



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA

PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO CONCENTRADO PARA AVES EN LA AVÍCOLA VICTORIA ISRAEL DE HUAMBALÓ PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

AUTORES: Christian Miguel Cisneros López

Alexis Sebastian Salinas Bautista

TUTOR: Ing. Francisco Agustín Peña Jordán, MSc.

AMBATO - ECUADOR

Febrero – 2023

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO CONCENTRADO PARA AVES EN LA AVÍCOLA VICTORIA ISRAEL DE HUAMBALÓ PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por los señores Christian Miguel Cisneros López portador de la cédula de ciudadanía C.I. 185092642-7 y Alexis Sebastian Salinas Bautista portador de la cédula de ciudadanía C.I. 180442043-6, estudiantes de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certificamos:

- Que el presente proyecto técnico es original de sus autores.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluida en su totalidad.

Ambato, febrero 2023



Ing. Francisco Agustín Peña Jordán, MSc.
C.I. 180360554-0

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Nosotros, Christian Miguel Cisneros López, con C.I. 185092642-7 y Alexis Sebastian Salinas Bautista, con C.I. 180442043-6 declaramos que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO CONCENTRADO PARA AVES EN LA AVÍCOLA VICTORIA ISRAEL DE HUAMBALÓ PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de exclusiva responsabilidad de los autores del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, febrero 2023



Christian Miguel Cisneros López

C.I. 185092642-7

AUTOR



Alexis Sebastian Salinas Bautista

C.I. 180442043-6

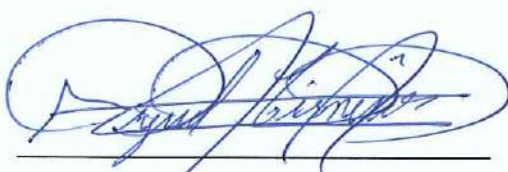
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato, para que se haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, de acuerdo a las normas de la Institución.

Cedemos los derechos en línea patrimonial de nuestro Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga ganancia económica y se realice respetando nuestros derechos de autor.

Ambato, febrero 2023



Christian Miguel Cisneros López

C.I. 1850926427

AUTOR



Alexis Sebastian Salinas Bautista

C.I. 1804420436

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por los estudiantes Christian Miguel Cisneros López y Alexis Sebastian Salinas Bautista de la Carrera de Mecánica bajo el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO CONCENTRADO PARA AVES EN LA AVÍCOLA VICTORIA ISRAEL DE HUAMBALÓ PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, febrero 2023

Para constancia firman:



Ing. Mg. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Mg. María Belén Paredes Robalino

MIEMBRO CALIFICADOR

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a cada una de nuestras familias que han hecho posible nuestro desarrollo dentro de la carrera, con su apoyo y su confianza.

Agradecemos a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica que nos abrió sus puertas para permanecer en sus aulas durante todos estos años.

A nuestros docentes que nos han brindado su conocimiento y han sabido guiarnos en cada una de las asignaturas.

Agradecemos también a nuestro tutor que con su guía fue posible el desarrollo del presente trabajo.

A la Avícola Victoria Israel por depositar su confianza en nosotros para mejorar su estilo de producción.

También agradecemos a los Autores de cada uno de los libros y manuales, de los cuales se ha obtenido la información para el desarrollo del presente proyecto.

DEDICATORIA

Dedicamos el presente trabajo a nuestros padres y hermanos que son los merecedores de nuestro esfuerzo.

A nuestros amigos y a cada una de las personas importantes en nuestras vidas.

También dedicamos este trabajo al Sr. Mario Ponce, propietario de la Avícola Victoria Israel, esperando le sea útil toda la ayuda brindada por nuestra parte.

Dedicamos también a cada uno de los futuros lectores, esperando les sirva la información obtenida en este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
Tema:.....	1
1.1 Antecedentes investigativos.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Fundamentación teórica	5
1.3.1 Proceso de producción de balanceados	5

1.3.2	Maquinaria utilizada en la fabricación de balanceados	9
1.3.3	Procesos de transporte en la fabricación de balanceados	10
1.3.4	Partes principales de un transportador de tornillo sin fin	11
1.3.5	Tipos de transportadores de tornillo sin fin	12
1.3.6	Dispositivos auxiliares en los transportadores de tornillo sin fin	18
1.3.7	Elementos que componen un sistema de transporte	19
1.4	Objetivos	23
1.4.1	Objetivo general	23
1.4.2	Objetivos específicos	23
CAPÍTULO II		24
2.	METODOLOGÍA	24
2.1	Materiales	24
2.1.1	Equipos	28
2.2	Métodos	30
2.2.1	Exploratorio	30
2.2.2	Descriptivo	30
2.2.3	Bibliográfico	30
2.2.4	De campo	30
2.2.5	Etapas de desarrollo del proyecto	31
2.2.6	Diagrama de etapas	31

2.2.7	Descripción de etapas	32
2.3	Ecuaciones.....	34
2.4	Levantamiento de la información.....	45
2.4.1	Molino	47
2.4.2	Mezcladora	48
2.4.3	Materiales a transportar	49
CAPITULO III		50
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
3.1	Selección de alternativas	50
3.1.1	Selección de alternativas del sistema de transporte.....	50
3.1.2	Selección de alternativas del motor	55
3.2	Diseño de los componentes del sistema de transporte	58
3.2.1	Diseño de la tolva 1	58
3.2.2	Diseño de la tolva 2	71
3.2.3	Diseño del tornillo sinfín para el transporte 1	73
3.2.4	Diseño del tornillo sin fin para el transporte 2	118
3.2.5	Diseño del circuito eléctrico.....	123
3.3	Construcción del sistema de transporte.....	126
3.3.1	Materiales y equipos requeridos para la construcción.....	126
3.3.2	Costo del proyecto.....	140

3.4	Pruebas de funcionamiento del sistema de transporte.....	142
3.4.1	Prueba de funcionamiento sin cargar el sistema	143
3.4.2	Pruebas de funcionamiento con la carga completa de funcionamiento.....	145
3.4.3	Manual de funcionamiento y mantenimiento	148
3.4.4	Manual de mantenimiento	150
CAPITULO IV		153
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	153
4.1	Conclusiones	153
4.2	Recomendaciones.....	154
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	155
6.	ANEXOS	161

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proceso manual de transporte de concentrado [28].	11
Figura 2 Transporte de balanceado con el uso de máquinas [29].	11
Figura 3 Partes principales de un transportador de tornillo sin fin [30].	12
Figura 4 Tolva	18
Figura 5 Obturador [32].	18
Figura 6 Alimentador [33].	19
Figura 7 Diagrama de etapas.	31
Figura 8 Distribución.	46
Figura 9 Proceso de molienda.	48
Figura 10 Mezclado de balanceado.	48
Figura 11 Árbol de objetivos para el diseño del sistema de transporte.	53
Figura 12 Árbol de objetivos para la selección de motor.	56
Figura 13 Dimensionamiento de la tolva 1.	59
Figura 14 Propiedades de la tolva 1 mediante software.	59
Figura 15 Tolva 1.	60
Figura 16 Reacciones del apoyo superior del transportador 1.	62
Figura 17 Presión horizontal y vertical generada en las paredes de la tolva asignadas de manera triangular y trapezoidal respectivamente (lb/ft ²).	63
Figura 18 Reacciones generadas por el transportador (ft).	63

Figura 19 Cargas de personas (Kg).....	64
Figura 20 Verificación de la estructura de la tolva 1.	64
Figura 21 Von Mises de tolva 1.	65
Figura 22 Desplazamientos de la tolva 1.	66
Figura 23 Pernos de las columnas.....	67
Figura 24 Esfuerzo de Von Mises en elementos frame (ksi).	69
Figura 25 Fuerza cortante y momento flector en el punto de análisis.	69
Figura 26 Dimensionamiento de la tolva 2.	72
Figura 27 Propiedades de la tolva 2 mediante software.....	73
Figura 28 Tipos de transportadores de tornillo sin fin en función de su inclinación.	73
Figura 29 Esquema de transportador 1.....	74
Figura 30 Hélice del tornillo sin fin.	76
Figura 31 Tensión de Von Mises de la hélice.	80
Figura 32 Desplazamientos de la hélice.	80
Figura 33 Factor de seguridad de la hélice.....	81
Figura 34 Eje motriz.....	84
Figura 35 Diagrama de cuerpo libre del eje motriz.....	85
Figura 36 Diagramas de fuerza cortante y momento flector del eje motriz, plano x-y....	86
Figura 37 Diagramas de fuerza cortante y momento flector del eje motriz, plano x-y....	86
Figura 38 Sección circular del punto de análisis.....	92

Figura 39 Fuerzas en los rodamientos.....	94
Figura 40 Factores de carga de rodamientos de bolas.....	95
Figura 41 Rodamiento SKF UCF-207.	96
Figura 42 Base de motor del transportador 1.	97
Figura 43 Reacciones generadas por las bandas.	98
Figura 44 Tensión de Von Mises de la placa base.	101
Figura 45 Desplazamientos de la placa base.	102
Figura 46 Tensión de Von Mises de la placa base.	103
Figura 47 Artesa de transportador 1.....	104
Figura 48 Reacciones en los apoyos (chumaceras) del tubo central.	105
Figura 49 Reacciones en los apoyos del alimentador.	106
Figura 50 Tensión de Von Mises de la artesa.	110
Figura 51 Desplazamientos de la artesa.	111
Figura 52 Factor de seguridad de la artesa.	112
Figura 53 Ubicación de la placa base.....	113
Figura 54 Tensión de Von Mises de la placa base.	116
Figura 55 Desplazamientos de la placa base.	116
Figura 56 Tensión de Von Mises de la placa base.	117
Figura 58 Circuito de potencia.....	125
Figura 59 Circuito de control.....	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Mapa de procesos.....	6
Tabla 2 Suplementos para los concentrados.	9
Tabla 3 Tipos de transportador de tornillo sin fin [15].	13
Tabla 4 Esquema de ponderación para la selección de alternativas [36].	22
Tabla 5 Materiales [37], [38].	25
Tabla 6 Medición de tiempo de mezclado.	49
Tabla 7 Características maíz en semilla.	49
Tabla 8 Características maíz quebrado.	49
Tabla 9 Matriz de ponderación del tipo de sistema de transporte de tornillo sin fin.	54
Tabla 10 Matriz de ponderación del motor.	57
Tabla 11 Von Mises de tolva 1.	65
Tabla 12 Desplazamientos.	66
Tabla 13 Capacidad de tornillo sin fin vertical [17].	76
Tabla 14 Condiciones de carga.	78
Tabla 15 Von Mises para diferentes espesores.	80
Tabla 16 Desplazamientos para diferentes espesores.	81
Tabla 17 Factor de seguridad para diferentes espesores.	81
Tabla 18 Datos de bandas para el transporte 1.....	83
Tabla 19 Condiciones de carga.	99

Tabla 20 Von Mises para diferentes espesores.	101
Tabla 21 Desplazamientos para diferentes espesores.	102
Tabla 22 Factor de seguridad para diferentes espesores.	103
Tabla 23 Condiciones de carga.	107
Tabla 24 Von Mises de acuerdo con el espesor de la artesa.	111
Tabla 25 Desplazamientos de acuerdo con el espesor de la artesa.	111
Tabla 26 Factor de seguridad de acuerdo con el espesor de la artesa.	112
Tabla 27 Condiciones de carga.	114
Tabla 28 Von Mises para diferentes espesores.	116
Tabla 29 Desplazamientos para diferentes espesores.	117
Tabla 30 Factor de seguridad para diferentes espesores.	117
Tabla 31 Datos de la banda para el transporte 2.	122
Tabla 32 Datos para el transporte 2.....	123
Tabla 33 Componentes eléctricos.	124
Tabla 34 Materia prima requerida para la construcción del sistema de transporte.	126
Tabla 35 Elementos normalizados para la construcción del sistema de transporte.	127
Tabla 36 Insumos para la construcción del sistema de transporte.	128
Tabla 37 Herramientas para la construcción del sistema de transporte.	129
Tabla 38 Equipos requeridos para la construcción del sistema de transporte.	129

Tabla 39 Equipos para protección personal en la construcción del sistema de transporte.	130
Tabla 40 Procesos de construcción de la tolva.....	131
Tabla 41 Procesos de ensamble de la tolva.....	135
Tabla 42 Procesos de construcción de los transportadores.....	136
Tabla 43 Procesos de ensamble de los transportadores.....	139
Tabla 44 Costos de los materiales.....	140
Tabla 45 Costos de los materiales normalizados.....	141
Tabla 46 Costos directos para la construcción del sistema de transporte.....	142
Tabla 47 Costos indirectos para la construcción del sistema de transporte.....	142
Tabla 48 Datos eléctricos del motor correspondiente al transportador 1 sin cargar el sistema.....	143
Tabla 49 Datos eléctricos del motor correspondiente al transportador 2 sin cargar el sistema.....	143
Tabla 50 Verificación de componentes sin cargar el sistema.....	144
Tabla 51 Datos eléctricos del motor correspondiente al transportador 1 con el sistema cargado.....	145
Tabla 52 Datos eléctricos del motor correspondiente al transportador 2 con el sistema cargado.....	145
Tabla 53 Capacidad de los transportadores.....	146
Tabla 54 Verificación de componentes con el sistema totalmente cargado.....	147

Tabla 55 Características del sistema de transporte.	148
Tabla 56 Requerimiento de limpieza.	150
Tabla 56 Cronograma de mantenimiento mecánico.....	150
Tabla 57 Requerimientos de lubricación.....	151

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Visita a la avícola Victoria Israel.	161
Anexo 2 Factor de paso [44].	162
Anexo 3 Coeficiente C_f [44].	162
Anexo 4 Coeficiente en función del grupo [44].	162
Anexo 5 Fragmento de las características del material [45].	163
Anexo 6 Tabla de coeficiente F_d [44].	164
Anexo 7 Tabla de coeficiente F_b [44].	164
Anexo 8 Factor de sobrecarga F_o [44].	165
Anexo 9 Cálculo de bandas en V del transportador 1.	166
Anexo 10 Cálculo de bandas en V del transportador 2.	167
Anexo 11 Propiedades torsionales de las soldaduras de filete [34].	168
Anexo 12 Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete [34].	169
Anexo 13 Fotos de la construcción del sistema de transporte.	170

RESUMEN

El presente proyecto técnico describe el diseño y construcción de un sistema de transporte para la producción de alimento concentrado, en el cual se trasladan las materias primas de un lugar a otro durante todo el proceso de fabricación del concentrado evitando así el esfuerzo humano.

Cada una de las máquinas que componen este sistema han sido diseñadas respetando parámetros de pasos de hélice, procesos de producción, tipo de material, peso específico de granos y ergonomía.

