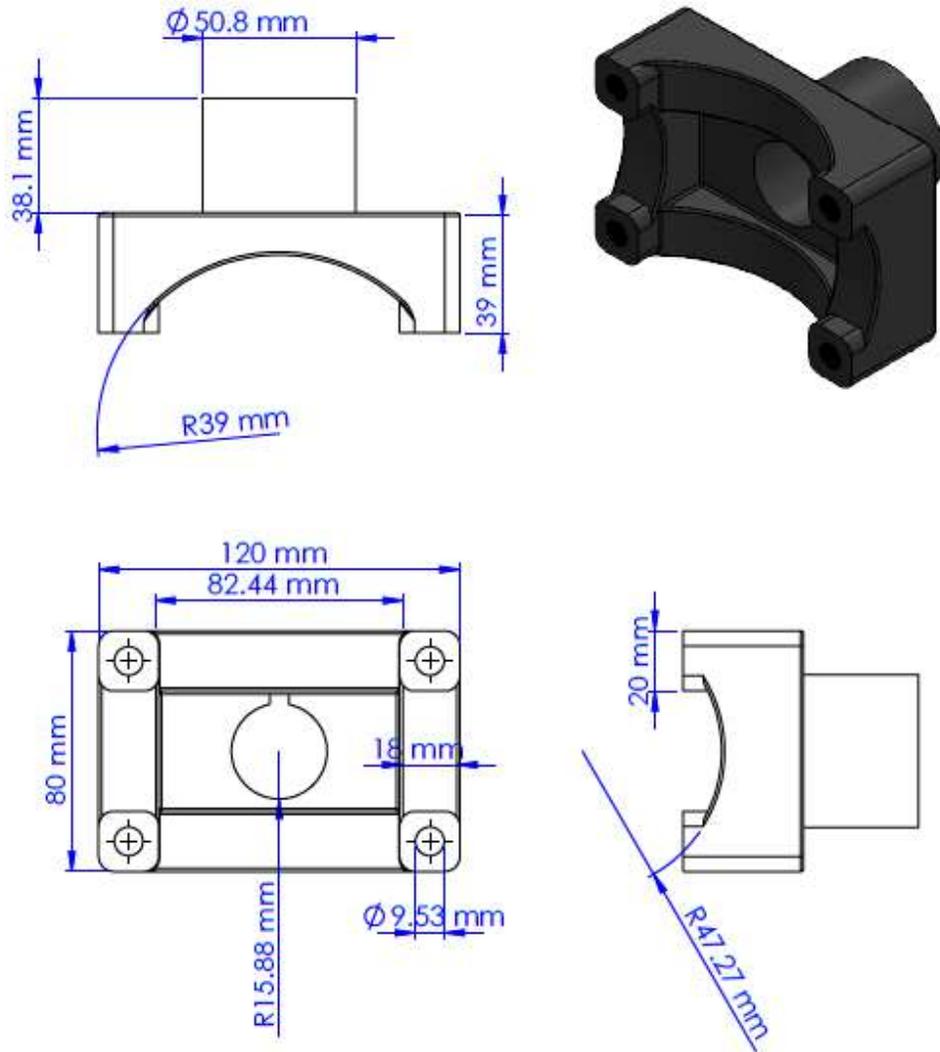
		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		TÍTULO CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	
AUTORES: BREINER CAMILO PEREZ LOZANO ERIKA DAYANA MEJIA VEGA		DIRECTOR: ALFREDO BOHORQUEZ NIÑO		NOMBRE DEL ELEMENTO MECANICO: corona tipo II 37 d en la paso 5/16	
		MATERIAL: acero con tratamiento termico		ESCALA: 1:5	
				A4	



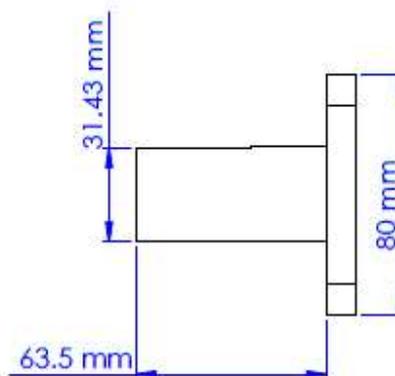
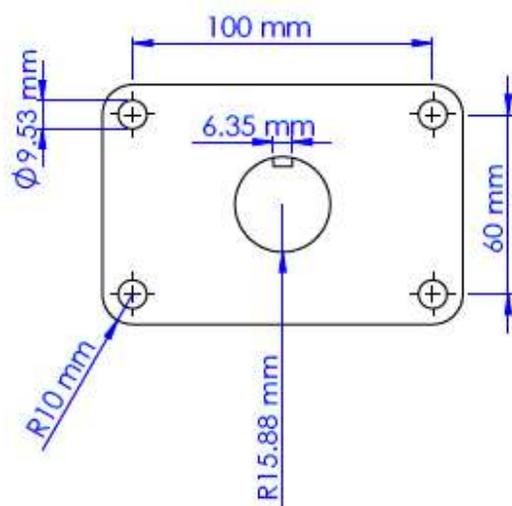
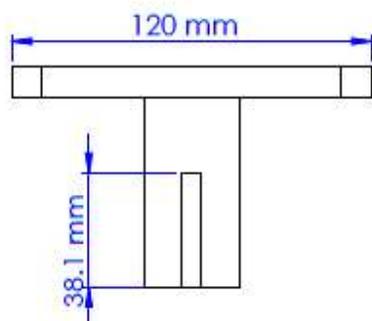
	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	TÍTULO CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	
		AUTORES BRENER CAMILO PEREZ LOZANO ERIKA DAYANA MEJIA VEGA	DIRECTOR: ALFREDO BOHORQUEZ NIÑO
MATERIAL: acero		ESCALA: 2:1	



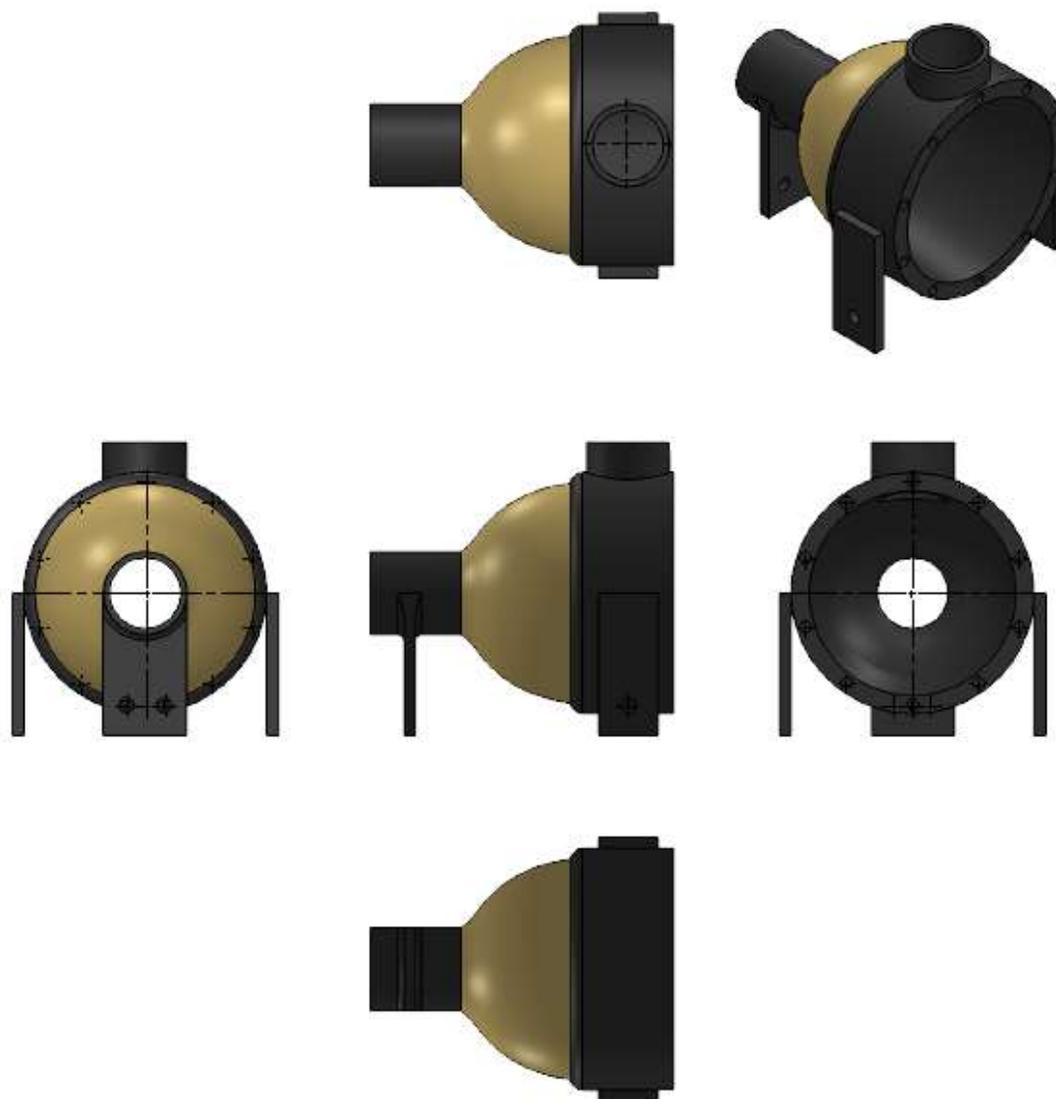
	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		TÍTULO CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	
	AUTORES BREINER CAMILO PEREZ LOZANO ERIKA DAYANA MEJIA VEGA		DIRECTOR: ALFREDO BOHORQUEZ NIÑO	NOMBRE DEL SUBMÓDULO MECÁNICO: eslabon 2 decadenapaso 3/8 n
MATERIAL: acero			ESCALA: 2:1	



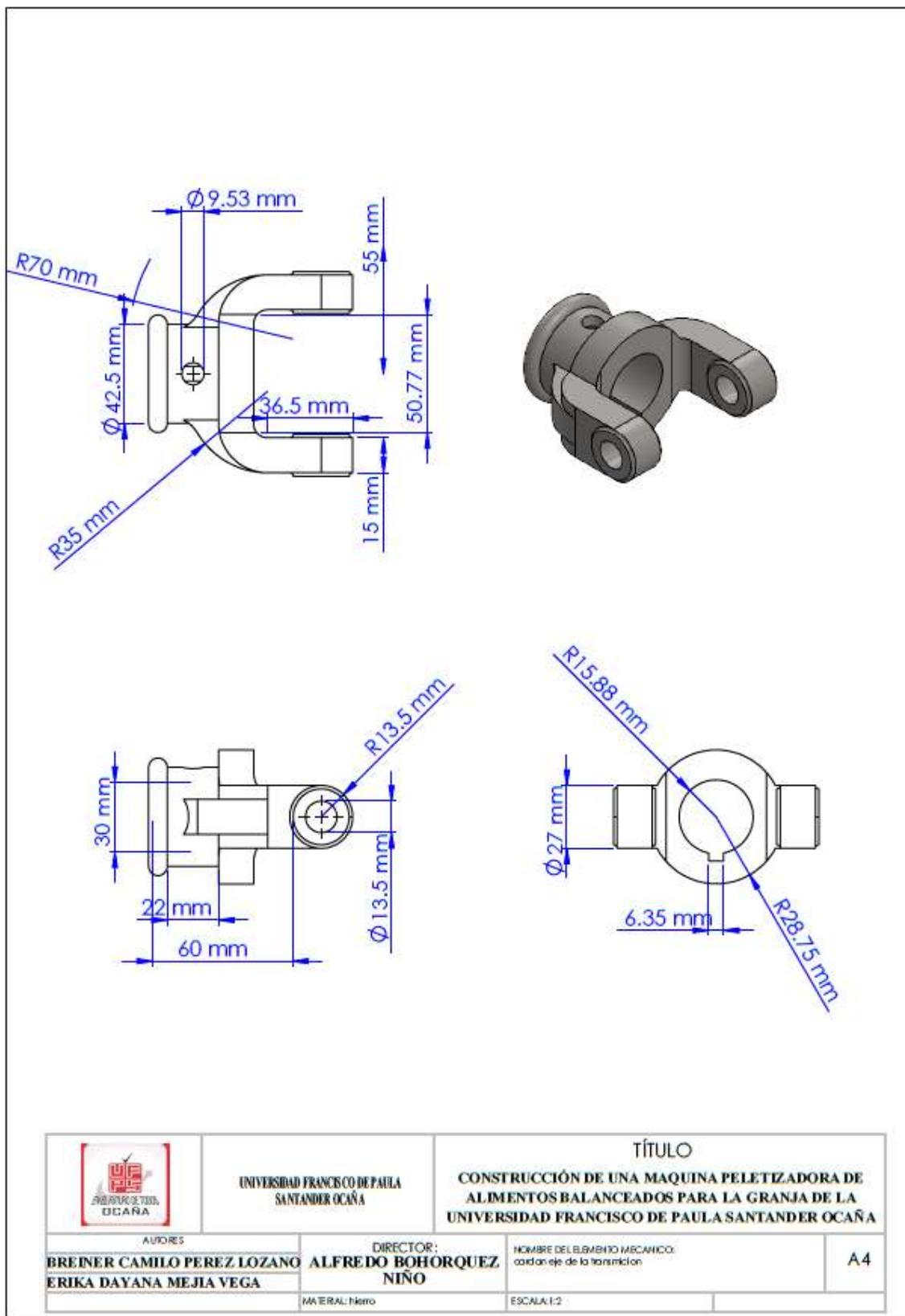
	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		TÍTULO CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		
	AUTORES: BREINER CAMILO PEREZ LOZANO ERIKA DAYANA MEJIA VEGA		DIRECTOR: ALFREDO BOHORQUEZ NIÑO		NOMBRE DEL DISEÑO MECANICO: Acople pñon de transmisión y corona
MATERIAL: Hierro			ESCALA: 1:2		A4

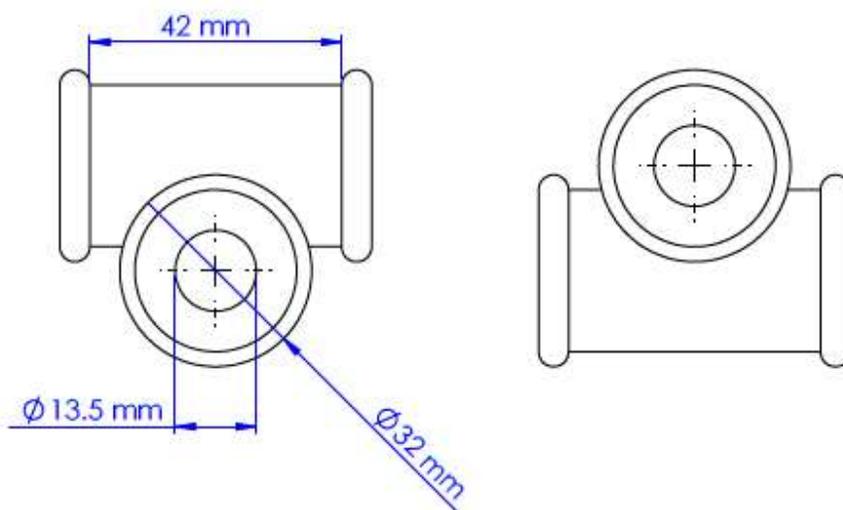
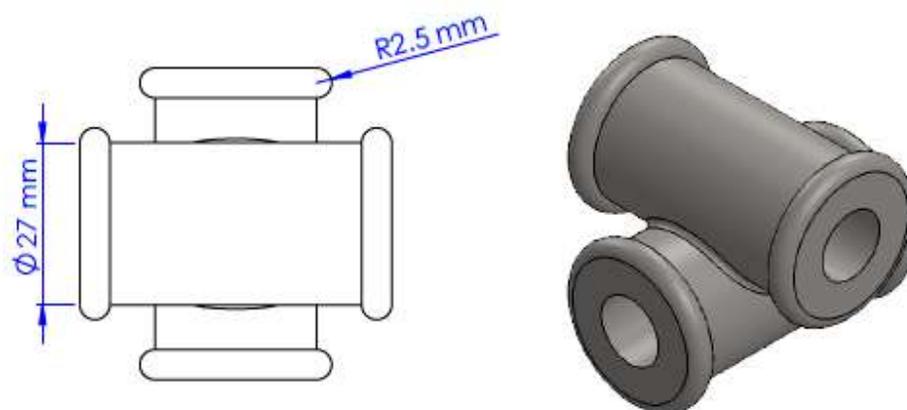


	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	TÍTULO CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	
		AUTORES BREINER CAMILO PEREZ LOZANO ERIKA DAYANA MEJIA VEGA	DIRECTOR: ALFREDO BOHORQUEZ NIÑO
MATERIAL: Negro		ESCALA: 1:2	

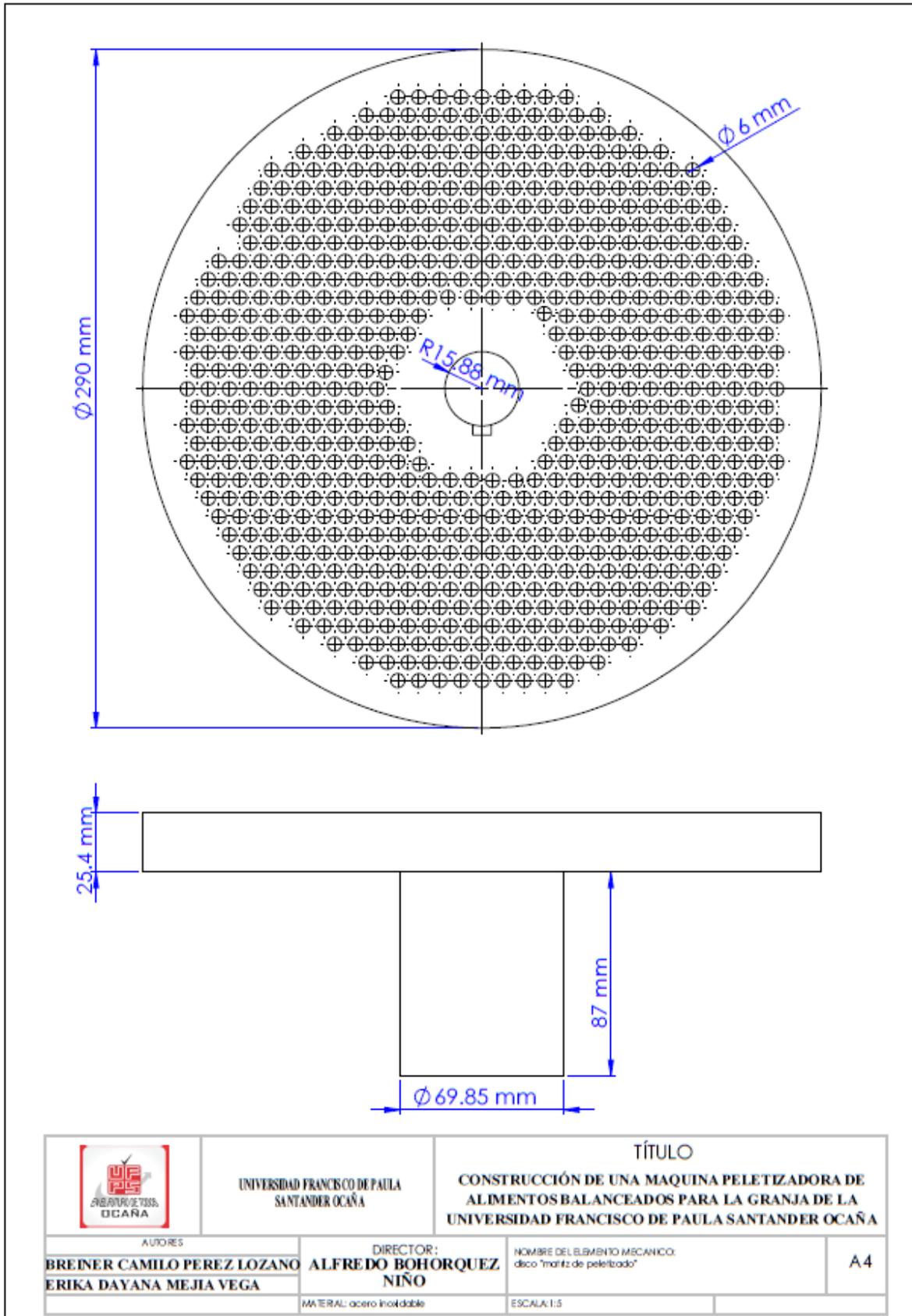


	<p>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</p>	<p>TÍTULO CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</p>		
<p>AUTORES BREINER CAMILO PEREZ LOZANO ERIKA DAYANA MEJIA VEGA</p>		<p>DIRECTOR: ALFREDO BOHORQUEZ NIÑO</p>	<p>NOMBRE DEL SUBMÓDULO MECÁNICO: transmisión</p>	<p>A4</p>
<p>MATERIAL: Hierro</p>		<p>ESCALA: 1:3</p>		