Se diseñaron dos transportadores de tornillo sin fin y dos tolvas de almacenamiento los cuales trabajan con el flujo y el volumen respectivamente requeridos en la avícola. Los tornillos sin fin cuentan con rejas de seguridad para evitar el atrapamiento de los operarios.

En el caso de los dos transportadores y las tolvas de almacenamiento fueron realizados con acero estructural ASTM A36 en su mayoría; cada uno de los tornillos sin fin cuentan con un paso de hélice diferente en base a la inclinación que presente. Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento se pudo evidenciar que el transportador 1 tiene una capacidad de 8 ton/h y el transportador 2 de 4 ton/h cumpliendo con los requerimientos de la avícola.

Palabras clave: Tornillos sin fin, Tolva, Helicoidal, Alimento concentrado, Avícola, Carga de Artesa.

ABSTRACT

This technical project describes the design and construction of a conveying system for the production of concentrate feed, in which raw materials are moved from one place to another during the entire concentrate manufacturing process, thus avoiding human effort.

Each of the machines that make up this system have been designed respecting parameters of screw pitches, production processes, type of material, specific weight of grains and ergonomics.

Two screw conveyors and two storage hoppers were designed to work with the flow and volume respectively required in the poultry farm. The screw conveyors are equipped with safety grids to prevent operator entrapment.

In the case of the two conveyors and the storage hoppers, most of them were made of ASTM A36 structural steel; each of the augers has a different helix pitch depending on the inclination. Once the operation tests were carried out, it could be seen that conveyor 1 has a capacity of 8 tons/h and conveyor 2 of 4 tons/h, meeting the requirements of the poultry farm.

Key words: Screw conveyors, Hopper, Helical, Concentrated feed, Poultry, Trough loading.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

Tema:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO CONCENTRADO PARA AVES EN LA AVÍCOLA VICTORIA ISRAEL DE HUAMBALÓ PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

1.1 Antecedentes investigativos

En la avícola Victoria Israel del Huambaló provincia de Tungurahua se producen huevos destinados a la alimentación humana, los cuales son obtenidos de varios lotes de gallinas que se encuentran distribuidas en 3 galpones principales. Para una adecuada producción de huevos, las gallinas deben ser alimentadas con una dieta adecuada. El alimento balanceado es producido dentro de la misma avícola, para lo cual se cuentan con instalaciones adecuadas destinadas al embodegado de las materias primas, área de producción y embodegado del producto final.

En Arequipa – Perú se realizó la propuesta de un sistema de transporte helicoidal para uva tipo móvil con una capacidad de 1 ton/h en la cual se concluyó construir el transportador de 16 pies de longitud y un acople de tractor para moverlo, además el tiempo de destilado de pisco se redujo considerablemente [1]. En Valparaíso – Chile se realizó el estudio, puesta en marcha y proposición de ensayos para un transportador de tornillo en el cual se concluyó que la máquina es factible de estudiarla en cuanto a su motor, las potencias de accionamiento, corriente, torque, velocidad, esto ayuda en el aprendizaje de los alumnos en la universidad de la localidad [2]. En Riobamba – Ecuador se realizó el diseño y construcción de un dosificador de biomasa forestal para gasificador tipo downdraft ubicado en el laboratorio de térmicas de la facultad de mecánica en la cual se concluyó que en los transportadores de sólidos volumétricos son

utilizados en la agricultura, siendo los transportadores de tornillo los más económicos y sencillos de fabricar, además ayudan a controlar la dosificación lo que contribuyó a transportar 25.71 kg/h de biomasa forestal [3]. En Trujillo – Perú se realizó el diseño del conjunto de transportadores helicoidales para evacuar 1.8 t/h de ceniza de la caldera de la empresa Agrolmos S.A.C. en la cual se llegó a la conclusión de que el material a transportar (ceniza) será evacuado en tres transportadores, cada uno descarga 616 kg/h en una longitud de 13.20 m, además la potencia necesaria es de 0.81 kw [4]. En Huancayo – Perú se realizó el diseño de una transportadora de harina para el traslado de molido en la empresa agroindustrial Vásquez S.A.C. en la cual se llegó a la conclusión que se puede evitar los riesgos en el personal ya que estos sufrían de lesiones con frecuencia por el traslado del material de forma manual, en este trabajo se empleó un transportador helicoidal con una inclinación de 15°, un motorreductor con una potencia de 0.27 Hp y velocidad de 292 rpm [5].

1.2 Justificación

El sector avícola en el Ecuador representa cerca del 12% de las actividades económicas en el país [6]. En donde los procesos requieren de una implementación tecnológica en su gran mayoría y más en el caso de la cadena alimenticia[7][8]. Por lo que la innovación y potencialización de prácticas avícolas, ayuda a prevenir la degradación causada por la contaminación, además de proteger y promover la soberanía alimentaria libre de insectos, larvas y demás contaminantes de acuerdo con la norma INEN 1829 [9]. La implementación de correctas prácticas para el mezclado y consolidación del concentrado se logra mediante la utilización de maquinaria aplicada, generando una mayor eficiencia en la producción de concentrado [10][11].

En la actualidad, el concentrado se procesa con los métodos no automatizados de transporte de los ingredientes, entre maquinaria y bodegas [12]. El concentrado se considera como una materia higroscópica, por lo que es de primordial importancia que tanto su producción como su almacenamiento sea libre de humedad, para evitar la descomposición del mismo y posteriormente no tener enfermedades en el animal

[13][14]. El sistema de transporte para el concentrado debe ser seleccionado correctamente, de tal manera que se evite la humedad en el alimento y así conservarlo en óptimas condiciones al momento de ser distribuido a bodegas o directamente a la ingesta de las aves [15].

En el país se han realizado proyectos de diseño y construcción de maquinarias que ayudan a la obtención de alimento concentrado para el consumo de animales, como es el caso de un mezclador, el cual permitió reducir los tiempos de obtención del alimento para ganado y una mejor homogeneidad de mezclado [16]. También se han implementado dispositivos electrónicos que contribuyen en el mezclado a exactitud de las materias agregadas para la producción del alimento concentrado [17]. Adicionalmente existen estudios en donde se demuestra la viabilidad que tiene la implementación de una planta productora de alimento balanceado semiautomática para el sector avícola, en base a la eficiencia que presenta y la rentabilidad que se obtiene al fabricar el alimento en vez de adquirir alimento ya procesado [18].

En la industria alimenticia son utilizados diferentes tipos de sistemas de transporte entre ellos: los elevadores de cangilones, dispositivos de gravedad, transportadores vibratorios, tornillo sinfín, transportadores de cadena, transportadores hidráulicos y neumáticos, entre otros. En la producción de balanceados debido a la utilización de materia prima a granel, son mayormente utilizados los transportadores de tornillo sin fin, los cuales se clasifican en: de hélice seccional, hélice helicoidal, de paletas cortadas, de paletas tipo cinta, con palas, de paletas plegadas y cortadas, de paso corto de paletas cortadas con palas, de palas, de paletas distribuidas formando un cono, de diámetro escalonado, de paso escalonado, de paso largo, de doble paleta y con doble o triple paso[19][20]. También se los puede clasificar de acuerdo con el ángulo de inclinación en: horizontales, inclinados y verticales. Los transportadores de tornillo pueden presentar hélice derecha o izquierda según el sentido de giro que se requiera [21]. Debido a criterios de selección que va en función del elemento a transportar, de la distancia o altura de transporte [22][23]. Cuando se utilizan estos sistemas de transporte deben existir tolvas con una configuración, que pueda recibir o despachar la materia sin

incomodar al mecanismo de transporte con una capacidad de almacenamiento acorde a los requerimientos de la línea de producción [24].

En Arequipa – Perú se hizo un proyecto para el desarrollo de un sistema de llenado de balanceado en los camiones previo a su transporte, con el uso de un tornillo sinfín el cual resultó bastante apto debido al trayecto recto desde el suelo hasta la parte superior de los camiones [25]. Además de la parte mecánica, la automatización de los sistemas ayuda considerablemente al desempeño de estos, llegando a aumentar su eficiencia productiva hasta en un 40% y generar hasta un 61 % de ahorro en mano de obra[26]. La división de cada uno de los procesos permite que cada uno de ellos pueda ser automatizado, esto puede ser realizado en maquinarias modernas y también en algunas que se hayan operado manualmente con anterioridad [27]. En Quevedo – Ecuador se realizó un proyecto del diseño de una maquina mezcladora de alimento balanceado en la cual se usó un tornillo sinfín, la misma permitió incrementar la producción de balanceado notablemente y también dejar de lado el excesivo esfuerzo humano que se empleaba antes del proyecto[28].

Con el fin de obtener una mayor cantidad de alimento concentrado producido en el menor tiempo posible dentro de la avícola Victoria Israel, se plantea el presente proyecto, en donde se busca implementar un sistema mecánico que favorece tanto a la distribución como al transporte de materia prima y del producto final.

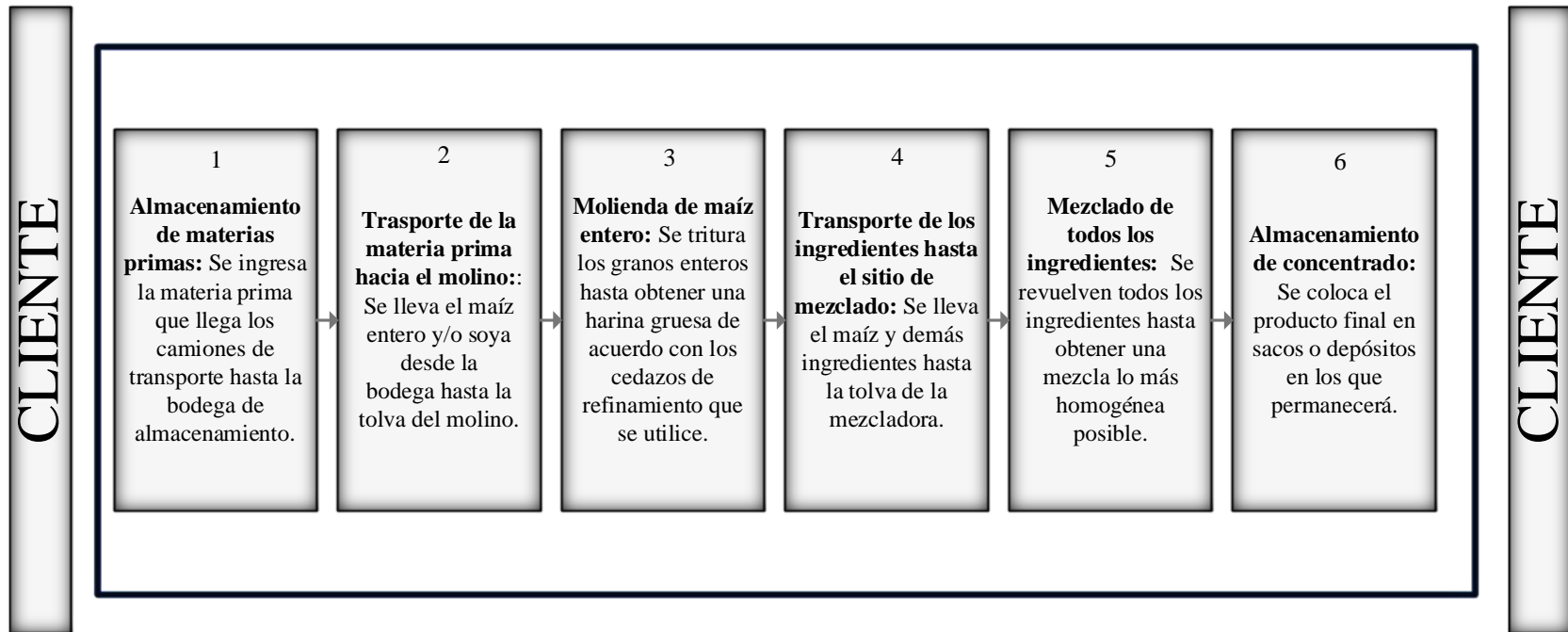
1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Proceso de producción de balanceados

El proceso de producción del balanceado inicia cuando los camiones cargados de materia prima como maíz, soya, derivados de trigo, derivados de arroz, suplementos, aceites vegetales, melaza, etc. Ingresan a la planta de producción, inicialmente estos camiones son descargados y clasificados en bodegas de almacenamiento, posteriormente, en base al requerimiento alimenticio que las aves necesitan en la avícola, se producen lotes de alimento, los cuales inician con el transporte del maíz seco desde la bodega de almacenamiento hasta la parte alta de la tolva del molino para su trituración, este cereal necesita una granulometría en base a la edad de las aves, siendo de granulometría fina para edades menores y de mayor granulometría para edades adultas, esta granulometría se consigue mediante cedazos establecidos por el fabricante, una vez obtenido el maíz molido, se lo transporta hacia la sección de mezclado conjuntamente con los demás ingredientes y suplementos. Todos los ingredientes son mezclados hasta lograr obtener una consistencia del 95% de homogeneidad. Que sería el producto final para la alimentación de las aves, el cual es dosificado en cada galpón y alimentador para un determinado lote de aves.

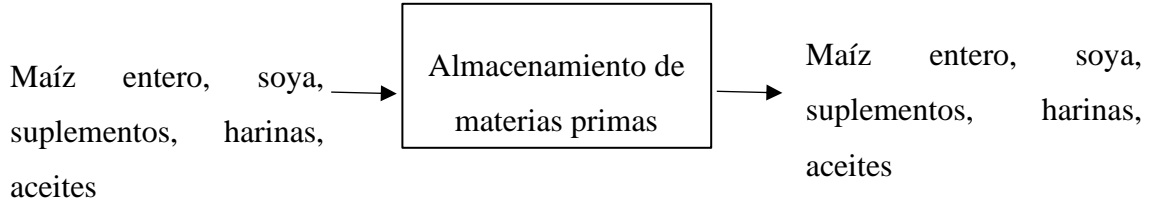
- **Mapa de procesos**

Tabla 1 Mapa de procesos.



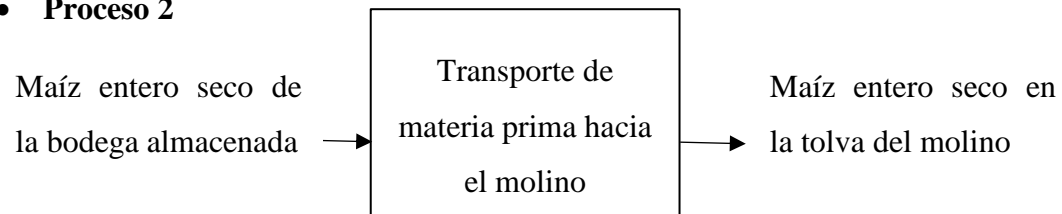
Procesos detallados

- **Proceso 1**



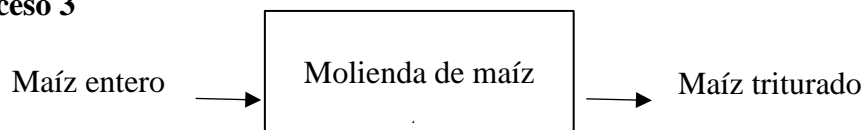
Todos los ingredientes se almacenan en un lugar fresco y seco con una temperatura no mayor a 25 °C.

- **Proceso 2**



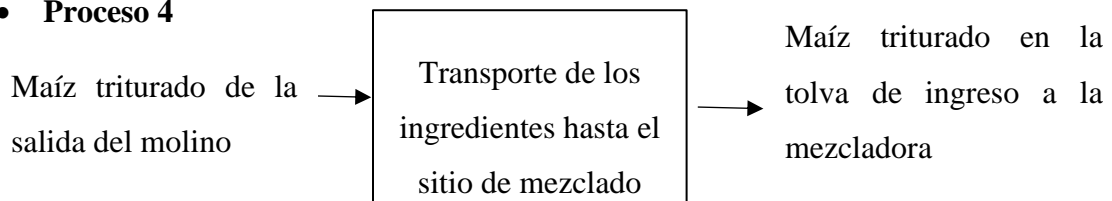
El maíz entero se transporta desde la bodega de almacenamiento hacia la tolva de ingreso del molino.

- **Proceso 3**



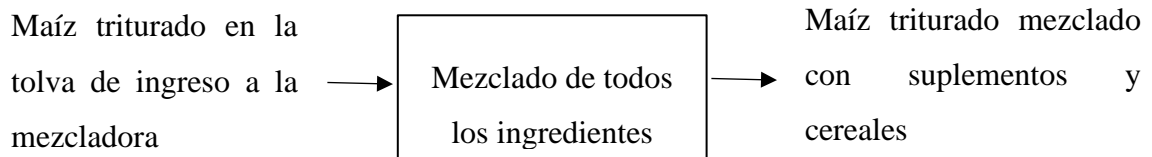
El maíz entero es triturado hasta obtener una granulometría más fina.

- **Proceso 4**



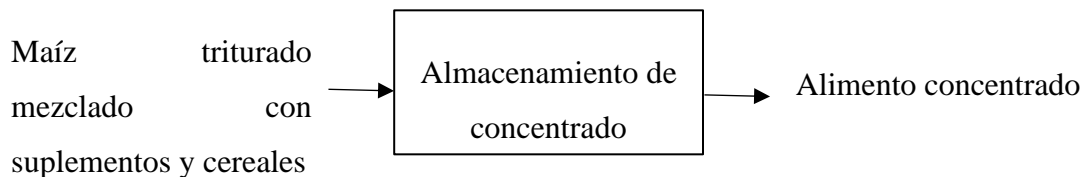
Se transporta el maíz triturado hacia la tolva de ingreso a la mezcladora.

- **Proceso 5**



Los ingredientes se mezclan hasta obtener una homogeneidad de mezclado del 95%.

- **Proceso 6**



El alimento concentrado debe mantenerse en un ambiente fresco y seco durante su almacenamiento previo a la dosificación.

Propiedades de los balanceados

- **Humedad**

El producto debe ser almacenado en condiciones adecuadas de humedad, para evitar las contaminaciones por insectos, huevos, larvas entre otros elementos extraños que afecten al valor nutricional del alimento [29].

- **Temperatura**

La elaboración de los concentrados alimenticios para aves no necesita una temperatura en específico para su producción, sin embargo, se considera una temperatura ambiente para su producción. En cuestión de almacenamiento si se debe considerar una temperatura adecuada para evitar la generación de hongos y bacterias [29].

- **Composición**

La cantidad de concentrado que se produce en la avícola Victoria Israel es de 1.71 toneladas al día, producidas en tres lotes de 0.57 toneladas, con procesos de molienda y mezclado en donde intervienen suplementos y granos como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2 Suplementos para los concentrados.

Materia Prima	Cantidad (kg)
Maíz molido	356
Soya	136
Afrecho de trigo	15
Polvillo	20
Carbonato de calcio	10
Aceite de palma	10
Melaza	9
Suplementos	14.25
TOTAL	570,25

Fuente: Avícola Victoria Israel.

Una vez mezclados todos los suplementos y cereales para la fabricación de concentrados alimenticios, se puede obtener de varias formas para la ingesta de las aves. Los balanceados se procesan en formas de alimentación como pellets o harinas. La utilización de harinas son para los periodos iniciales de crecimiento de las aves hasta su etapa de engorde en donde se utiliza el alimento en forma de pellets para un mayor control en la dosificación de alimento a las aves y menor desperdicio.

1.3.2 Maquinaria utilizada en la fabricación de balanceados

- **Molino**

La función principal de un molino es triturar todo tipo de granos y cereales hasta obtener una consistencia fina o en forma de harina, existe una variedad de molinos como los de placas, martillo, rodillos. En donde se suministra el maíz en grano y se obtiene el maíz molido para su posterior mezcla con los suplementos [30].

- **Mezcladora**

La función principal de una mezcladora es producir una mezcla homogénea de todos los granos y suplementos, mediante la utilización de una mezcladora en la mayoría de los cereales utilizados para la producción de concentrado para aves como el maíz, la cebada y los suplementos vitamínicos, genera alimento con tamaño y forma adecuada para la alimentación de las aves acorde a su edad [30].

- **Transporte**

La función principal de un sistema de transporte en la producción de alimentos balanceados es la movilización de los distintos granos y suplementos que intervienen para la consolidación de un concentrado alimenticio para las aves, siendo transportados desde un proceso inicial hacia un proceso final mediante diferentes métodos básicos o formas de transporte [31].

1.3.3 Procesos de transporte en la fabricación de balanceados

En la producción de concentrado para aves existen 4 procesos primordiales los cuales son: recepción de materia prima en bodega, silos, sacos; molienda de granos; mezclado de granos con sustancias o suplementos y despacho del concentrado a los comederos o almacenamiento, sin embargo estos procesos no son suficientes para complementar la producción de concentrado, es ahí en donde ingresan los sistemas de transporte, que se encargan de trasladar las materias primas y elaboradas de una máquina a otra [32].

- **Transporte manual**

Actualmente las avícolas cuentan con únicamente maquinaria para realizar los procesos fundamentales como son la molienda y el mezclado, pero el traslado de la materia prima se lo hace mediante el uso de sacos, en los que se deposita la materia y posteriormente una o varias personas cargan estos sacos desde un lugar a otro como se indica en la Figura 1.



Figura 1 Proceso manual de transporte de concentrado [33].

- **Transporte mediante maquinaria**

En las grandes industrias productoras de balanceados para distintos tipos de animales se cuenta con una mayor tecnología en donde la mayoría de los procesos son automatizados y el personal únicamente se encarga de la revisión del correcto funcionamiento de las mismas, de igual manera ocurre con el transporte de la materia, esta es llevada de un lugar a otro haciendo usos de transportadores y elevadores con los que se cuenta actualmente como se indica en la Figura 2.



Figura 2 Transporte de balanceado con el uso de máquinas [34].

1.3.4 Partes principales de un transportador de tornillo sin fin

Una maquina transportadora de tornillo sin fin es diseñada y construida por elementos hechos en acero al carbono, aceros inoxidables o galvanizados que son recomendados para la industria de los alimentos concentrados.

En la Figura 3 se muestran las partes principales de un transportador de tornillo sin fin.

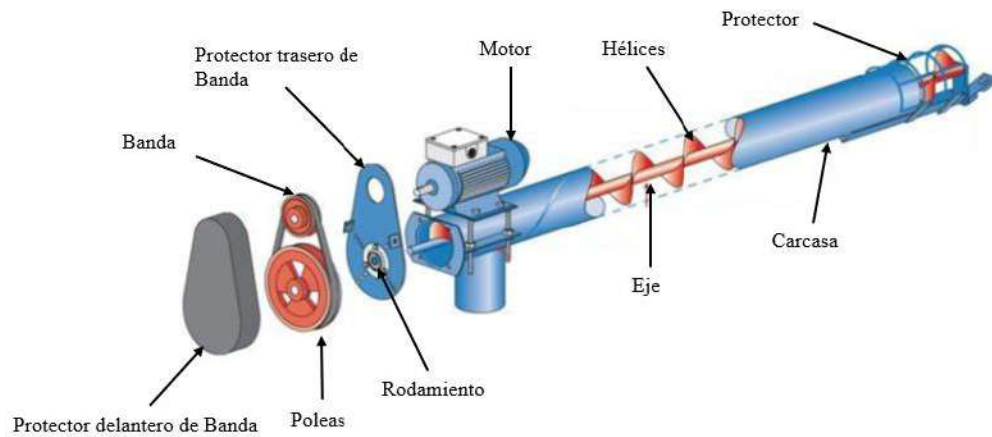


Figura 3 Partes principales de un transportador de tornillo sin fin [35].

1.3.5 Tipos de transportadores de tornillo sin fin

El transportador de tornillo sin fin es un espiral de acero que generalmente se encuentra alrededor de un eje, gira dentro de un canal para lograr el transporte o mezcla de varios materiales abrasivos o no abrasivos en diferentes posiciones como horizontal, verticales e inclinadas, es accionado por un motor eléctrico o de combustión acoplado por medio de engranajes o cadenas.

Los transportadores de tornillo sin fin se clasifican de acuerdo con la aplicación que se requiere para distintos materiales como cereales, carbón, piedra, arena hasta líquidos, además de la disposición a la que se van a exponer ya sea horizontal, vertical o con inclinación. Su principal función es transportar distintos materiales, pero de acuerdo a su configuración se logra transportar y mezclar varios materiales.

Tabla 3 Tipos de transportador de tornillo sin fin [19].


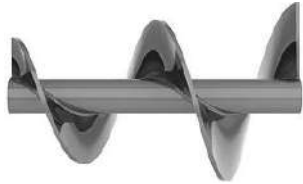
NOMBRE	DEFINICIÓN	DISPOSICIÓN	APLICACIÓN	IMAGEN
Transportador de tornillo sin fin estándar	Tornillo sin fin con un paso continuo, de acuerdo con la posición de trabajo del transportador.	Transporte inclinado, horizontal y vertical.	Gran cantidad de materiales, a granel, polvos, mezclas.	
Transportador de tornillo sin fin cónico	Tornillo sin fin cónico presenta un incremento continuo en el volumen de transporte.	Horizontal, vertical y con inclinaciones.	Materiales de gran tamaño.	

Tabla 3 Tipos de transportador de tornillo sin fin [15] (continuación).



NOMBRE	DEFINICIÓN	DISPOSICIÓN	APLICACIÓN	IMAGEN
<p>Transportador de tornillo sin fin de paletas</p>	<p>Tornillo sin fin formado por un tubo central cuadrado o redondo, con paletas helicoidales.</p>	<p>Horizontal, vertical.</p>	<p>Utilizado en mezcladoras de productos secos con adición de líquidos,</p>	
<p>Transportador de tornillo sin fin progresivo</p>	<p>Tornillo sin fin de paso variable, aumentando gradualmente el volumen de producto que puede ingresar al transportador.</p>	<p>Horizontal y con ángulos de inclinación.</p>	<p>Material a granel, polvos, mezclas.</p>	

Tabla 3 Tipos de transportador de tornillo sin fin [15] (continuación).



NOMBRE	DEFINICIÓN	DISPOSICIÓN	APLICACIÓN	IMAGEN
<p>Transportador de tornillo sin fin con doble o triple paso</p>	<p>Tornillo sin fin con doble o triple inicio.</p>	<p>Transporte horizontal, inclinado y vertical.</p>	<p>Acelera el proceso de transporte en la entrada del transportador, generalmente utilizado en perforaciones.</p>	
<p>Transportador de tornillo sin fin con corte o muescas</p>	<p>Tornillo sin fin con muescas perpendiculares a la superficie helicoidal.</p>	<p>Mezcla horizontal y vertical.</p>	<p>Mezclador suave para diferentes materiales.</p>	

Tabla 3 Tipos de transportador de tornillo sin fin [15] (continuación).





NOMBRE	DEFINICIÓN	DISPOSICIÓN	APLICACIÓN	IMAGEN
Transportador de tornillo sin fin sin eje central	Tornillo sin fin sin centro.	Transporte horizontal.	Transportar material pegajosos o fibrosos que se adhieren a el tubo central.	
Transportador de tornillo sin fin con hélice hueca	Funcionan como intercambiadores de calor para enfriar, calentar o descongelar el material que se transporta.	Transporte horizontal.	Transportar líquidos de calefacción o refrigeración.	

Tabla 3 Tipos de transportador de tornillo sin fin [15] (continuación).

NOMBRE	DEFINICIÓN	DISPOSICIÓN	APLICACIÓN	IMAGEN
Transportador de tornillo sin fin de listón con poste	Tornillo sin fin con postes que unen la hélice helicoidal con el tubo central.	Transporte horizontal.	Transporta materiales pegajosos o cohesivos.	
Transportador de tornillo sin fin con eje cónico	Tornillo sin fin de tubo central cónico que presenta un cambio incremental continuo en el volumen transportado.	Transporte horizontal, inclinado y vertical.	Transporta una gran cantidad de materiales de manera uniforme.	

1.3.6 Dispositivos auxiliares en los transportadores de tornillo sin fin

- **Tolvas**

Envases de distinta forma que almacena el material acumulado para su posterior transporte. Se fabrica en chapa metálica, su forma debe permitir una descarga sin interrupción del material.



Figura 4 Tolva [36].

- **Obturadores**

Se implementan obturadores (compuertas), para la apertura y cierre de los orificios en la salida y entrada de las tolvas de almacenamiento, para generar un flujo de carga regulado.

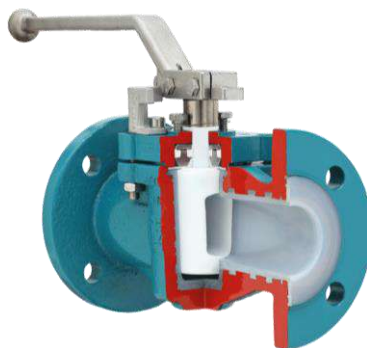


Figura 5 Obturador [37].

- **Alimentador**

Permiten el suministro sin interrupción de material en el sistema de transporte, mediante varios mecanismos vibratorios, oscilantes, de cadena y plato.



Figura 6 Alimentador [38].

1.3.7 Elementos que componen un sistema de transporte

- **Estructura de soporte**

La estructura de soporte del sistema de transporte está comprendida por varios elementos estructurales que serán diseñados en función de la carga que presente el sistema de transporte, dichos elementos serán fabricados en acero A36 [39].