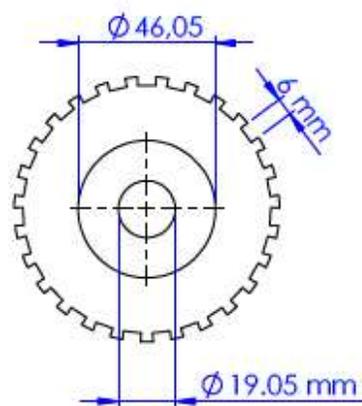
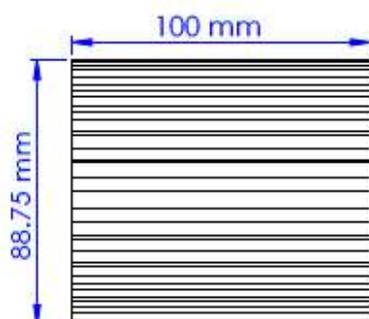
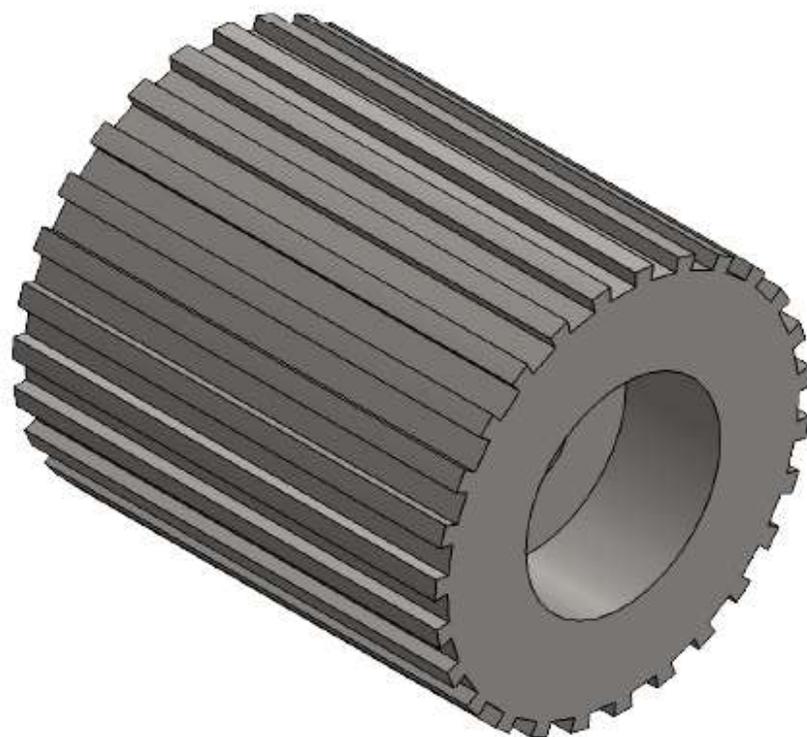




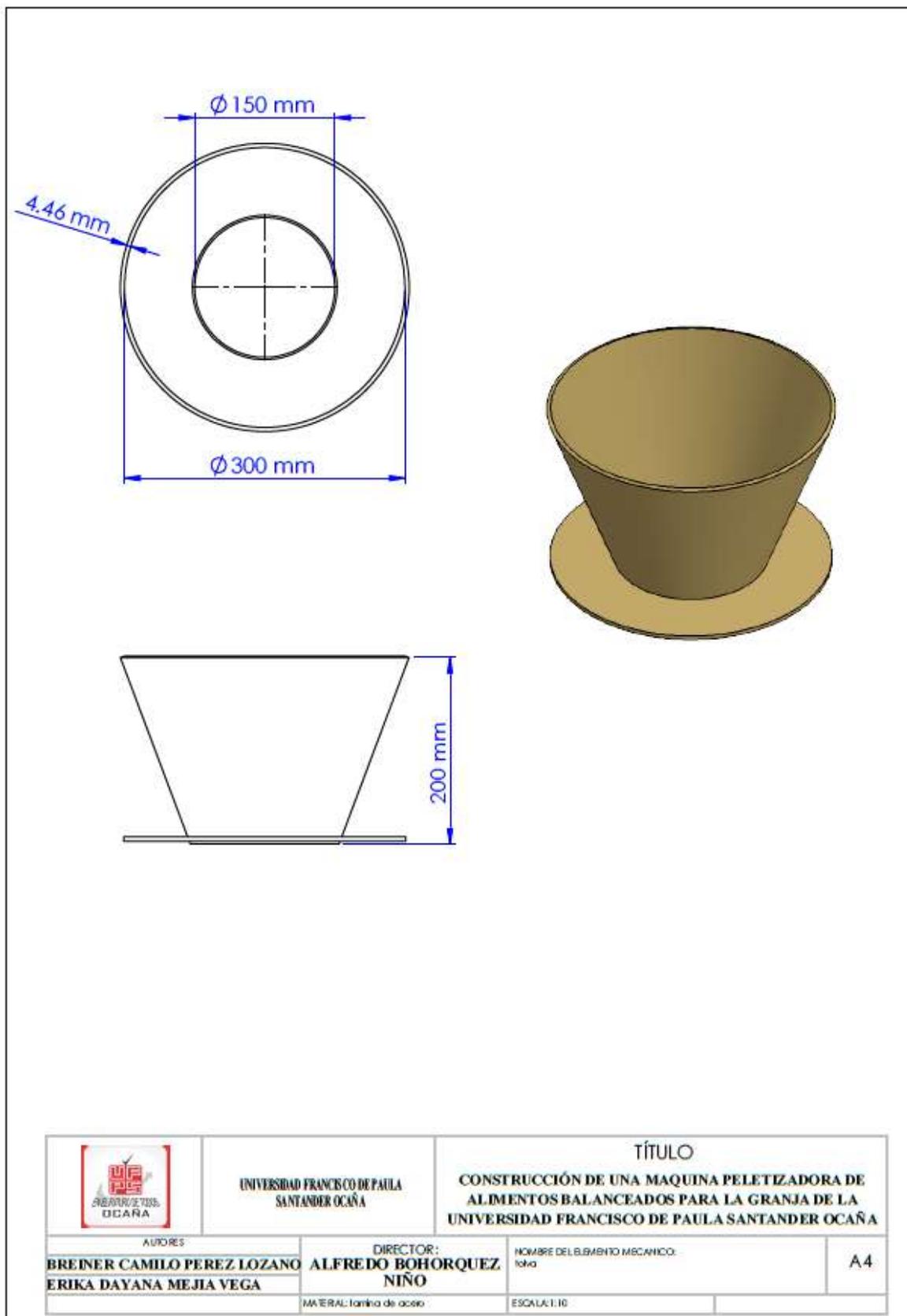
	<p>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</p>	<p>TÍTULO CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</p>		
<p>AUTORES BREINER CAMILO PEREZ LOZANO ERIKA DAYANA MEJIA VEGA</p>		<p>DIRECTOR: ALFREDO BOHORQUEZ NIÑO</p>	<p>NOMBRE DEL BLENDO MECANICO: aruceto</p>	<p>A4</p>
<p>MATERIAL: acero</p>		<p>ESCALA: 1:1</p>		



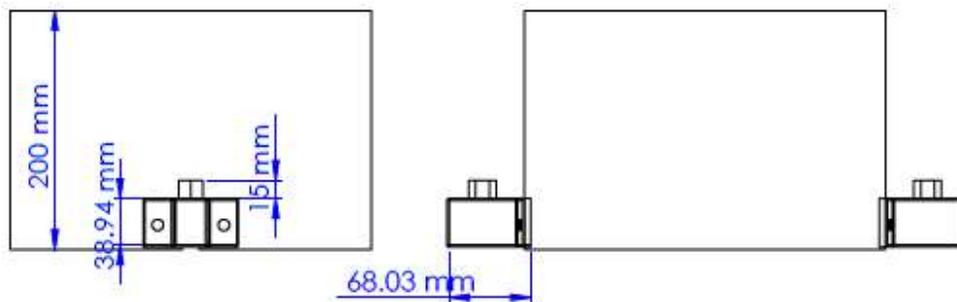
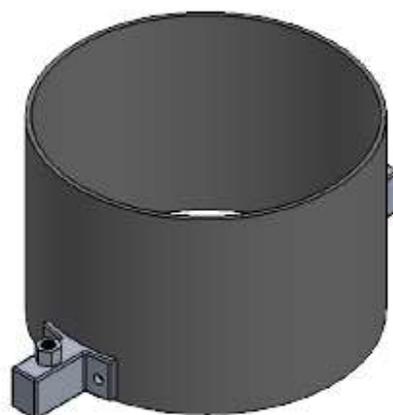
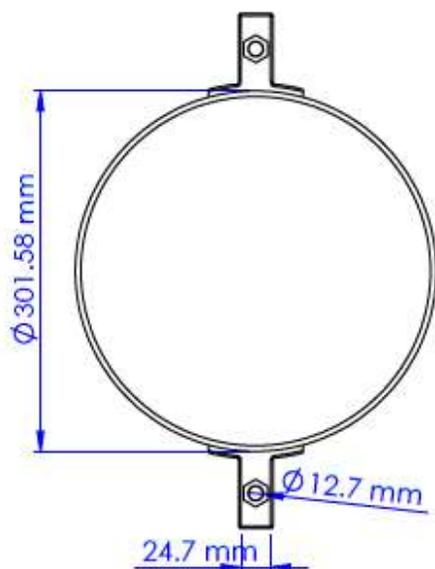
	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		TÍTULO CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	
	AUTORES BREINER CAMILO PEREZ LOZANO ERIKA DAYANA MEJIA VEGA		DIRECTOR: ALFREDO BOHORQUEZ NIÑO	
MATERIAL: acero inoxidable			ESCALA: 1:5	
				A4



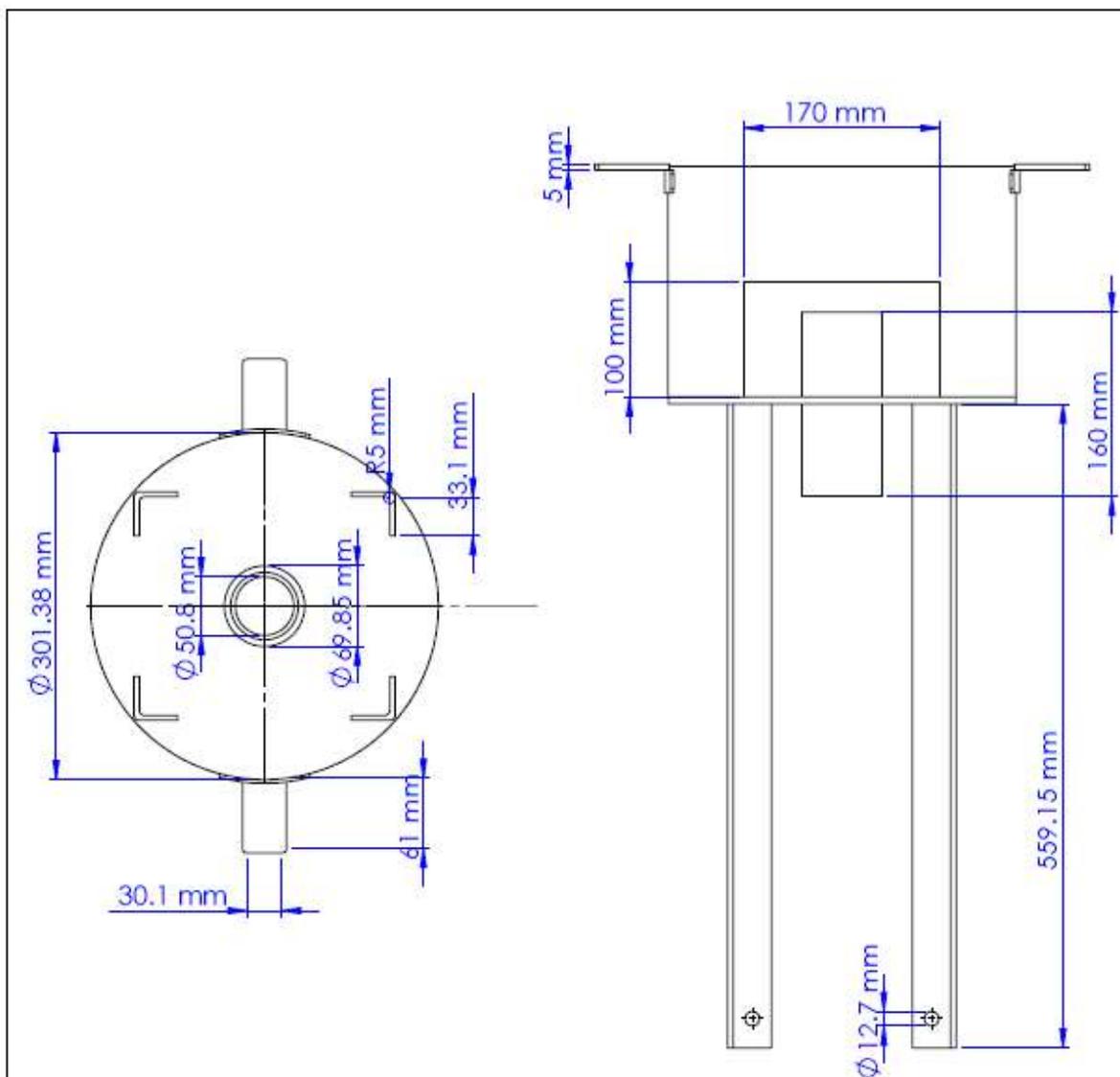
	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	TÍTULO CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		
AUTORES BREINER CAMILO PEREZ LOZANO ERIKA DAYANA MEJIA VEGA		DIRECTOR: ALFREDO BOHORQUEZ NIÑO	NOMBRE DEL ELEMENTO MECANICO: Rodillo	A4
MATERIAL: acero inoxidable		ESCALA: 1:2		



	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		TÍTULO CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	
	AUTORES BREINER CAMILO PEREZ LOZANO ERIKA DAYANA MEJIA VEGA		DIRECTOR: ALFREDO BOHORQUEZ NIÑO	
MATERIAL: lamina de acero			ESCALA: 1:10	
				A4

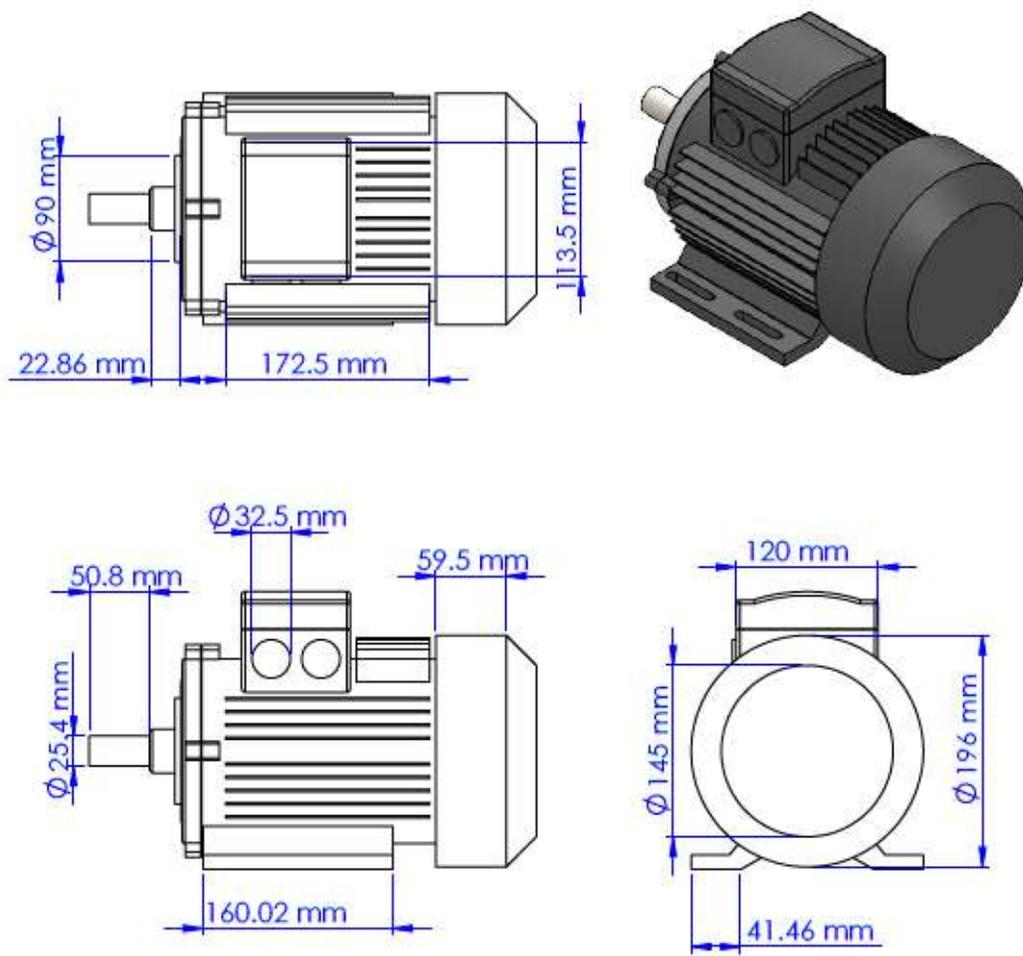


	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	TÍTULO CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	
		AUTORES BREINER CAMILO PEREZ LOZANO ERIKA DAYANA MEJIA VEGA	DIRECTOR: ALFREDO BOHORQUEZ NIÑO
MATERIAL: lamina de acero rolada		ESCALA: 1:10	