- **Motor Eléctrico [40]**

Un motor eléctrico es seleccionado primordialmente por el tipo de corriente que se dispone y las tensiones que se manejan, en el mismo plano se toman en cuenta la potencia y la velocidad de giro que se necesita, sin embargo, existen otros criterios secundarios como son:

- el ambiente en el que va a estar funcionando el motor
- el tiempo de funcionamiento
- el ingreso de polvo, el ingreso de agua
- la resistencia al calentamiento
- los esfuerzos sobre los rodamientos
- las protecciones con las que cuenta

- **Ejes**

Una flecha o eje es un elemento utilizado para transmitir potencia desde una línea de acción a otra, un eje puede comprender varios elementos como son: poleas, engranes, volante de inercia, ruedas dentadas, manivelas, catarinas o similares [39].

El material de construcción de los ejes es elegido en función de la rigidez que esté presente, varios ejes están hechos de acero de bajo carbono, estirado en frío o laminado en caliente, ejemplos de esto pueden ser aceros AISI 1020 a 1050 [39].

Para elegir los ejes en determinada aplicación se debe tomar las siguientes consideraciones:

- Diseño de ejes para el esfuerzo
- Consideraciones sobre deflexión

Los ejes son considerados como elementos de materiales dúctiles, por lo que se pueden utilizar las teorías de falla correspondiente a este tipo de material. Debido a que la concentración de esfuerzos en los ejes pueden ser simplificados en esfuerzos de Von Mises medios y alternantes resulta mejor utilizar la teoría de diseño de *“la energía de distorsión para materiales dúctiles”* [39].

- **Bandas y poleas**

Existen distintos tipos de bandas, entre ellas están: bandas planas, redondas, tipo A, V y de sincronización, acuerdo a ellas también se presentan las polas que tienen ranuras en las que se encajan las bandas. Para la selección de bandas y poleas se toma en cuenta la

transmisión de potencia y velocidad como punto principal, a más de ello existen consideraciones como:

- Ángulo de contacto
- Longitud de la banda
- Velocidad lineal de la banda
- Fuerza centrífuga
- Fuerzas radiales
- Fuerzas tangenciales
- Tensiones en lado flojo y lado ajustado

En base al material y al espesor de la banda se puede utilizar solo una o varias bandas para un mismo par de transmisión de potencia.

- **Cojinetes**

Existen dos tipos de cojinetes, los cojinetes de contacto rodante y los cojinetes de contacto deslizante. En este caso se hablará del primero, los cojinetes de contacto rodante o también llamados rodamientos son elementos que ayudan a reducir la fricción entre dos superficies en contacto y aunque no se elimina por completo estos cojinetes son considerados como ‘antifricción’. Estos cojinetes pueden ser de bola o de rodillos cilíndricos. Al diseñar un rodamiento se debe tomar en cuenta que estos ya existen en catálogo, por lo que se debe realizar una selección en base a los catálogos de los fabricantes.

- **Análisis de alternativas [41]**

A la hora de realizar un diseño, cualquiera que fuere, se cuenta con más de una alternativa de un elemento o conjunto de elementos a diseñar. El diseñador debe tomar una decisión de tal manera que el producto sea el más adecuado para cumplir las actividades que se requieran, a esto se le llama proceso de selección, en donde se requiere de conocimientos avanzados para tomar la mejor decisión, incluso este proceso

puede ser llevado a cabo por más de una persona. Existen varios métodos que llevan a tomar una decisión entre las alternativas existentes, los cuales se enlistan a continuación:

- Comparación basada en el método de criterios.
- Selección del concepto pugh.
- Escala de medición.
- Matriz de decisión ponderada.
- Proceso de jerarquía analítica.

Para el presente proyecto se requiere de la selección del sistema de transporte de concentrado óptimo, debido a que se cuenta con una gran variedad de estos sistemas. En base a que se cuentan con varios criterios resulta mejor la utilización del método de matriz de decisión ponderada.

- **Matriz de decisión ponderada**

Este método consiste en dar criterios cuantificables en base a la decisión que se desea tomar. Los criterios pueden ser ubicados en una tabla en donde también se encuentre las alternativas para realizar la ponderación. Los valores de ponderación pueden encontrarse en un rango de 0 a 10 en donde 0 indica la de menor cumplimiento y 10 la de mayor cumplimiento, o de 0 a 4 en donde 0 indica la de menor cumplimiento y 4 la de mayor cumplimiento, como se indica en la Tabla 4.

Tabla 4 Esquema de ponderación para la selección de alternativas [41].

Escala de 11 puntos	Descripción	Escala de 5 puntos	Descripción
0	Solución totalmente inútil	0	Inadecuado
1	Solución muy inadecuada		
2	Solución débil	1	Débil
3	Mala solución		
4	Solución tolerable	2	Satisfactorio
5	Solución satisfactoria		

Tabla 4 Esquema de ponderación para la selección de alternativas [36] (continuación).

Escala de 11 puntos	Descripción	Escala de 5 puntos	Descripción
6	Buena solución con algunos inconvenientes	3	Bueno
7	Buena solución		
8	Muy buena solución		
9	Excelente (supera el requisito)	4	Excelente
10	Solución ideal		

Existen criterios de mayor importancia que otros por lo que no resulta suficiente sumar el total de los puntos para seleccionar, sino se necesita un factor de ponderación para cada criterio el cual indique el porcentaje de importancia que tiene en el diseño, este factor de ponderación puede ser obtenido en base a un árbol de objetivos en el cual se indiquen los criterios desglosados y se dé un porcentaje de mayor a menor importancia [41].

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar y construir un sistema de transporte en la producción de alimento concentrado para aves en la avícola VICTORIA ISRAEL de Huambaló provincia de Tungurahua.

1.4.2 Objetivos específicos

- Establecer la alternativa adecuada para el sistema de transporte de tornillo sin fin a construir.
- Determinar los parámetros de diseño del sistema de transporte.
- Seleccionar y diseñar cada una de las partes que componen el sistema de transporte.
- Construir el sistema de transporte y realizar pruebas de funcionamiento.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente proyecto se prevé realizar un análisis de la situación actual que presenta la avícola Victoria Israel, en cuanto a la elaboración de alimento balanceado para aves, donde se planea realizar una visita de campo a las instalaciones de la avícola, recopilando información. Posteriormente, se realizará una selección del tipo de transportador de tornillo sin fin más apropiado, mediante una ponderación de parámetros, entre los más usados. Una vez seleccionado el tipo de sistema de tornillo sin fin, se diseñarán los elementos que lo conforman, como los transportadores, tolvas de carga y descarga, haciendo uso de herramientas software CAD, en los cuales se pretende realizar el dimensionamiento en base a los requerimientos de la avícola, además, la elaboración de planos de montaje y de fabricación. Finalmente, con las medidas de cada componente, estos serán fabricados con la ayuda de procesos manuales y semiautomáticos de algún taller metalmecánico. También evaluar el desempeño del sistema de transporte y la mejora en el proceso de elaboración de alimento concentrado para aves.

2.1 Materiales

A continuación, en la Tabla 5 se detallan los materiales a utilizar en la fabricación de la estructura, las tolvas, entre otros componentes del sistema de transporte.

Tabla 5 Materiales [42], [43],[44].

Material	Resistencia a la tracción MPa (Kpsi)	Límite elástico MPa (Kpsi)	Características	Descripción
Acero ASTM A36	400 (58)	250 (36)	Excelente ductilidad y tenacidad Es blando y resistente buena maquinabilidad buena soldabilidad económico.	Acero de carácter estructural más utilizado en el Ecuador gracias a sus propiedades y a la facilidad que brinda para la construcción.
Acero ASTM A 653 CS	450 (65)	340 (49)	Excelente resistencia a la corrosión, durabilidad resistente, buena maquinabilidad, económico.	Acero utilizado para aplicaciones de elevado requerimiento como: equipos de procesamiento de alimentos, material de techos, refrigeración, metalmecánica.

Tabla 5 Materiales [37], [38], [44] (continuación).

Material	Resistencia a la tracción MPa (Kpsi)	Limite elástico MPa (Kpsi)	Características	Descripción
Acero AISI 1018	410 – 520 (49 - 75)	235 (35)	Calidad AISI 1018, con cementación no aleado, resistente al desgaste.	Acero utilizado en la fabricación de levas, pernos grado 3, uniones, bujes, ejes.
Aluminio 6082	310 (44)	210 (30)	Características media y buena forjabilidad, presenta buena resistencia a fatiga, torsión.	Aplicado en estructuras ligeras en ferrocarriles, plataformas marítimas, construcciones navales, sistemas hidráulicos, tornillería, remaches, moldes, poleas, etc.

Tabla 5 Materiales [37], [38], [44] (continuación).

Material	Resistencia a la tracción MPa (Kpsi)	Limite elástico MPa (Kpsi)	Características	Descripción
ASTM A500 grado C	430 (62)	320 (46)	Excelente conductividad a la soldadura presenta buena resistencia a la tracción y flexión.	Aplicado en transporte de líquidos a baja presión, construcción, tubería.
ASTM A307	689 (100)	230 (33)	Acero al carbono de baja resistencia fabricados a partir del acero A36.	Aplicado en pernos y varillas roscadas para la industria.

2.1.1 Equipos

- **Equipo de Soldadura**

El proceso de soldadura es definido como la unión de dos o más piezas metálicas mediante material de aporte o sin él, principalmente por el cambio de temperatura ya sea con o sin material de aporte.

- Soldadura por arco metálico en corto circuito protegido con gas (GMAW)

El proceso de soldadura se utiliza mediante la elevación a altas temperaturas, mediante un arco eléctrico, mediante un gas se protege el electrodo consumible en cortos circuitos repetidos para generar el cordón de soldadura. Para la fabricación del sistema de transporte se utiliza la soldadora Carbone TIG 200.

- Soldadura mediante arco eléctrico (SMAW)

La soldadura SMAW es un proceso de soldadura por arco metálico protegido, el cordón de soldadura se genera por el arco generado entre un electrodo recubierto y el baño de soldadura. Además de generar una capa de escoria que protege el metal fundido del núcleo del electrodo[45], [46] [47]. Para la fabricación del sistema de transporte se utiliza La soldadora HIGERMAX 402.

- **Computador portátil**

Para el desarrollo de la memoria técnica y el diseño mediante software CAD, ejecución de planos de montaje y ensamble del sistema de transporte se utiliza el computador MSI GF 62 8RE.

- **Torno Convencional**

El torno es una máquina-herramienta que por medio de la revolución logra mecanizar piezas eliminando material dando forma cilíndrica y un acabado de acuerdo con la herramienta de corte a utilizar.

- **Cizalla**

La cizalla es una máquina utilizada para realizar cortes de planchas metálicas, para obtener planchas de dimensiones menores a la inicial con formas diferentes, en este caso se necesita de una cizalla manual.

- **Plegadora**

La plegadora es una máquina utilizada para doblar chapas y placas metálicas de acuerdo con la forma que se requiera para la fabricación de los diferentes componentes del sistema.

- **Herramientas de mano**

Las herramientas de mano son elementos que ayudan a manipular con mayor facilidad los distintos materiales utilizados. Ayudan en la manipulación de las juntas, entre ellos se encuentran:

- Martillo
- Remachadora
- Destornilladores
- Flexómetro
- Escuadra
- Alicates
- Taladro de mano
- Llaves mecánicas

2.2 Métodos

2.2.1 Exploratorio

Mediante el método exploratorio, se brindará la información y parámetros necesarios, para el dimensionamiento del sistema a implementar de acuerdo con las necesidades presentes, además del análisis de los distintos equipos y maquinarias utilizadas actualmente en la producción de concentrado para aves.

2.2.2 Descriptivo

Mediante la línea de investigación descriptiva, se investiga los diferentes métodos de transporte para la elaboración de concentrado para aves, además, describir y establecer los diferentes parámetros mecánicos que se presente en el diseño del sistema.

2.2.3 Bibliográfico

Mediante la línea de investigación bibliográfica, la utilización de fuentes internacionales serán el recurso que aporte con la mayor información sobre maquinarias, sistemas de transporte, factores agro-productivos, ya que en nuestro país la implementación de sistemas de transporte no es explotado por completo.

2.2.4 De campo

Mediante la investigación de campo, se recopila información necesaria para el dimensionamiento del sistema y de la tolva, materiales. Además de los factores contaminantes que influyen al momento de fabricar los concentrados para aves.

2.2.5 Etapas de desarrollo del proyecto

El presente proyecto se llevará a cabo en varias etapas secuenciales, de tal manera que se cuente con la información necesaria de cada una antes de pasar a la siguiente, a continuación, se describen estas etapas.

2.2.6 Diagrama de etapas

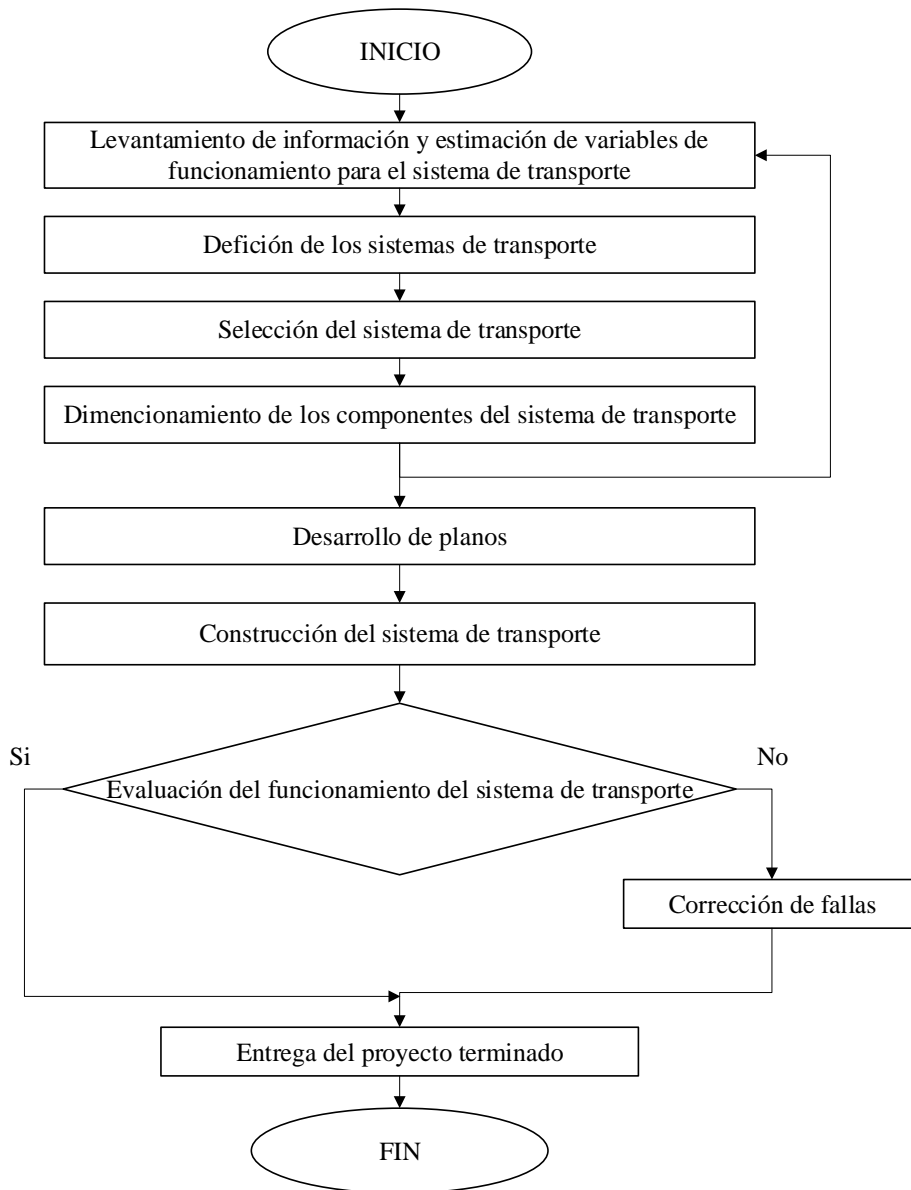


Figura 7 Diagrama de etapas.