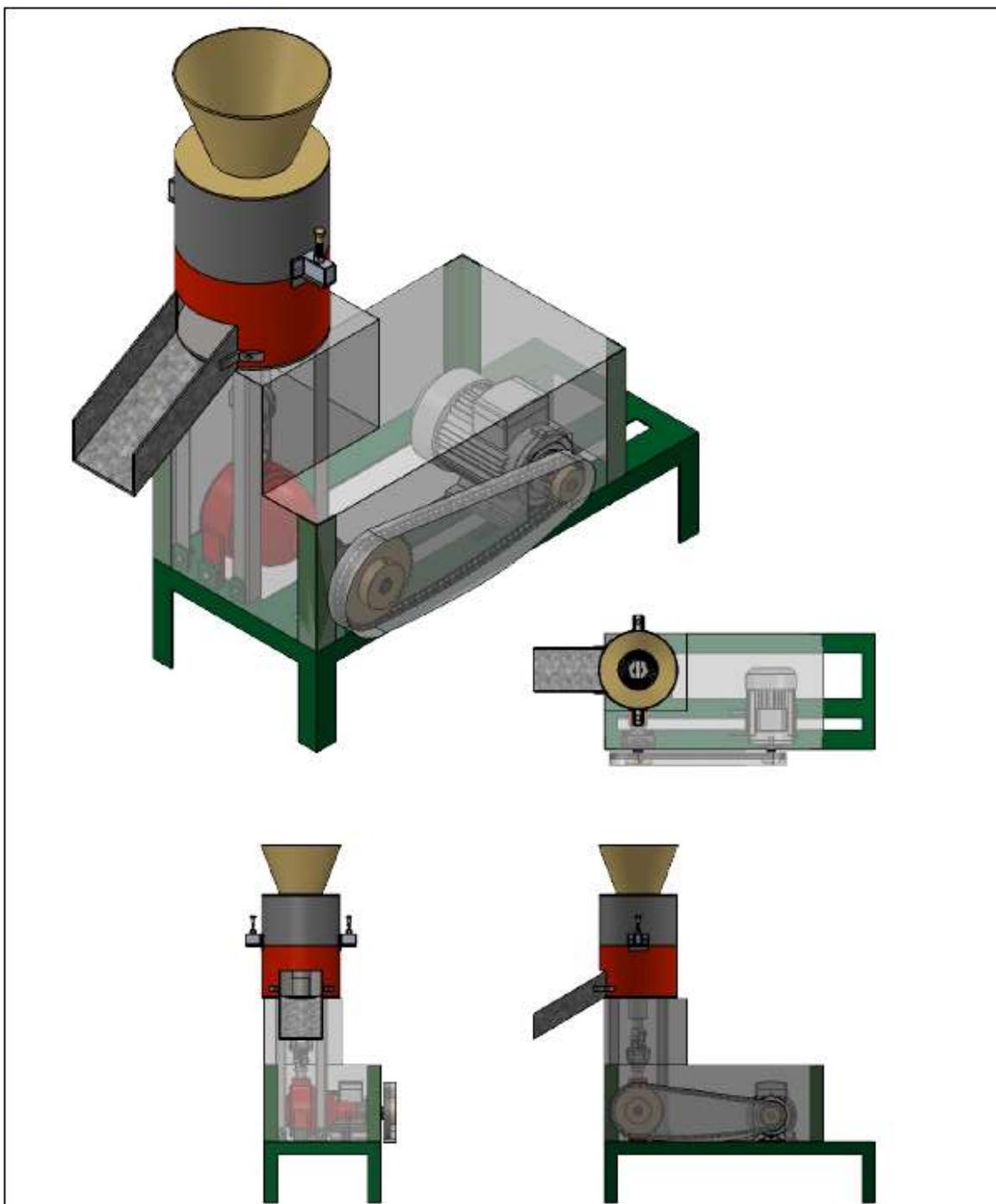


VISTA
 90,00°
 ESCALA 1 : 5

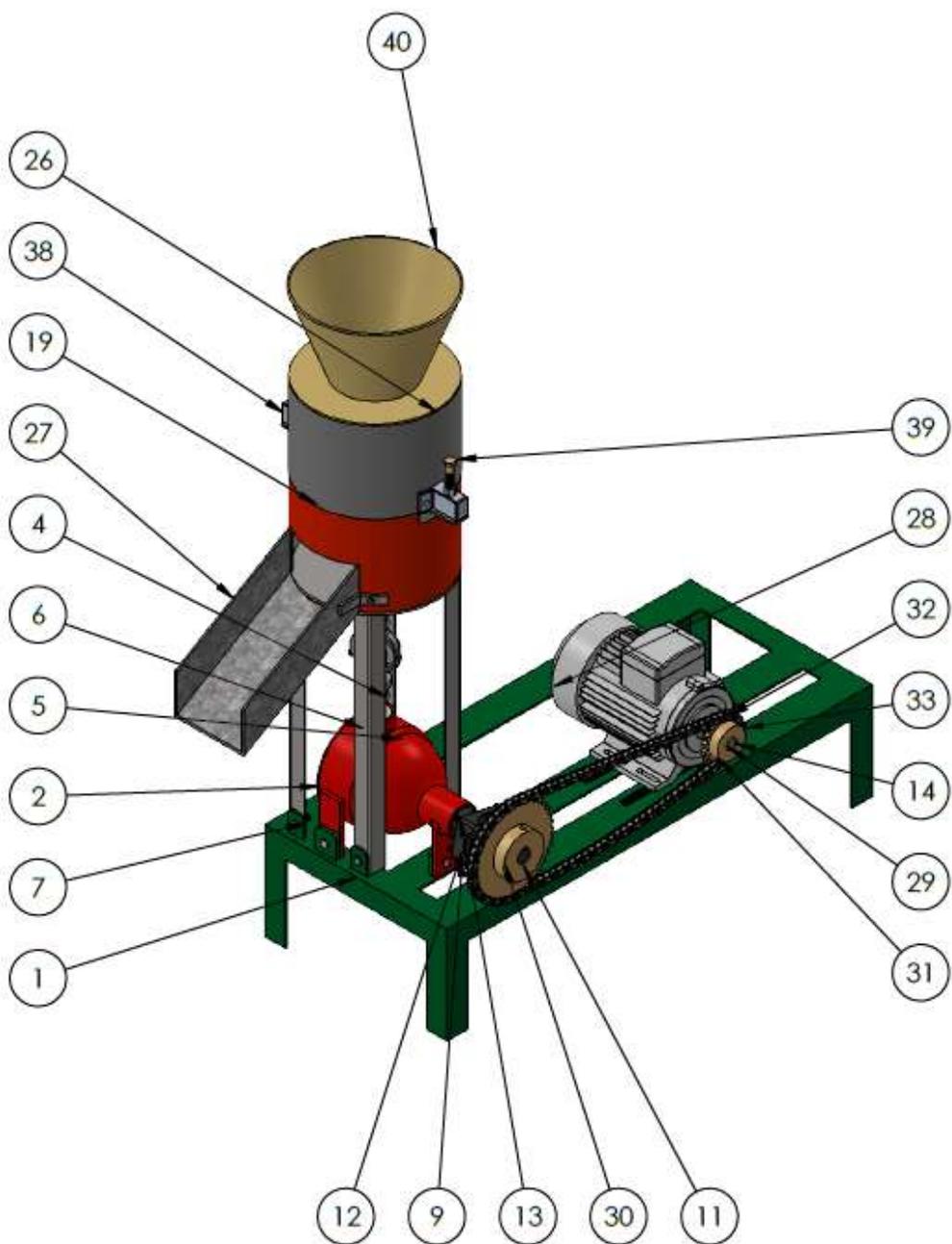
	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	TÍTULO CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		
AUTORES BREINER CAMILO PEREZ LOZANO ERIKA DAYANA MEJIA VEGA		DIRECTOR: ALFREDO BOHORQUEZ NIÑO	NOMBRE DEL ELEMENTO MECANICO: soporte de carcasa interior	A4
MATERIAL: Hierro		ESCALA: 1:30		



	<p>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</p>	<p>TÍTULO CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</p>		
<p>AUTORES BRENER CAMILO PEREZ LOZANO ERIKA DAYANA MEJIA VEGA</p>		<p>DIRECTOR: ALFREDO BOHORQUEZ NIÑO</p>	<p>NOMBRE DEL ELEVADO MECANICO: Motor eléctrico 7.5 HP</p>	<p>A4</p>
		<p>ESCALA: 1:10</p>		



	<p>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</p>	<p>TÍTULO CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</p>		
<p>AUTORES BREINER CAMILO PEREZ LOZANO ERIKA DAYANA MEJIA VEGA</p>		<p>DIRECTOR: ALFREDO BOHORQUEZ NIÑO</p>	<p>NOMBRE DEL SUBMÓDULO MECÁNICO: ENSAMBLE MAQUINA PELETIZADORA</p>	<p>A4</p>
		<p>ESCALA: 1:30</p>		



	<p>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</p>	<p>TÍTULO CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</p>		
<p>AUTORES BREINER CAMILO PEREZ LOZANO ERIKA DAYANA MEJIA VEGA</p>		<p>DIRECTOR: ALFREDO BOHORQUEZ NIÑO</p>	<p>NOMBRE DEL ELEMENTO MECANICO: MAQUINA PELETIZADORA</p>	<p>A4</p>
			<p>ESCALA: 1:20</p>	

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	ESTRUCTURA	angulo de 2"x3/16	1
2	carcaza transmision 2		1
3	cruceta		1
4	horquilla		2
5	tapa de transmision		1
7	tornillo de 0,5in		8
8	tuerca 0,5in		8
9	acople 1		1
10	tuerca		1
11	acople 2		1
12	tornillo 3-8in		4
13	tuerca 3-8in		4
14	caveta 0,25in		2
15	pin		2
16	eje transmision	acero calibrado de 1,25"	1
18	tomillo 3-8in		1
19	disco con rodamientos para la carcasa inferior	rodamientos japan d=1,25" con D=2,5"	1
21	disco	acero A36 espesor 1"	1
22	rodillo mecanizado		2
23	eje rodillos	eje calibrado de 1,5"	1
26	carcasa superior	lamina rolada calibre 3/16"	1
27	canal		1
28	AC-Motor	motor de 9 HP trifasico	1
30	corona B39 tipo B		1
31	piñon tipoB18		1
32	eslabon 1		47
33	eslabon 2		47
38	oreja		2
39	tornillo de ajuste		2
40	tolva	llamina rolada calibre 20	1
41	tensor		1

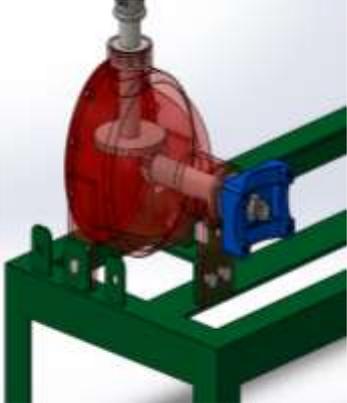
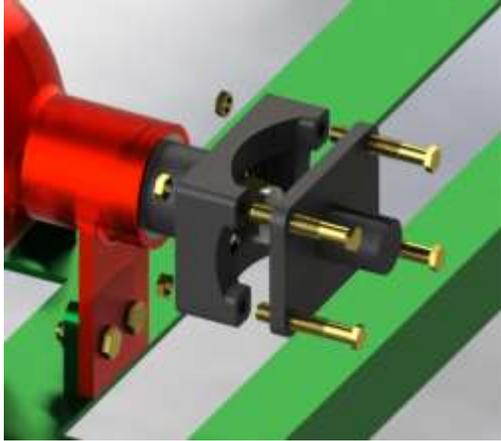
	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	TÍTULO	
		CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	
AUTORES		DIRECTOR:	TARSA DECOMPOSICIÓN:
BREINER CAMILO PEREZ LOZANO ERIKA DAYANA MEJIA VEGA		ALFREDO BOHORQUEZ NIÑO	A4
		ESCALA: 1:30	

4.9 Elaboración de manuales

La elaboración de los manuales de instalación, operación y mantenimiento son de suma importancia para la máquina, ya que gracias a ellos se garantiza un óptimo funcionamiento, una adecuada operación y una larga vida útil del equipo, por lo tanto a lo largo del siguiente capítulo se presentan los manuales de la máquina.