2.2.7 Descripción de etapas

- **Levantamiento de información y estimación de variables de funcionamiento para el sistema de transporte**

La avícola actualmente cuenta con un proceso de producción básico para la producción de balanceado, el cual requiere de un sistema de transporte de tornillo sin fin para su completo funcionamiento. De manera que para el desarrollo del presente proyecto se partirá con las dimensiones de la planta de producción para saber las distancias que debe atravesar tanto la materia prima como el producto ya terminado.

- **Definición de los sistemas de transporte de tornillo sin fin**

Existen varios tipos de sistemas de transporte de tornillo sin fin en la actualidad los cuales se debe detallar cada uno, para tener una idea clara de cuál es el tipo de sistema de transporte de tornillo sin fin más apropiado para el presente proyecto.

- **Selección del sistema de transporte de tornillo sin fin**

Una vez que se conozcan todos los tipos de sistemas de transporte de tornillo sin fin que existen se debe seleccionar teniendo en cuenta los factores que se presentan dentro de la producción de balanceado en la avícola Victoria Israel.

- **Dimensionamiento de los componentes del sistema de transporte de tornillo sin fin**

Cuando se haya seleccionado el sistema de transporte de tornillo sin fin más apropiado y con la información recabada en la avícola se procederá a dimensionar cada uno de los componentes de tal manera que cumpla los requerimientos de producción.

- **Desarrollo de planos**

Cuando se cuenten con las medidas de diseño de cada uno de los componentes se procederá al desarrollo de los planos constructivos y de montaje para que pueda ser construido el sistema de transporte de tornillo sin fin.

- **Construcción del sistema de transporte de tornillo sin fin**

Con los planos desarrollados se procederá a la construcción de cada componente mediante el uso de procesos constructivos semi automáticos y manuales.

- **Evaluación del funcionamiento del sistema de transporte**

Una vez construido el sistema de transporte a la totalidad y realizado las conexiones necesarias se procederá a revisar el funcionamiento del mismo.

- **Corrección de fallas**

Finalizado la evaluación del funcionamiento del sistema de transporte se presentan dos opciones, si el diseño cumple con lo requerido se puede continuar con la entrega del proyecto, de otra forma al no cumplir con los requerimientos del sistema se procede a realizar las debidas correcciones en el diseño.

- **Entrega del proyecto terminado**

En el caso de que haya errores de funcionamiento se procederá a corregirlos con el fin de que el sistema de transporte de tornillo sin fin cumpla con los requerimientos de funcionamiento.

2.3 Ecuaciones

- **Volumen**

Para calcular el volumen de las tolvas de almacenamiento, de la referencia [48] se obtiene:

$$V = \frac{m}{\rho} \quad \text{Ec. (1)}$$

m = masa [kg]

p = densidad [kg/m³]

- **Presión vertical de tolvas**

De la referencia [48] se obtiene la fórmula para la presión en el fondo de la tolva:

$$P_v = \frac{\gamma R}{\mu \lambda} (1 - e^{-\frac{z}{Z_0}}) \quad \text{Ec. (2)}$$

γ = Peso específico

R = Radio hidráulico [ft]

μ = Coeficiente de fricción del material sobre el acero

λ = Relación entre presiones

z = Altura de la tolva [ft]

Z₀ = Factor de altura calculado [ft]

$$z_0 = \frac{R}{\mu \lambda} \quad \text{Ec. (3)}$$

- **Presión en las paredes de la tolva [48]**

$$P_h = P_v \lambda \quad \text{Ec. (4)}$$

- **Combinaciones de carga** [49]

$$P_u = 1.4 P_D$$

Ec. (5)

$$P_u = 1.2 P_D + 1.6 P_L$$

P_D = Carga muerta

P_L = Carga viva

- **Diámetro de tornillo sin fin** [50]

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 Q}{\pi} \frac{60}{3600 n F_p} \frac{1}{\gamma C C_f}}$$

Ec. (6)

n = Velocidad angular (50 rpm materiales pesados, 150 rpm materiales ligeros)

F_p = Factor de paso (Anexo 2, Anexo 4)

C_f = Factor de llenado (Anexo 3)

C = Factor de inclinación

γ = Peso específico de la semilla de maíz (Anexo 5) $\left[\frac{Ton}{m^3}\right]$

- **Capacidad equivalente** [51]

$$C_e = C C F_1 C F_2 C F_3$$

Ec. (7)

C = Capacidad requerida

$C F_1$ = Factor de capacidad para transportador con paso especial

$C F_2$ = Factor de capacidad para transportador con helicoidal especial

$C F_3$ = Capacidad para transportador con paletas mezcladoras

- **Velocidad angular del helicoidal [51]**

$$n = \frac{C_e}{C \text{ a } 1 \text{ rpm}} \quad \text{Ec. (8)}$$

C_e = Capacidad equivalente

C = Capacidad a 1 rpm

- **Potencia requerida por el transportador [21]**

$$hp = \frac{(hp_f + hp_m)}{e} F_o \quad \text{Ec. (9)}$$

hp_f = Potencia par impulsar el transportador vacío

hp_m = Potencia por el material transportador

F_o = Factor de sobrecarga

Si $Hp_f + Hp_m$ es menor a 5.2, seleccionar factor de sobrecarga F_o del Anexo 8

e = Factor de eficiencia de las transmisiones

- **Potencia para impulsar el transportador vacío [21]**

$$Hp_f = \frac{L_1 N F_d F_b}{1,000,000} \quad \text{Ec. (10)}$$

N = Velocidad del tornillo transportador [rpm]

L_1 = Longitud total del tornillo transportador [ft]

F_d = Factor de diámetro del transportador

F_b = Factor de cojinete de suspensión

- **Potencia para impulsar el material verticalmente [21]**

$$Hp_v = \frac{C L W F_v}{1,000,000} \quad \text{Ec. (11)}$$

C = Capacidad $\left[\frac{ft^3}{h} \right]$

L = Altura de elevación total [ft]

W = Densidad aparente del material a transportador $\left[\frac{lbs}{ft^3} \right]$

F_v = Factor empírico de manufactura

- **Potencia por el material transportado [21]**

$$Hp_m = \frac{C L W F_f F_m F_p}{1,000,000} \quad \text{Ec. (12)}$$

C = Capacidad $\left[\frac{ft^3}{h} \right]$

L = Altura de elevación total [ft]

W = Densidad aparente del material a transportador $\left[\frac{lbs}{ft^3} \right]$

F_f = Factor de corte

F_m = Factor de potencia de acuerdo al material

F_p = Factor de mezclado

- **Potencia total para transportadores verticales [21]**

$$hp = \frac{(Hp_f + Hp_v)}{0.9} \quad \text{Ec. (13)}$$

- **Potencia total para transportadores horizontales [21]**

$$hp = \frac{(Hp_f + Hp_m)}{e} \quad \text{Ec. (14)}$$

e = Factor de eficiencia de las transmisiones

- **Cálculo de potencia de elevación [21]**

$$Hp_{de\ elevacion} = \frac{Capacidad \left(\frac{lbm}{min}\right) \text{ Largo de la inclinacion (ft)}}{33000} \quad \text{Ec. (15)}$$

- **Torque [51]**

$$Torque = \frac{Hp\ de\ motor\ 63.025}{RPM\ de\ Helicoidal} \quad \text{Ec. (16)}$$

- **Teoría de falla de la energía de distorsión [39]**

En un caso de tensión en donde se considera la resistencia a la fluencia como el esfuerzo que puede ocurrir por la combinación real de los esfuerzos aplicados a un material.

$$\sigma' = \frac{S_y}{n} \quad \text{Ec. (17)}$$

S_y = Resistencia a la fluencia

n = Factor de seguridad

Esfuerzo equivalente

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

σ = Esfuerzo normal

τ = Esfuerzo debido a torsión

- **Pernos y remaches cargados en cortante [39]**

t = Espesor

d = Diámetro del perno

S_p = Límite elástico del perno

$(S_y)_{elem}$ = Límite elástico del material

n_d = Factor de seguridad

- **Aplastamiento de los pernos [39]**

$$F = \frac{2tdS_p}{n_d} \quad \text{Ec. (18)}$$

- **Aplastamiento de los elementos [39]**

$$F = \frac{2td(S_y)_{elem}}{n_d} \quad \text{Ec. (19)}$$

- **Cortante del perno [39]**

$$F = 0.577 \pi d^2 \frac{S_p}{n_d} \quad \text{Ec. (20)}$$

- **Soldadura sujeta a torsión**

- **Esfuerzo primario [39]**

$$\tau' = \frac{V}{A} \quad \text{Ec. (21)}$$

V = Fuerza cortante

A = Área de garganta

- **Esfuerzo secundario** [39]

$$\tau'' = \frac{Mr}{J} \quad \text{Ec. (22)}$$

M = Momento en el soporte

r = Distancia desde el centroide

J = Momento polar de inercia

- **Cortante máximo** [39]

$$\tau = \sqrt{(\tau'^2 + \tau''^2)} \quad \text{Ec. (23)}$$

- **Factor de seguridad criterio energía de la distorsión** [39]

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau} \quad \text{Ec. (24)}$$

S_{sy} = Resistencia a la fluencia cortante

- **Inercias**

- **Momento de inercia de un aro** [52]

$$I = \frac{\pi}{4}(R^4 - r^4) \quad \text{Ec. (25)}$$

R = Radio externo

r = Radio interno

- **Momento polar de inercia de un aro** [52]

$$I = \frac{\pi}{2}(R^4 - r^4) \quad \text{Ec. (26)}$$

- **Momento de inercia de un círculo [52]**

$$I = \frac{\pi}{4} r^4 \quad \text{Ec. (27)}$$

- **Deflexión al centro del claro en pulgadas [51]**

$$Def = \frac{5 WL^3}{384(29,000,000)(I)} \quad \text{Ec. (28)}$$

W = Peso total del helicoidal en libras

L = Longitud de helicoidal en pulgadas

I = Inercia del eje

- **Numero de hélices [51]**

$$\#_{Helices} = \frac{L}{p} \quad \text{Ec. (29)}$$

L = Longitud total del helicoidal

p = Diámetro del helicoidal

- **Presión [52]**

$$P = \rho g h \quad \text{Ec. (30)}$$

ρ = Densidad

g = Gravedad

h = Altura

- **Diseño de ejes a flexión**

- **Momento crítico** [39]

$$M = \sqrt{M_{maxp1}^2 + M_{maxp2}^2} \quad \text{Ec. (31)}$$

M_{maxp1} = Momento máximo en el primer plano

M_{maxp2} = Momento máximo en el segundo plano

- **Esfuerzo normal máximo a flexión** [39]

$$\sigma_{max} = \frac{M c}{I} \quad \text{Ec. (32)}$$

M = Momento crítico

c = Distancia máxima en Y

I = Momento de inercia

- **Esfuerzo debido a torsión** [39]

$$\tau = \frac{T r}{J} \quad \text{Ec. (33)}$$

T = Torque

r = Radio de la superficie exterior

J = Momento polar de inercia

- **Esfuerzo equivalente** [39]

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad \text{Ec. (34)}$$

$$\sigma_{eq} = \frac{S_y}{n} \quad \text{Ec. (35)}$$

σ = Esfuerzo normal

τ = Esfuerzo debido a torsión

- **Fatiga de un elemento** [39]

$$\frac{\sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_y} = \frac{1}{n} \quad \text{Ec. (36)}$$

σ'_a = Resistencia alterna

σ'_m = Resistencia media

- **Límite de resistencia a la fatiga** [39]

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e \quad \text{Ec. (37)}$$

k_a = Factor de superficie

k_b = Factor de tamaño

k_c = Factor de carga

k_d = Factor de temperatura

k_e = Factor de confiabilidad

k_f = Factor de efectos varios

S'_e = Límite de resistencia a la fatiga

- **Selección de rodamientos**

- **Vida nominal** [53]

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p [10^6 \text{ revoluciones}] \quad \text{Ec. (38)}$$

C = Capacidad de carga dinámica

P = Varga dinámica equivalente

p = Exponente de la vida

- **Factor de esfuerzos dinámicos** [54]

$$f_L = \sqrt[3]{\frac{L_h}{500}} \quad \text{Ec. (39)}$$

L_h = Vida nominal

- **Factor de velocidad** [54]

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33 \text{ 1/3}}{n}} \quad \text{Ec. (40)}$$

n = Velocidad angular de funcionamiento

- **Carga estática equivalente** [54]

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a \quad \text{Ec. (41)}$$

F_r = Carga radial

F_a = Carga axial

X_o = Factor de carga radial

Y_o = Factor de carga axial

- **Capacidad de carga estática requerida** [54]

$$C_o = f_s P_o \quad \text{Ec. (42)}$$

f_s = Factor de seguridad

P_o = Carga estática equivalente

- **Carga dinámica equivalente** [54]

$$P = X F_r + Y F_a \quad \text{Ec. (43)}$$

X = Factor de carga radial

Y = Factor de carga axial

- **Capacidad de carga dinámica requerida** [54]

$$C = \frac{f_L}{f_n} P \quad \text{Ec. (44)}$$

f_L = Factor de esfuerzos dinámicos

f_n = Factor de velocidad

P = Carga dinámica equivalente

- **Potencia** [53]

$$P = V I \cos \varphi \quad \text{Ec. (45)}$$

V = Voltaje

I = Intensidad

$\cos \varphi$ = Factor de potencia

2.4 Levantamiento de la información

Para recoger la información necesaria se realizó una visita a la avícola Victoria Israel, en donde se pudo constatar varios de los problemas presentes en la planta de producción de balanceado, en la Figura 8 se presenta la distribución de la planta en un área de 40 m² de producción con las diferentes etapas que requieren de transporte con el número de tolvas necesario, los cuales se espera dar solución por medio de la implementación del sistema

de transporte en un área de 10 m². En el Anexo 1 se presentan imágenes de la visita realizada a la avícola.