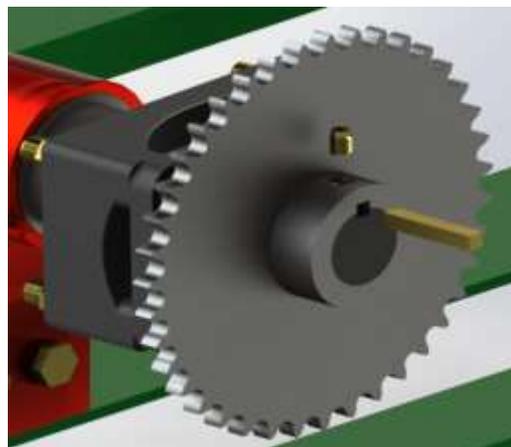
4.9.1 manual de instalación.

MANUAL DE INSTALACIÓN		
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	ILUSTRACIÓN
Montaje del sistema reductor de velocidad.	Lo primero que se debe montar en la estructura es la caja reductora, va apoyada y anclada a los ángulos soldados en la estructura como se muestra en la siguiente imagen.	
	Luego de apoyar la caja reductora en la estructura se procede a ajustar mediante tornillos de 3/8 de pulgada, con su respectiva tuerca.	

	<p>El acople se fija el eje de la caja reductora</p>	
<p>Instalar el acople</p>	<p>Se ajusta la tuerca con una copa de 29mm o 1 ¼ in, se le da el apriete necesario para sujetar el eje de la caja reductora con el acople.</p>	
	<p>Ya ajustado el acople en el eje de la caja se introduce la platina donde ira montada la Catarina debidamente ajustada por cuatro tornillos de 3/8 in.</p>	

Ensamble de la Catarina

Para el montaje de la Catarina es necesaria una cuña de 1/4 in x1/4 in, y adicionalmente un tornillo prisionero de 1/4in, que se ajusta con llave Allen de 4mm.

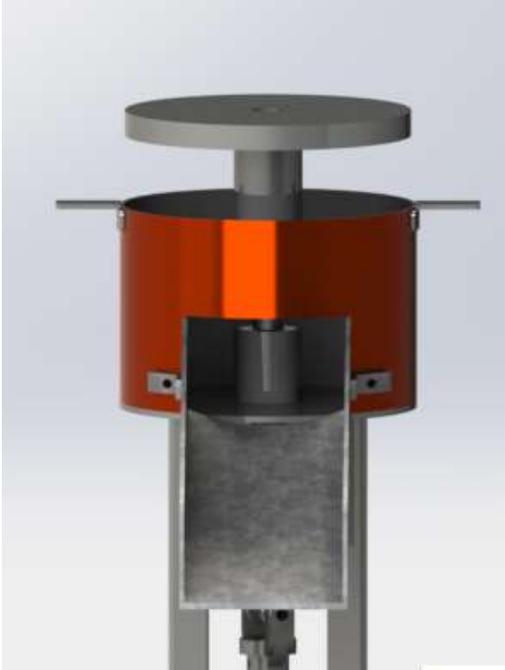


Es importante tener en cuenta los pasos anteriores para la correcta instalación y desempeño del sistema de transmisión.

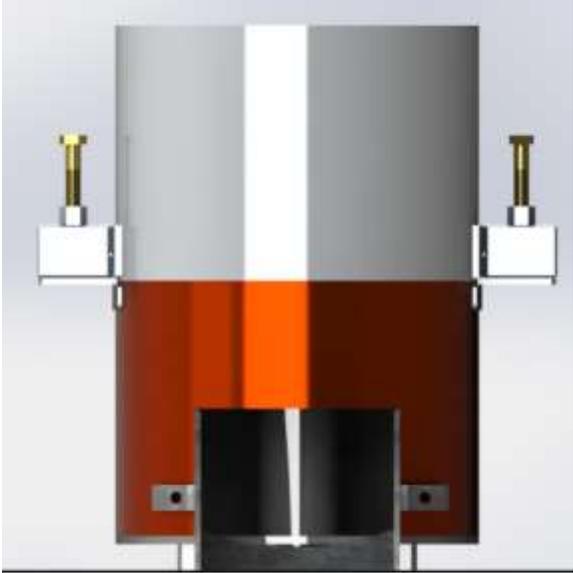
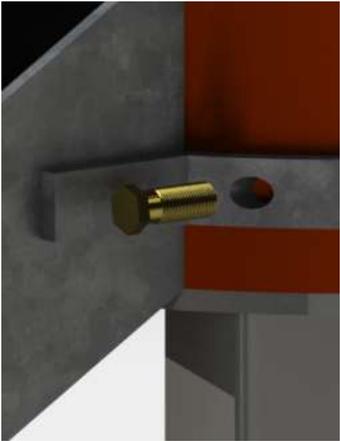
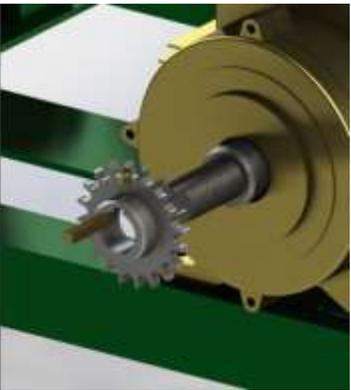
soporte del sistema de peletizado

Se procede a anclar el soporte de la carcasa inferior el cual va unida a la estructura mediante tornillo de 3/8in y consta de cuatro columnas de perfil estructural tipo L

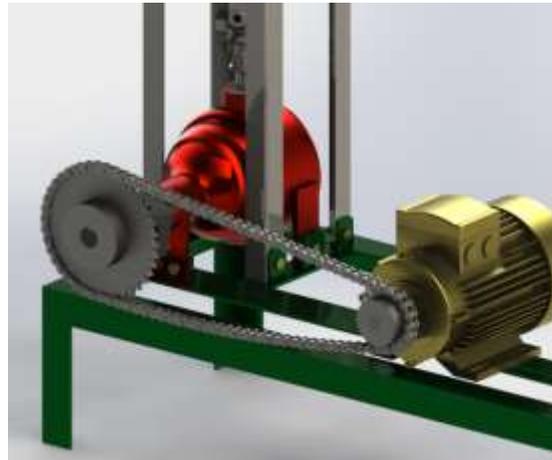


	<p>El ajuste del eje principal debe realizarse con una llave de boca o copa de 14 milímetros y se procede a enroscar el tornillo</p>	
<p>Montaje del disco</p>	<p>El disco es el molde de peletizado, y va soportado dentro de la carcasa inferior descansando en cuatro topes que están debidamente soldados. El disco se solda al eje principal el cual está incrustado a una masa circular que ayuda de soporte al plato para brindarle mayor estabilidad.</p>	

Montaje de los rodillos	<p>Los rodillos son dos elementos cilíndricos ranurados que previamente ya están ensamblados a un eje que lleva consigo cuatro rodamientos de bolas con designación 6305</p>	
	<p>dichos rodillos van centrados mirando la abertura del canal de salida de los pellets</p>	
Carcaza superior	<p>la carcaza superior consta de dos cajitas el cual es un sistema de ajuste del eje que contiene los rodillos y su ensamble se realiza mediante dos tornillos</p>	

		 A 3D CAD rendering of a pellet mill housing. It features a central vertical shaft with a red-colored lower section. Two brass-colored pins are mounted on the upper part of the housing, one on each side. The entire assembly is shown against a light gray background.
	<p>luego de atornilla el canal de salida de los pellets como lo indica la imagen</p>	 A close-up 3D CAD rendering of a pellet mill outlet channel. A brass-colored pin is shown being inserted into a hole in a gray metal plate. The background shows a red and white structure.
<p>sistema de cadena</p>	<p>Se ensambla primero el tipo B de 18 dientes al eje el motor y es ajustado mediante una cuña de 1/4in por 1/4in y dos tornillos prisioneros</p>	 A close-up 3D CAD rendering of a gear assembly. A silver-colored gear with 18 teeth is mounted on a shaft. The gear is secured by a brass-colored wedge and two brass-colored screws. The background is green and white.

Luego se coloca la cadena tipo B de paso 5/8in



4.9.2 Manual operación

ADVERTENCIA

Por favor, lea el manual de instrucciones cuidadosamente antes de usar este equipo. No seguir las indicaciones del mismo puede ocasionar fallas en el funcionamiento.

Los procedimientos y recomendaciones que se dan a continuación deben seguirse con el pie de la letra con el fin de garantizar el adecuado funcionamiento de la máquina, de igual manera para prevenir accidentes y preservar la salud e integridad de los operarios que manipulen la máquina.

- La máquina encenderá al activar el arrancador del motor

RECOMENDACIONES

1. Asegúrese de que la tensión de entrada es la misma que la que se muestra en la etiqueta colocada en la parte de abajo de la peletizadora, antes de enchufarla al tomacorriente.

2. Está prohibido la utilización de este equipo por parte de niños o personas con discapacidad.
3. Después de 3 horas de uso continuo, déjela descansar unos 60 minutos antes del siguiente uso. No la deje funcionando durante más de 5 horas seguidas
4. No introducir las manos en la parte baja de la tolva de alimentación, cuando la máquina este en plena operación.
5. Lubricar la cadena de la transmisión con frecuencia
6. No toque las piezas en movimiento cuando la máquina esté funcionando.
7. El motor de esta máquina tiene un dispositivo de protección contra exceso de temperatura, si la máquina se detuvo es a consecuencia de sobrecalentamiento

4.9.3 Manual de mantenimiento

El mantenimiento es de suma importancia, ya que ayuda a preservar las condiciones necesarias para el funcionamiento óptimo de los dispositivos y de igual manera poder alargar la vida útil de la máquina, a continuación se enlista algunas recomendaciones para que dicha función se cumpla.

Se establece una rutina de mantenimiento para valorar y diagnosticar el desgaste de algunas piezas que están sometidas por su funcionamiento a desgaste, se debe realizar la ruta de mantenimiento más adecuada y así evitar paradas inesperadas con daños en la máquina.

La forma correcta de diligenciar el formato de inspección visual es el siguiente, si se encuentra el sistema en condición óptimo se debe marcar con un visto \checkmark en la casilla que tiene las iniciales CO “condición óptima”, en caso contrario de no ser optima el estado del subsistema se

debe marcar con una X en la casilla que tiene las iniciales CNO “Condición no óptima”, se debe tener en cuenta que no se deben marcar ambas opciones en un solo sistema.

Tabla 18. Rutina diaria de inspección visual

REPORTE DE RUTINA DIARIA DE INSPECCIÓN VISUAL				
OPERARIO:			FECHA:	
SISTEMA	CONDICIÓN OPTIMA	CO	CONDICIÓN NO OPTIMA	CON
sistema de peletizado	los rodillo están en contacto con el disco		los rodillo no están en contacto con el disco	
	el sistema de tornillo ajusta y desajusta el eje de rodillos		el sistema de tornillo no funciona	
	la carcaza superior esta atornillada a la carcaza inferior		la carcaza superior esta desatornillada a la carcaza inferior	
	la matriz está limpia		la matriz no está limpia	
	la tolva se encuentra ajustada en la carcaza superior		la tolva no se encuentra ajustada en la carcaza superior	
sistema de potencia	la cadena se encuentra alineada		la cadena no se encuentra alineada	
	el motor está debidamente anclado a la estructura		el motor no está debidamente anclado a la estructura	
	el reductor no presenta fuga de aceite SAE		el reductor presenta fuga de aceite SAE	

Fuente: Autores del proyecto

Para la inspección de los subsistemas, es importante antes de realizar el plan de mantenimiento revisar y detallar cada uno así:

✓ Sistema de peletizado: como parte del mantenimiento se debe verificar el ajuste de la carcaza ya que debido a la operación de la maquina se generan vibraciones que pueden aflojar los tornillos de sujeción, por otra parte se debe inspeccionar los rodamientos de los rodillos verificando que estos giren libre mente en su eje.

✓ Sistema de potencia: se procede a inspeccionar la lubricación de la cadena y a su vez la tensión de la misma.

Ya establecidos los sistemas y sus respectivas inspecciones, se procede a plantear un cronograma de inspecciones con el objetivo de mantener y preservar la vida útil del equipo, como se ilustra en el siguiente cuadro.

Tabla 19. Rutina diaria de inspección

sistema	subsistema	actividad	encargado	recurso	frecuencia
cámara de aglutinado	rodillos	inspeccionar suavidad de giro	operario	visual y tacto	cada vez que se vaya a usar la maquina
presión de los rodillos	tornillo de fijación	inspeccionar contacto don la matriz	operario	visual	cada vez que se vaya a usar la maquina
caja reductora	lubricación	inspeccionar goteo de lubricante	operario	visual	diario
transmisión	cadena	Inspeccionar alineación	operario	visual y tacto	cada vez que se vaya a usar la maquina
eléctrico	motor	inspeccionar suavidad de giro	operario	tacto	cada vez que se vaya a usar la maquina

Fuente: Autores del proyecto

El mantenimiento programado tiene como función alargar la vida útil del equipo, y para realizarlo se toma como referencia el siguiente cuadro.

Tabla 20. Mantenimiento programado

sistema	subsistema	actividad	encargado	recurso	frecuencia
cámara de aglutinado	rodillos	cambio de rodamientos	operario	prensa y martillo de goma	cada 12 meses
presión de los rodillos	tornillo de fijación	limpiar y verificar el desgaste de la rosca	operario	herramienta	cada 12 meses
caja reductora	lubricación	cambio de lubricante SAE	operario	embudo y herramienta	cada 24 meses
transmisión	cadena	tensión	operario	herramienta	cada 6 meses
eléctrico	motor	limpieza e inspección	operario	herramienta	cada 6 meses

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 21. Formato hoja de vida

formato hoja de vida							
maquina peletizadora de alimento balanceado para bovinos universidad francisco de paula Santander Ocaña					área: producción		
sistema	subsistema	fecha	tipo de mantenimiento		descripción	ejecutante	encargado
			P	C			
Observaciones:							

Fuente: Autores del proyecto

Las actividades de mantenimiento deben llevar un estricto control ya sea mantenimiento preventivo o correctivo, por tal razón hay que llevar una hoja de vida para poder registrar las actividades de la máquina, para eso se diseñó la tabla anterior donde:

C: mantenimiento correctivo

P: mantenimiento preventivo

4.9.4 Manual Seguridad Ocupacional

La seguridad del operario cuando la maquina peletizadora está trabajando, es muy importante ya que este solo debe manipular la entrada del material al peletizar , por tal razón se debe tener precaución con los elementos cortantes y en movimiento , como los rodillos, disco, cadena, se debe tener en cuenta que en la máquina todo esté fijo, los elementos de la máquina son cortantes y están en movimiento, la máquina tiene mecanismos pesados que al realizar un desmontaje para mantenimiento o limpieza pueden caer en los pies del operario, por esto es indispensable que utilicen el siguiente equipo de seguridad industrial.

Casco Gafas Tapa oídos Tapo boca Guantes Overol Calzado de seguridad



Figura 39. Elementos de protección personal

Fuente: (htt3)

La máquina debe estar debidamente señalizada, esto con el objetivo que el operario pueda visualizar el riesgo que lleva cada operación a simple vista, para eso se toma como referencia el siguiente cuadro

Tabla 22. Señalización

Sistema	Función	Riesgo	Tipo de accidente	Señal
tolva	dosificar la materia prima en cada proceso de operación	mecánico	atrapamiento de extremidades	
transmisión por cadena	transmitir el torque del motor y reducir sus rpm	mecánico	atrapamiento de extremidades	
motor eléctrico	encargado de convertir la energía eléctrica en movimiento o energía mecánica	eléctrico	choque eléctrico	

Fuente: Autores del proyecto

Conclusiones

Después de la recolección de información acerca de las maquinas peletizadoras y haciendo un análisis de este, se pudo apreciar que una maquina con matriz giratoria y rodillos fijos, tiende a ser más efectiva ya que se puede controlar el contacto de estas dos piezas, permitiendo una mejor producción de pellets.

Mediante la construcción de la maquina peletizadora se logró satisfacer la necesidad que se presentaban en la granja de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, para poder producir su propio concentrado, logrando así producir nuevas mezclas de harinas que ayudan a una mejora en el balance nutricional para los bovinos.

El software Solidworks y MD Solid fueron de gran ayuda, porque se logró medir mediante una simulación las deformaciones en zonas críticas y el desplazamiento máximo que puede tener la estructura, logrando así denotar si puede o no soportar las cargas aplicada sobre ella para seleccionar el tipo de material adecuado. A su vez el estudio térmico nos permitió observar el comportamiento de las piezas que están sometidas a altas temperaturas, logrando prevenir dilataciones o deformaciones la pieza, la cual afecta en la funcionalidad de la máquina.

El proyecto presenta una alta rentabilidad para la granja de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, ya que al hacer el análisis financiero presenta una rentabilidad de 21%, lo cual es significativo para el tipo de proyecto que se desea realizar y esto lo hace un proyecto viable.