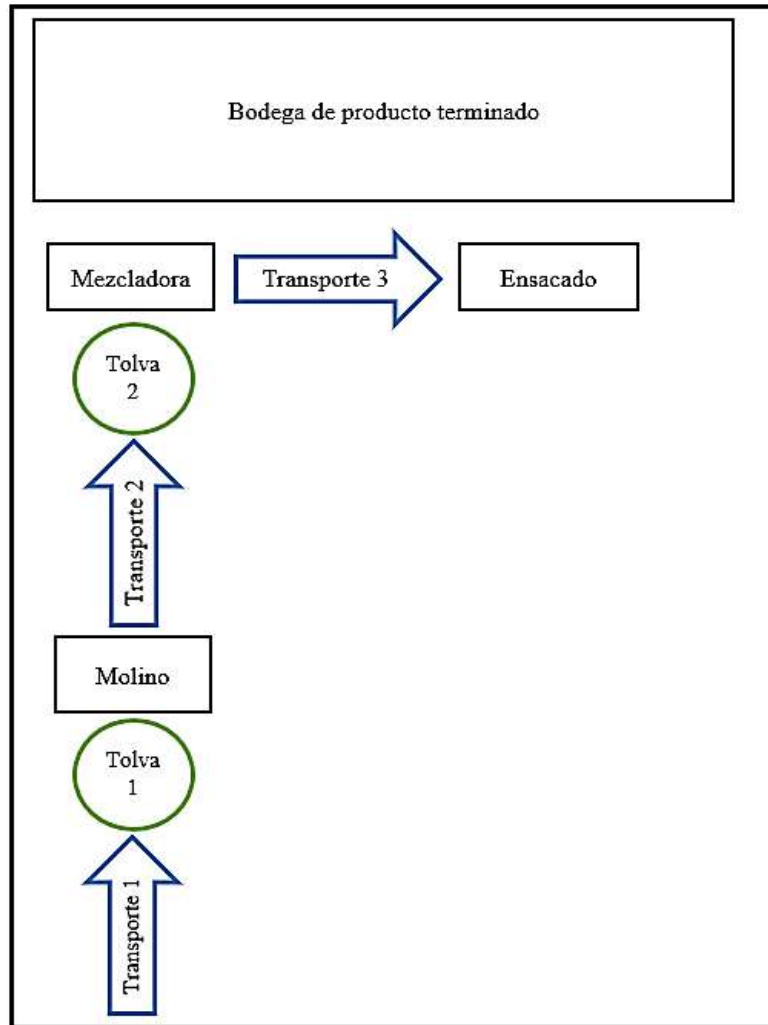


Figura 8 Distribución.

En la avícola Victoria Israel de Huambaló se produce alimento concentrado para las diferentes edades de las aves de postura de esta. La cantidad producida en promedio es de 1.71 toneladas diarias para 7000 aves. Para realizar este proceso la avícola cuenta con una planta de producción con dos máquinas para el proceso como son un molino de martillos y una mezcladora de tornillo sinfín, las cuales tienen una capacidad de producción de 4 horas por cada lote.

En la producción del alimento concentrado, se requiere de 3 etapas de transporte:

Transporte 1: Compreendida entre el ingreso de la materia prima y el molino, en donde se requiere transportar el maíz en grano desde la bodega hacia la tolva 1 en el molino de martillos que se encuentra a una altura superior a los 2 metros.

Transporte 2: Compreendida entre el molino de martillos y la mezcladora de tornillo sinfín, en esta etapa se requiere transportar el maíz molido desde la salida del molino hacia el ingreso de la mezcladora, además de permitir el ingreso de los demás componentes cereales y líquidos para la mezcla homogénea del concentrado.

Transporte 3: Requiere transportar el concentrado desde la salida de la mezcladora de tornillo sinfín hacia el ensacado el cual se puede suprimir al reubicar la máquina mezcladora.

Tolva 1: Ubicada en el ingreso del molino existe una tolva fabricada rústicamente entre madera y acero, se requiere rediseñar una tolva con la capacidad necesaria para almacenar tres lotes de producción de la avícola.

Tolva 2: Ubicada a la salida del molino para almacenar el maíz molido y depositar los demás cereales y líquidos hacia el ingreso de la mezcladora.

2.4.1 Molino

Del molino de martillos una vez realizado el proceso de molienda se continua con el ensacado del maíz quebrado para posteriormente depositarlo en la tolva de la máquina mezcladora como se indica en la Figura 9.



Figura 9 Proceso de molienda.

2.4.2 Mezcladora

La mezcladora de tornillo sin fin según el propietario tiene una capacidad máxima de 0,5 toneladas por lote. De igual manera se realizó una medición de la capacidad total para tener un valor acertado como se indica en la Figura 10.



Figura 10 Mezclado de balanceado.

Se procedió a ingresar maíz hasta el punto máximo en el cual se contabilizo 630 kg como la máxima capacidad de la mezcladora. Adicional se realizó cuatro mediciones del tiempo de mezclado de un quintal de 100 lb como se indica en la Tabla 6.

Tabla 6 Medición de tiempo de mezclado.

Dato	Tiempo
Medición 1	42 seg
Medición 2	41 seg
Medición 3	40 seg
Medición 4	41 seg

Se obtiene un promedio de las mediciones realizadas de 41 seg. Este dato será usado en cálculos posteriores.

2.4.3 Materiales a transportar

Para cuestiones de cálculo se define las características de los materiales a partir del catálogo CEMA Anexo 11.

Tabla 7 Características maíz en semilla.



CARACTERISTICAS DEL MATERIAL			
Material	Alimento de maíz, en semilla, seco.		
W = Densidad	45	$\frac{lbm}{ft^3}$	
CODIGO CEMA	C ½ - 25 PQ		
Fm = Factor HP de material	0.4		
Fuerza de ruptura	309.07 N (69.48 lbs)		
Dimensiones	1.2 cm largo 0.7 cm de ancho 0.4 cm de espesor		

Tabla 8 Características maíz quebrado.

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL			
Material	Alimento de maíz, en semilla quebrado.		
w = Densidad	40 - 50	$\frac{lbm}{ft^3}$	
CODIGO CEMA	B6 - 25P		
Fm = Factor HP de material	0.7		
Porcentaje de artesa	45		

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se busca seleccionar la mejor alternativa en cuanto al sistema de transporte de tornillo sin fin, con el fin de cumplir los requerimientos de funcionamiento, además de diseñar cada uno de los componentes que lo conforme. En capítulos anteriores se ha detallado información necesaria, que nos permite desarrollar el dimensionamiento de cada componente del sistema con sus respectivos planos y ensambles previos a la construcción. La Avícola Victoria Israel cuenta con las principales máquinas como son el molino y la mezcladora para la fabricación del balanceado que consumen las aves, por lo que se tomará como base el espacio disponible dentro de la planta de producción, la separación entre las máquinas y los recorridos requeridos para el diseño de todo el sistema de transporte el cual complementará el proceso de producción de balanceado en la avícola.

3.1 Selección de alternativas

3.1.1 Selección de alternativas del sistema de transporte

En la sección 1.4.5 se mencionó la matriz de decisión ponderada como método para la selección del sistema de transporte más apropiado entre las alternativas presentadas en la Tabla 3.

Los tipos de sistemas de transporte preestablecidos son:

- Transportador de tornillo sin fin estándar.
- Transportador de tornillo sin fin cónico.
- Transportador de tornillo sin fin de paletas.
- Transportador de tornillo sin fin progresivo.

- Transportador de tornillo sin fin con doble o triple paso.
- Transporte de tornillo sin fin con corte o muesca.
- Transportador de tornillo sin fin sin eje central.
- Transportador de tornillo sin fin con hélice hueca.
- Transportador de tornillo sin fin de listón con poste.
- Transportador de tornillo sin fin con eje cónico.

- **Alternativas**

Los distintos tipos de tornillo sin fin que se mencionaron anteriormente tienen aplicaciones específicas como se detalla en la Tabla 3, es así como algunos sirven para únicamente transporte y otros tienen una doble funcionalidad, siendo útiles para transporte y mezclado. Para el presente trabajo se necesita únicamente de transporte por lo que se descartan los transportadores de tornillos sin fin destinados a mezclado, además de acuerdo con el material a transportar (granos secos de menor tamaño) y la disposición inclinada y vertical se tiene como aplicables los siguientes:

Alternativa 1: Transportador de tornillo sin fin estándar.

Alternativa 2: Transportador de tornillo sin fin con doble o triple paso.

Alternativa 3: Transportador de tornillo sin fin progresivo.

Alternativa 4: Transportador de tornillo sin fin con eje cónico.

- **Criterios de Diseño**

Costo del material

El costo del material es un parámetro muy importante que debe respetar el presupuesto establecido para la construcción de cada componente del sistema de transporte, estableciendo una buena durabilidad y rentabilidad.

Costo de fabricación

El costo de producción va a depender de que tan difícil es fabricar los distintos componentes del sistema de transporte, por ello mientras menos procesos de mecanizado presente el sistema para su fabricación, menor tiempo de fabricación se requiere y el costo va a ser menor respetando el presupuesto establecido.

Costo de mantenimiento

El costo de mantenimiento va a incrementar mientras más complejo sea el sistema, además del tiempo que lleva el desmontar y reemplazar cada componente de acuerdo a la disponibilidad del mercado, por ende, un sistema de fácil desmontaje va a reducir costos de mantenimiento.

Disponibilidad

La disponibilidad es la facilidad de conseguir los diferentes materiales a utilizar para su fabricación y los repuestos necesarios para los mantenimientos que requiere el sistema.

Durabilidad

La durabilidad del sistema es un factor importante que va a depender principalmente del diseño y de los materiales seleccionados. El sistema debe presentar una buena durabilidad para demostrar confiabilidad en los clientes y evitar problemas en la producción de balanceados.

Fiabilidad

La fiabilidad es un factor que indica que el sistema debe cumplir con su función a la que fue diseñado para satisfacer plenamente los requerimientos de la avícola y mantener una producción continua.

Tiempo de producción

La jornada de producción a la que está sometido el sistema debe soportar las horas continuas de fabricación del balanceado sin interrupciones y manteniendo un sistema continuo entre máquinas y depósitos.

- **Árbol de objetivos**

A continuación, en la Figura 11 se desarrolla un árbol de objetivos el cual ayuda a organizar los criterios de mayor a menor importancia.

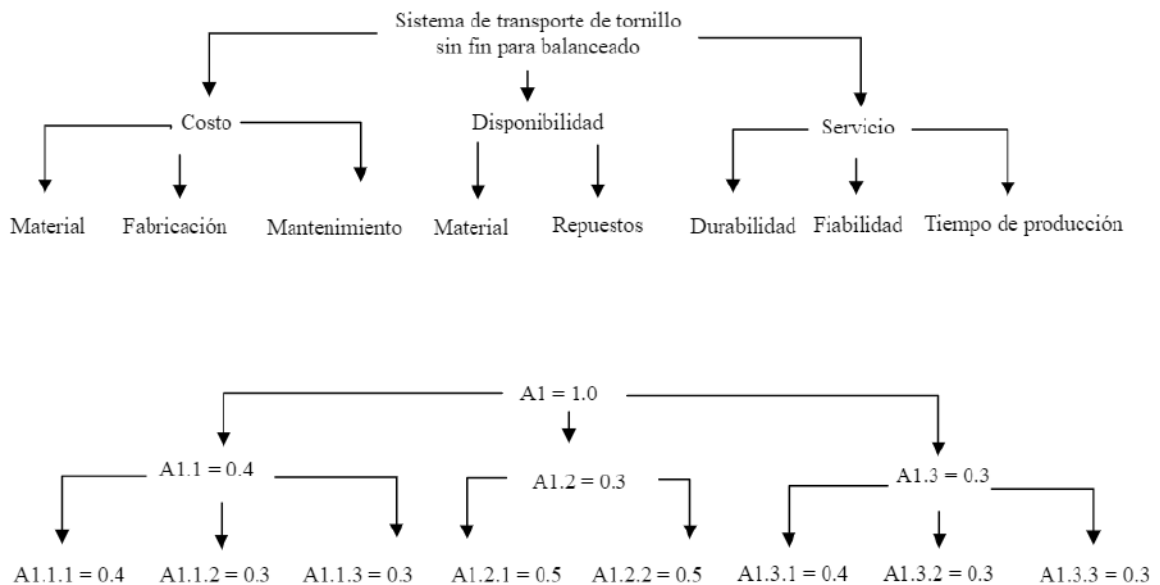


Figura 11 Árbol de objetivos para el diseño del sistema de transporte.

Para el sistema de transporte de tornillo sin fin en la producción de balanceados se tomó en cuenta tres criterios globales, en donde el costo como criterio principal se divide en costos del material como el más importante debido a la influencia del mercado local en la obtención de materiales para la fabricación generando variación del presupuesto del sistema, el costo de fabricación juntamente con el costo de mantenimiento presenta un porcentaje de importancia similar debido a que influyen de la misma manera en el presupuesto del sistema de transporte de tornillo sin fin. El segundo criterio global es la disponibilidad tanto del material a utilizar para la fabricación de cada componente como

la disponibilidad de los repuestos en el mercado local para los respectivos mantenimientos. El tercer criterio es el servicio con un porcentaje de importancia menor al costo debido a que la influencia sobre el proyecto es menor, la durabilidad como factor de confiabilidad del sistema en la avícola presenta el porcentaje de mayor importancia y la fiabilidad con el tiempo de producción que presenta el sistema en la fabricación de balanceados, influyen de forma similar con el tiempo de producción que es la capacidad del transportador para trabajar de manera continua.

- **Matriz de decisión ponderada**

Hasta este momento se han visto las alternativas con las que se cuentan para el sistema de transporte de tornillo sin fin en la fabricación de alimento balanceado y los criterios de diseño a considerar, los mismos que sirven para seleccionar la mejor opción de diseño, para lo cual se hace uso de la matriz de ponderación en donde se ubican tanto las alternativas como los criterios de diseño de manera horizontal y vertical respectivamente. Además, se tienen los factores de ponderación que servirán para determinar la alternativa más adecuada, este factor se multiplica con el puntaje que se le dé a cada uno de los criterios para obtener la calificación de cada una de las alternativas, llegándose a seleccionar la que posea la calificación más alta como se observa en la Tabla 9.

Tabla 9 Matriz de ponderación del tipo de sistema de transporte de tornillo sin fin.

Criterios de diseño	Factor de ponderación	Unidad	Alternativa 1			Alternativa 2			Alternativa 3			Alternativa 4				
			Mag.	Punt.	Calif.	Mag.	Punt.	Calif.	Mag.	Punt.	Calif.	Mag.	Punt.	Calif.		
Costo del material	0.16	\$/m	100	7	1.12	150	6	0.96	170	5	0.8	150	6	0.96		
Costo de fabricación	0.12	\$/m	250	6	0.72	300	5	0.6	300	5	0.6	350	4	0.48		
Costo de mantenimiento	0.12	\$	100	7	0.84	100	7	0.84	100	7	0.84	150	6	0.72		
Disponibilidad de material	0.15	Cotizar	Alto	8	1.20	Alto	8	1.2	Alto	8	1.2	Alto	8	1.2		
Disponibilidad de repuestos	0.15	Cotizar	Alto	8	1.20	Alto	8	1.2	Alto	8	1.2	Alto	8	1.2		
Durabilidad	0.12	Experiencia	Alta	8	0.96	Alto	8	0.96	Alto	8	0.96	Alto	8	0.96		
Fiabilidad	0.09	Experiencia	Excelente	9	0.81	Excelente	9	0.81	Excelente	9	0.81	Excelente	9	0.81		
Tiempo de producción	0.09	Experiencia	Excelente	9	0.81	Excelente	9	0.81	Excelente	9	0.81	Excelente	9	0.81		
Total					6.54				6.42				6.42			6.18

Después de haber determinado las calificaciones correspondientes a cada una de las alternativas en la Tabla 9 se puede evidenciar que la alternativa 1 corresponde al transportador de tornillo sin fin estándar tiene la mayor calificación, por ende, es el sistema que se diseñará.

3.1.2 Selección de alternativas del motor

- **Alternativas**

En la planta de producción para poder mover toda la materia prima desde un punto A hacia un punto B de mayor altura, se requiere de una fuerza externa para poder transportar la materia prima necesaria para un lote de producción, por lo que entre los tipos de motores preseleccionados como alternativas para el sistema de transporte son:

Alternativa 1: Motor abierto

Alternativa 2: Motor cerrado

- **Criterios de diseño**

Costo de adquisición

De acuerdo con el tipo de motor el costo va a variar por lo cual es un factor importante a la toma de decisión para la inversión del propietario.

Costo de mantenimiento

El costo de mantenimiento va a variar de acuerdo con la frecuencia que requiere para realizar un mantenimiento a cada uno de los tipos de motores.

Ambiente de trabajo

La planta de producción está expuesta a partículas de polvo de cereales y granos presentes en el ambiente, que pueden afectar a los diferentes componentes del sistema de transporte.

Disipación de calor

La disipación de calor en la planta de producción es un factor importante ya que los motores están expuestos al calentamiento interno en sus devanados.

Durabilidad

El motor debe permanecer el mayor tiempo trabajando en la planta de producción, para recuperar la inversión generada por el productor.

Fiabilidad

El motor debe permanecer en la planta de producción sin interrupciones continuas para mantener una producción estable, sin afectar la productividad de la avícola.

- **Árbol de objetivos**

A continuación, en la Figura 12 se desarrolla un árbol de objetivos para la selección del tipo de motor el cual ayuda a organizar los criterios de diseño de mayor a menor importancia.

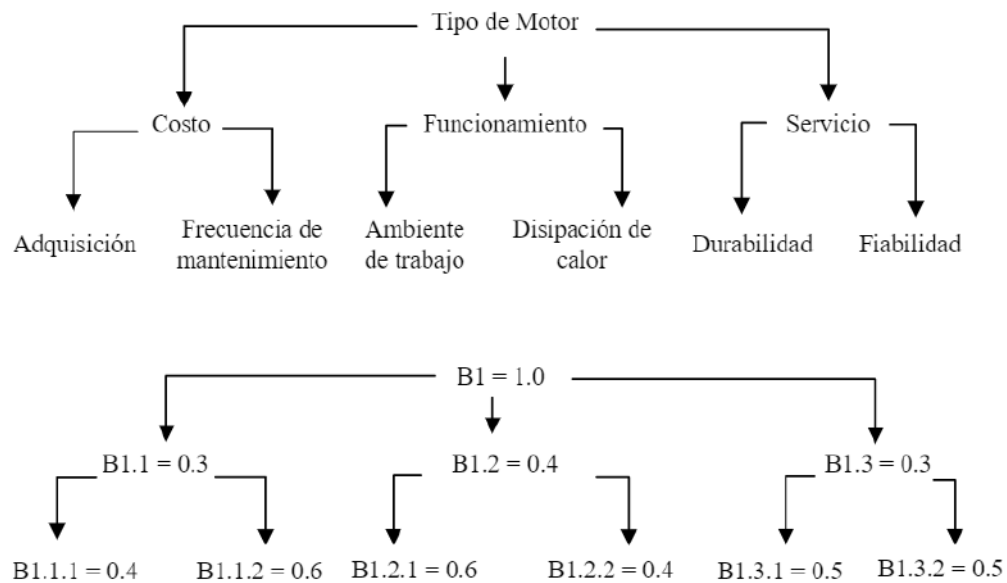


Figura 12 Árbol de objetivos para la selección de motor.

Para la selección del tipo de motor se tomó en cuenta tres criterios globales, en donde el primer criterio es el costo, tanto, de adquisición como de mantenimiento que son importantes para la selección de las alternativas debido a la inversión generada por el propietario, teniendo mayor impacto la frecuencia de mantenimiento debido a que mientras más actividades de mantenimiento requiera un sistema más costoso va a ser mantenerlo. El segundo criterio es el funcionamiento siendo de mayor importancia debido a los factores a los que está expuesto el motor, y la capacidad de disipación de calor de cada tipo debido al trabajo generado. El tercer criterio es el servicio con una importancia similar al costo, debido a que el motor debe presentar una buena durabilidad como factor de confiabilidad del sistema en la planta de producción y la fiabilidad para mantener una producción continua sin generar retrasos en la fabricación de balanceados.

- **Matriz de decisión ponderada**

Una vez analizados los criterios de diseño a considerar para cada una de las alternativas en la selección del tipo de motor, se ubican en la matriz de decisión ponderada para seleccionar la alternativa de mayor calificación.

Tabla 10 Matriz de ponderación del motor.

Criterios de diseño	Factor de ponderación	Unidad	Alternativa 1			Alternativa 2		
			Mag.	Punt.	Calif.	Mag.	Punt.	Calif.
Costo de adquisición	0.12	\$	250	9	1.08	380	7	0.84
Frecuencia de mantenimiento	0.18	\$/año	100	4	0.72	25	9	1.62
Ambiente de trabajo	0.24	Experiencia	Malo	3	0.72	Bueno	8	1.92
Disipación de calor	0.16	Experiencia	Bueno	8	1.28	Moderado	5	0.8
Durabilidad	0.15	Experiencia	Moderado	5	0.75	Bueno	8	1.2
Fiabilidad	0.15	Experiencia	Moderado	5	0.75	Excelente	10	1.5
Total					5.30			7.88

Después de haber determinado las calificaciones correspondientes a cada una de las alternativas del motor en la Tabla 10, se puede evidenciar que el motor cerrado tiene la mayor calificación con respecto al motor abierto, por ende, es el tipo de motor seleccionado para el sistema de transporte.

3.2 Diseño de los componentes del sistema de transporte

A continuación, se presenta el diseño de los componentes necesarios para el sistema de transporte en la avícola, partiendo de la información que se ha logrado recabar en las visitas que se han realizado y haciendo uso de las fórmulas enfocadas a cada caso.

3.2.1 Diseño de la tolva 1

Como se mencionó anteriormente se necesita de una tolva para el almacenamiento del maíz entero. Para cada lote de producción se necesitan 8 quintales estadounidenses de maíz entero (363 kg), por lo que la tolva debe almacenar materia suficiente para lotes completos. La producción diaria es de 3 lotes por lo que se ha considerado que si se supera esta capacidad resulta apropiado. En base a lo mencionado se propone que la capacidad de la tolva sea para tres lotes a producir.

Los tres lotes de producción requieren de 24 quintales de maíz entero y para evitar errores de cálculo se diseña para 25 quintales estadounidenses (1134 kg). Como primer punto se calcula el volumen de la tolva mediante la Ecuación 1 usando la densidad de la semilla de maíz, tomada de la referencia [21].

Densidad de la semilla de maíz $\rho = 721 \frac{kg}{m^3}$ tomado de la tabla 7

Masa total $m = 1134 \text{ kg}$

$$V = \frac{1134}{721}$$

$$V = 1.573 \text{ m}^3$$

Una vez calculado el volumen se procede al dimensionamiento mediante software, en el cual se busca llegar al volumen deseado tomando en cuenta el espacio disponible en donde va a estar ubicado desde la bodega de materia prima hacia el molino como se indica en la Figura 13.

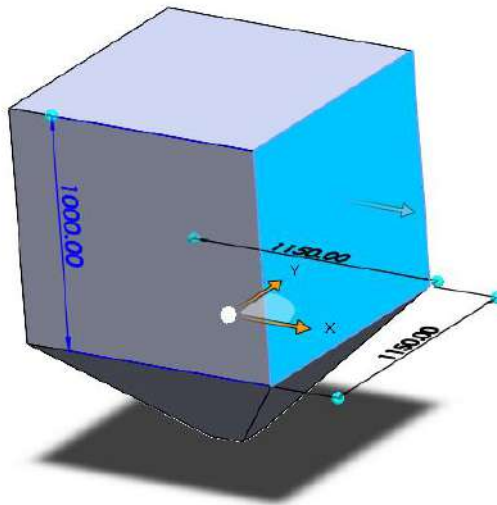


Figura 13 Dimensionamiento de la tolva 1.

A continuación, en la Figura 14 se verifica el volumen requerido para la tolva 1 mediante propiedades de software.

```
Mass properties of Tolva 1.2
Configuration: Default
Coordinate system: -- default --

Density = 0.00 grams per cubic millimeter

Mass = 1575416.67 grams

Volume = 1575416666.67 cubic millimeters

Surface area = 7783477.63 square millimeters
```

Figura 14 Propiedades de la tolva 1 mediante software.

La tolva 1 estará soportada en una estructura, la cual deberá soportar el peso de toda la carga tanto del maíz, el transportador y las personas que evalúa la materia prima. El

cálculo estructural es el que ayudará a determinar cuáles son los perfiles correctos que se pueden usar para esta aplicación. Primeramente, se asignarán las cargas vivas y muertas que actuarán en la estructura, despreciando las cargas de viento puesto que la tolva estará ubicada bajo cubierta.

Cargas muertas: peso propio de la estructura, maíz.

Cargas vivas: personas, transportador 1.

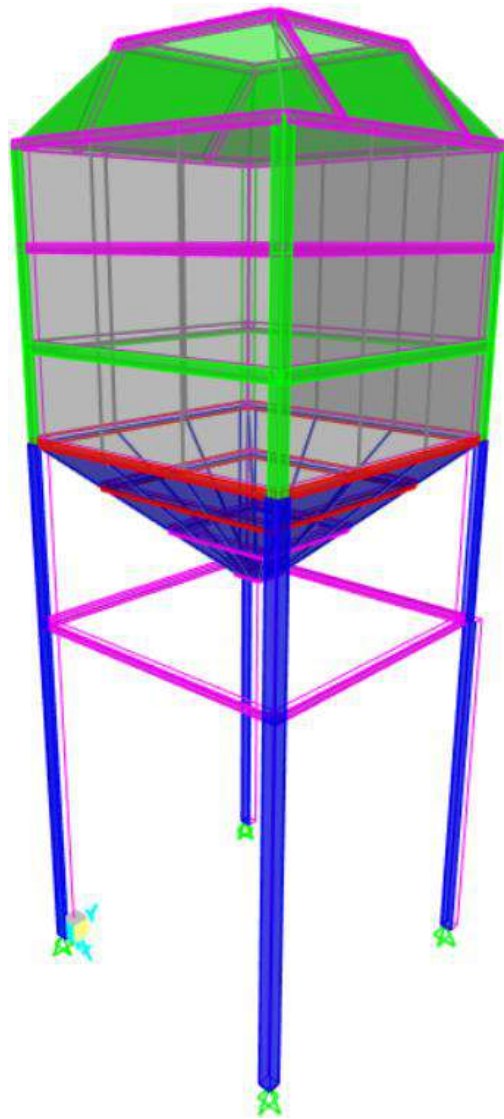


Figura 15 Tolva 1.

Presión de maíz

Una vez que se cuentan con las dimensiones de la tolva, se procede a calcular las presiones que se generan por el empuje del grano tanto en las paredes de la tolva como en el fondo de la misma, las cuales servirán para establecer la carga aplicada.

A continuación, se presenta el cálculo de la presión ejercida en el fondo de la tolva o también llamada presión vertical.

El peso específico del maíz en grano es $\gamma = 56 \text{ lbf/ft}^3$.

Al ser una tolva cuadrada, es decir con cuatro lados iguales, el radio hidráulico es de $R = 0.575 \text{ m} = 1.89 \text{ ft}$.

El coeficiente de fricción del grano de maíz sobre el acero es de $\mu = 0.4$ en base a la referencia [55].

La relación entre presiones es de $\lambda = 0.4$.

Altura de la tolva $z = 4.92 \text{ ft}$.

Mediante la Ecuación 3 se obtiene el factor de altura calculado:

$$z_0 = \frac{R}{\mu * \lambda} = \frac{1.89}{0.4 * 0.4} = 11.81 \text{ ft}$$

Mediante la Ecuación 2 se obtiene la presión vertical de tolvas:

$$P_v = \frac{56 * 1.89}{0.4 * 0.4} (1 - e^{-\frac{4.92}{11.81}})$$

$$P_v = 225.38 \text{ lbf/ft}^2$$

Una vez calculada la presión vertical, se procede a calcular la presión en las paredes de la tolva:

Se conoce la presión en el fondo de la tolva $P_v = 225.38 \text{ lbf/ft}^2$.

Se conoce también el valor de la relación de presiones $\lambda = 0.4$.

Mediante la Ecuación 4 se obtiene la presión en las paredes de la tolva:

$$P_h = 225.38 * 0.4$$

$$P_h = 90.15 \text{ lbf/ft}^2$$

Persona:

Se considera un peso estándar de $W = 80 \text{ Kg}$.

Transportador:

Se han obtenido las reacciones mediante software.