Recomendaciones

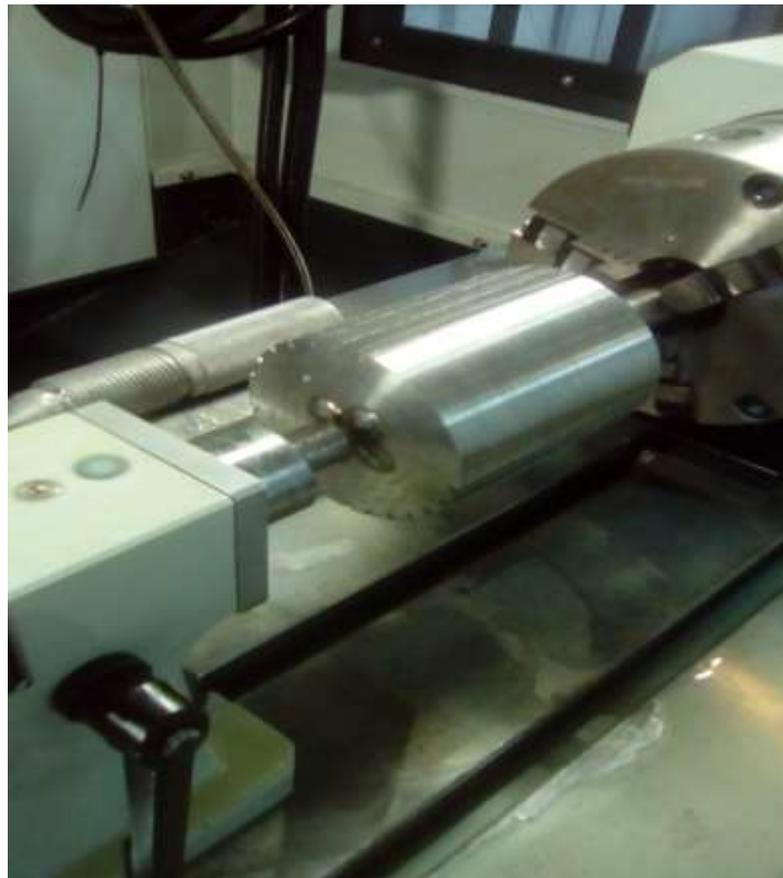
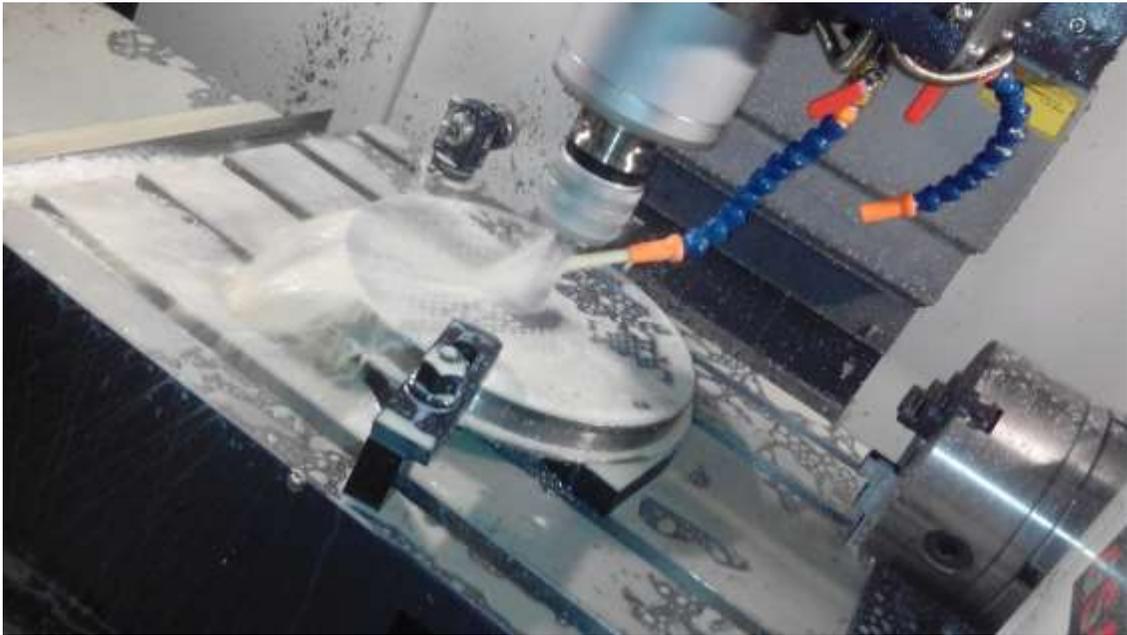
Para conseguir la producción adecuada de pellets es necesario que la mezcla esté debidamente preparada con el porcentaje de humedad adecuado que esta necesita, porque al no ser así no se obtendrá la producción esperada, incurriendo en pérdidas en cuanto a la mala formación del pellets.

Para obtener una mejor calidad de los pellets es conveniente dejarlos reposar en un intervalo entre 30 y 60 minutos logrando así que estos adquieran la contextura que estos necesitan para no provocar hogos al ser empacados.

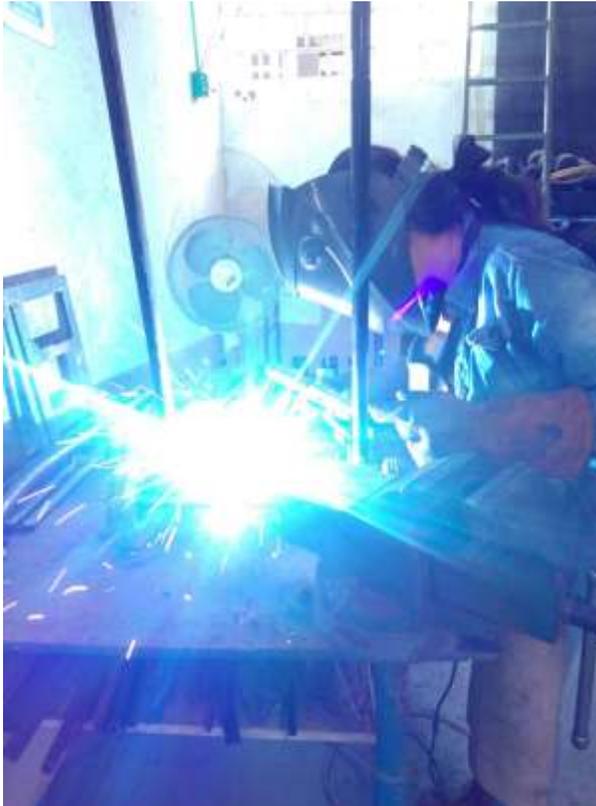
Para un adecuado uso de la maquina es necesario que esta no trabaje más de 3 horas ya que esta obtendría una temperatura muy elevada, el cual quemaría los pellets, para ello es recomendable dejarla reposar aproximadamente 1 hora.

Para prevenir un rápido desgaste de los rodamientos de los rodillos, por las altas temperaturas y velocidad, se podría implementar que estos estén por fuera de la carcasa superior sujetos al eje que sobresale y alojados en una cámara que ayudan a su durabilidad.

Anexos

















Bibliografía

(s.f.). Obtenido de http://www.acerosotero.cl/pdf/fichas/plancha_acero_carbono_astma36.pdf

(s.f.). Obtenido de

[www.google.com.co/search?q=TIPOS+DE+PERFILERIA+ESTRUCTURAL&source=l
nms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj7__iqlcvYAhVM6GMKHTOmAmkQ_AUICig
B&biw=1366&bih=637#imgsrc=Ulh3UjNiL2M4CM:](http://www.google.com.co/search?q=TIPOS+DE+PERFILERIA+ESTRUCTURAL&source=l
nms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj7__iqlcvYAhVM6GMKHTOmAmkQ_AUICig
B&biw=1366&bih=637#imgsrc=Ulh3UjNiL2M4CM:)

(s.f.). Obtenido de <https://normasdeseguridad.wordpress.com/category/personal/>

"D. R. Jones, 2. K. (s.f.). The Effects of Genetic Selection on Production Parameters.

WEG. (2010). Obtenido de WEG.

ASTM. (2015). Obtenido de ASTM.

ICONTEC. (2016). Obtenido de ICONTEC.

alibaba.com. (s.f.). Obtenido de <https://www.alibaba.com/product-detail/with-low-price->

sawdust-pellet-

[machine_60676212957.html?spm=a2700.8304367.cunta628ec.6.2d8a584dPTQm7f](https://www.alibaba.com/product-detail/with-low-price-sawdust-pellet-machine_60676212957.html?spm=a2700.8304367.cunta628ec.6.2d8a584dPTQm7f)

ARBELAEZ, C. A. (2011). *ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA QUE TIENE LA CALIDAD DEL.*

caldas.

Bressani, r., turcios, j., reyes, l., & merida, r. (2001). Caracterización física y química de harinas

industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. *scielo*.

budynas, n. &. (s.f.). *diseño en ingeniería mecánica de shigley*. Mc graw Hill.

Dialnet. (2017).

el rozamiento por deslizamiento. (s.f.). Recuperado el 1 de noviembre de 2017, de

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/rozamiento/general/rozamiento.htm>

etw. (s.f.). Recuperado el 15 de noviembre de 2017, de [http://mx.etwinternational.com/5-1-pp-](http://mx.etwinternational.com/5-1-pp-pe-strand-granulating-line-39855.html)

[pe-strand-granulating-line-39855.html](http://mx.etwinternational.com/5-1-pp-pe-strand-granulating-line-39855.html)

florez, d. a., arias ramirez, w., & varela, l. b. (2010). *DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS.* medellin.

garcia palacio, b. e. (1999). *Manual de aseguramiento de la calidad para el proceso de peletizado.* medellin.

GEMCO ENERGY. (s.f.). Recuperado el 16 de noviembre de 2017, de

<http://www.peletizadoras.com/Fabricas-de-pellet-con-matriz-de-anillo.html>

<http://investigacionholistica.blogspot.com.co/2008/02/la-investigacin-proyectiva.html>. (s.f.).

ingemecanica. (s.f.). Recuperado el 20 de noviembre de 2017, de *ingemecanica:*

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>

intermec. (s.f.). *piñones y cadenas "productos mecanicos para transmision de potencia".*

jr, s. &. (s.f.). *fisica para ciencias e ingenieria .*

KEITH C, B. (04 de 12 de 2010). *el arte ciencia del peltizado.* Recuperado el 13 de 12 de 2017,

de WATTAGNet.com: www.wattagnet.com/articles/5411-el-arte-ciencia-del-peletizado

Malla., J. S. (2015). *DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MAQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA GANADO VACUNO.* LIMA-ECUADOR.

Maya, J. S. (2015). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA GANADO VACUNO.* loja, ecuador.

Mendoza, N. L. (2016). Fundamentos de los alimentos peletizados en la nutrición animal.

dominio de las ciencias, 5.

MORALES GARZÓN, J. L. (2016). *DISEÑO DE UNA MÁQUINA AGLUTINADORA PARA RECICLAJE DE BOLSAS PLÁSTICAS DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD.*

BOGOTA D.C.

Mott, r. L. (2006). *mecanica de fluidos*. mexico: pearson.

NTN. (2009). *Rodamientos de bolas*.

pellest pro. inc. (s.f.). Obtenido de pellest pro. inc

Redalyc. (2017).

Rico, A. M. (2016). Fracture resistance and physiological quality. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.

Robert L, M. (2009). *resistencia de materiales*. mexico: pearson educacion.

SABIMET, S. (s.f.). *CATALOGO DE PRODUCTOS* . caracas.

sanchez, h. o. (2016). *DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SEMBRADORA MECÁNICA DE SEMILLAS PARA LA UFPSO*. ocaña.

Scielo. (2017).

Sciencedirect. (2017).

Scopus. (2017).

SKF. (s.f.). *SKF*. Recuperado el 8 de 1 de 2018, de <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/y-bearing-flanged-units/y-brg-square-flanged-units/index.html?designation=FYWR%201.1/2%20YTHR&unit=metricUnit>

transmicion por cadenas. (s.f.). Recuperado el 20 de 12 de 2017, de

<http://files.cesarruiz.webnode.com.co/200000094->

[cec46d0fac/TransmisionPorCadenas.pdf](http://files.cesarruiz.webnode.com.co/200000094-cec46d0fac/TransmisionPorCadenas.pdf)

waste, a. (s.f.). alimentacion animal, elaboracion de pellets.

Weg. (s.f.). *motores electricos.*