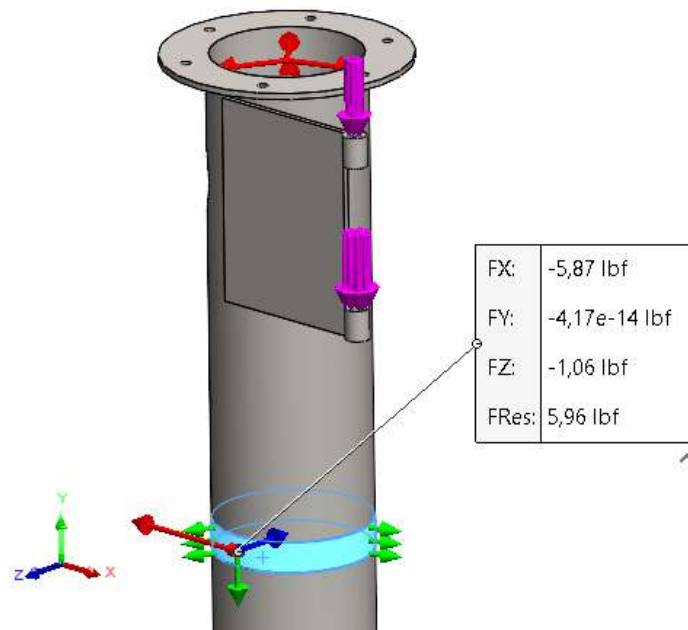


Figura 16 Reacciones del apoyo superior del transportador 1.

$$F_x = 5.87 \text{ lb}$$

$$F_y = 0 \text{ lb}$$

$$F_z = 1.06 \text{ lb}$$

En un software de elementos finitos se asignan las secciones de los perfiles de la estructura y de las paredes de la tolva, también se verifica cada uno de los perfiles asignados de tal manera que resistan las diferentes combinaciones de cargas. A continuación, se muestra la asignación de cargas en la estructura.

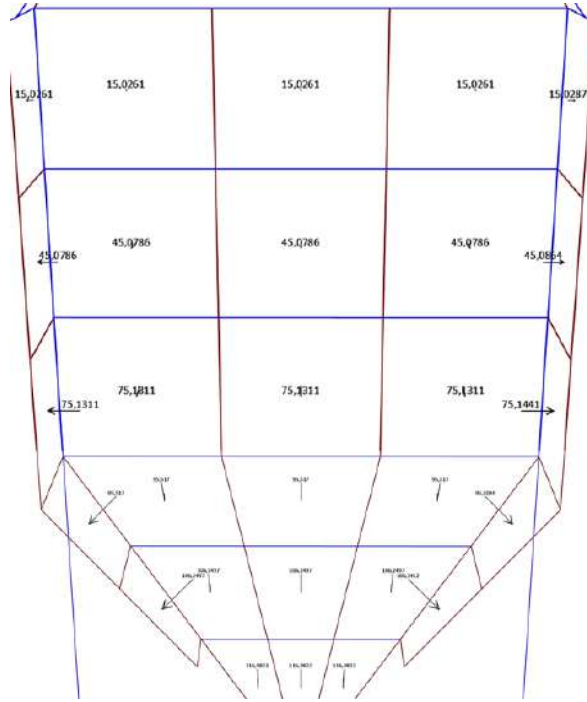


Figura 17 Presión horizontal y vertical generada en las paredes de la tolva asignadas de manera triangular y trapezoidal respectivamente (lb/ft²).

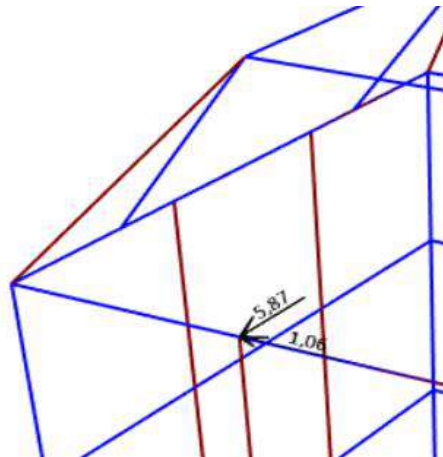


Figura 18 Reacciones generadas por el transportador (ft).

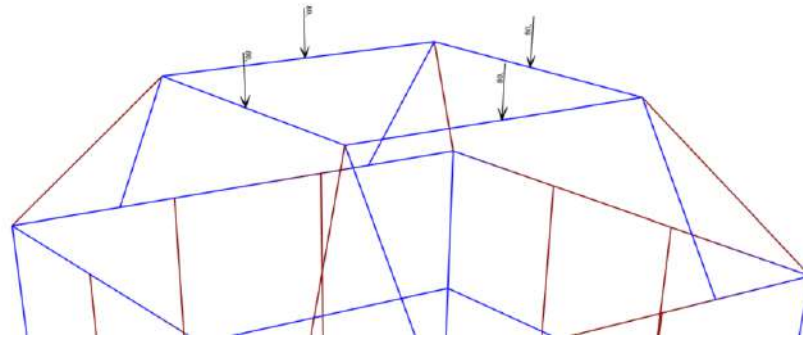


Figura 19 Cargas de persona (Kg).

A continuación, se muestran los resultados del análisis:

Las secciones han sido asignadas de tal forma que resistan las distintas combinaciones de carga combinaciones de carga, todos los perfiles son de acero ASTM A36 y las planchas son de acero galvanizado A653. A continuación, se muestra la factibilidad de la estructura mediante el método LRFD.

a) Chequeo de estructura elementos frame

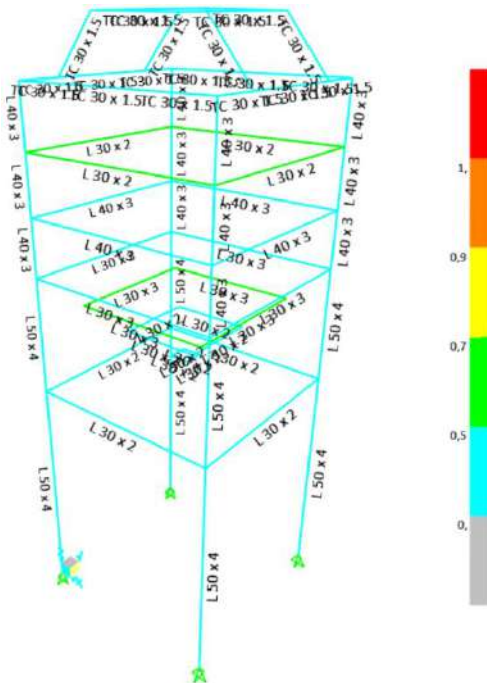


Figura 20 Verificación de la estructura de la tolva 1.

b) Von Mises elementos shell

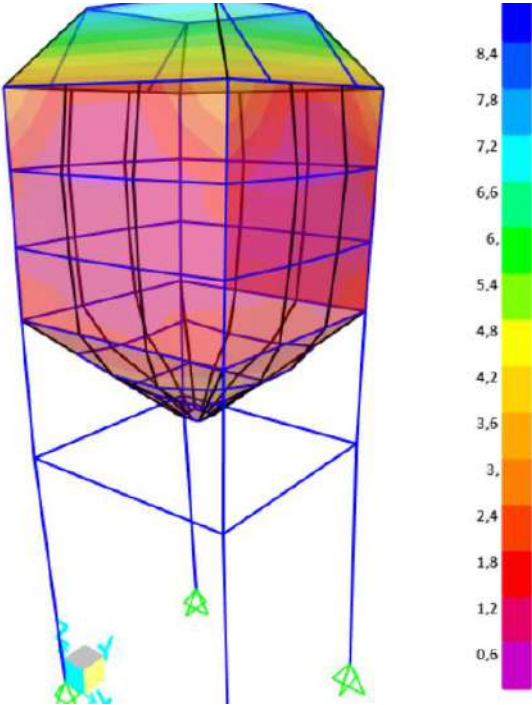


Figura 21 Von Mises de tolva 1.

Tabla 11 Von Mises de tolva 1.

Tensiones de Von Mises		
Espesor (mm)	Máximo (Ksi)	Mínimo (Ksi)
0.5	8.4	0.6

c) Desplazamientos elementos shell

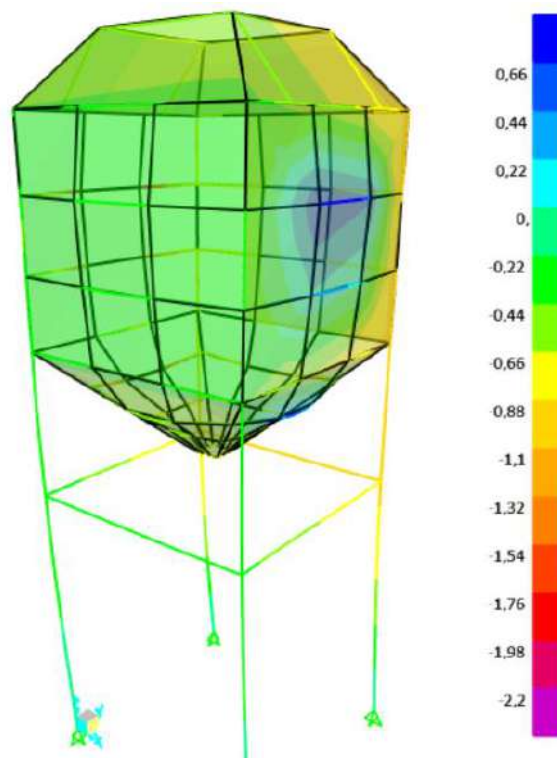


Figura 22 Desplazamientos de la tolva 1.

Tabla 12 Desplazamientos.

Desplazamientos en elementos shell		
Espesor (mm)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)
0.5	0.66	0.00

d) Factor de seguridad elementos shell mediante la Ecuación 17

$$n = \frac{29.73 \text{ Ksi}}{8.4 \text{ Ksi}}$$

$$n_{min} = 3.54$$

Resulta útil usar acero galvanizado A653 de 0.4 mm de espesor para las paredes de la tolva, ya que presenta un factor de seguridad aceptable.

- **Selección de pernos principales**

La estructura superior y las columnas de soporte se unen con pernos galvanizados, colocados 4 en cada unión como se presenta a continuación en la Figura 24.

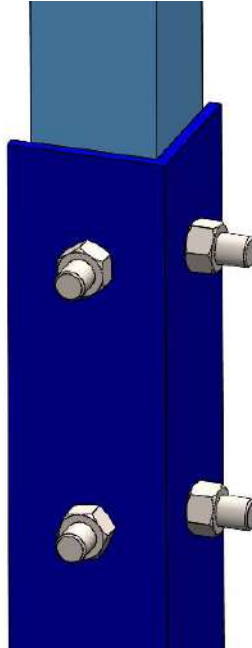


Figura 23 Pernos de las columnas.

Los pernos están sometidos a un esfuerzo cortante por lo que se usa este criterio para su selección.

Cortante del perno, todos los pernos activos mediante la Ecuación 20:

$$d = \sqrt{\frac{4 (209.46 \text{ lb}) * 2}{0.577 \pi (29732 \text{ psi})}}$$

$$d = 0.176 \text{ in}$$

En base a diámetros estandarizados y para mayor seguridad se usarán pernos de 3/8 in mediante la Ecuación 17:

$$\frac{F}{4 \pi \frac{d^2}{4}} = 0.577 \frac{S_p}{n_d}$$

$$n_d = \frac{0.577 * \pi * \left(\frac{3}{8} \text{ in}\right)^2 * (29732 \text{ psi})}{4 * 209.46 \text{ lb}}$$

$$n_d = 9.04$$

Cortante del borde del elemento en dos pernos del margen mediante la Ecuación 20:

$$a = \frac{837.85 \text{ lb} * 2}{0.577 (0.12 \text{ in})(36000 \text{ psi}) * 4}$$

$$a = 0.168 \text{ in} \approx 4.27 \text{ mm}$$

Para realizar los agujeros en la columna, deben hacerse a más de 4.27 mm desde el borde.

- **Diseño del cordón de soldadura más crítico**

La tolva tiene varias juntas, pero existen puntos donde se localiza el mayor esfuerzo, siendo este el punto de análisis del cordón de soldadura. A continuación, se puede evidenciar el punto de mayor esfuerzo.

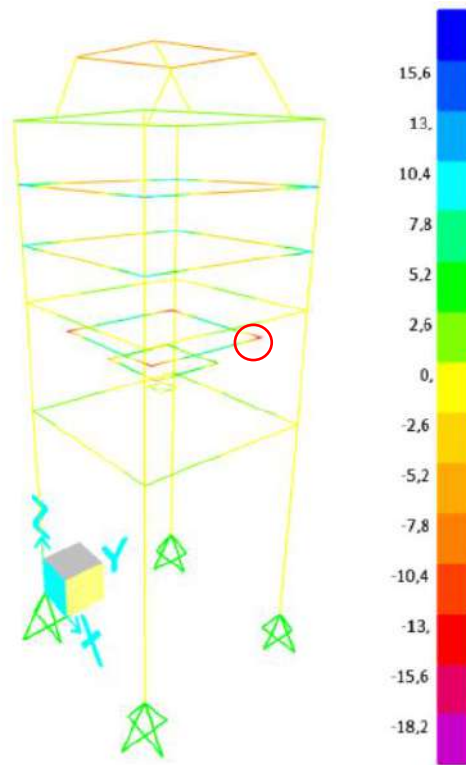


Figura 24 Esfuerzo de Von Mises en elementos frame (ksi).

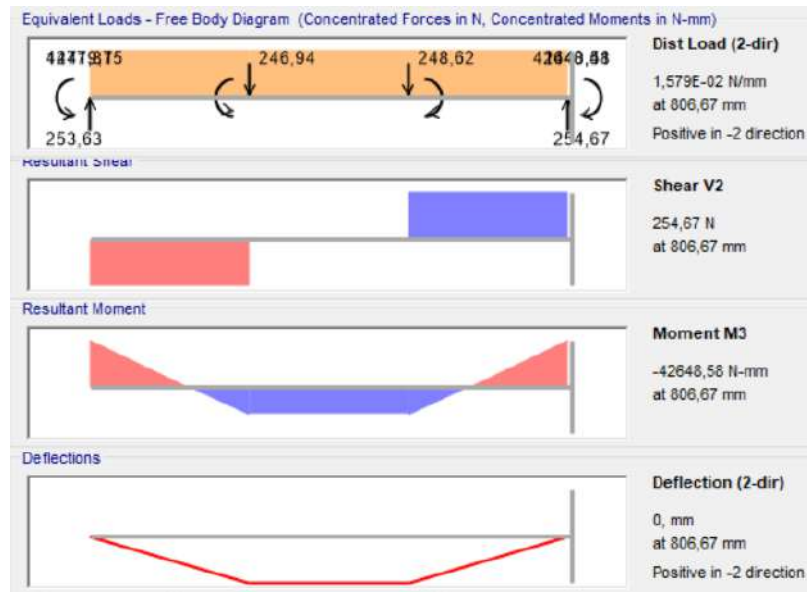
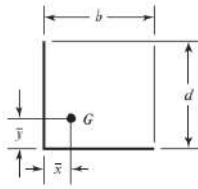


Figura 25 Fuerza cortante y momento flector en el punto de análisis.

En el punto de análisis se encuentra una geometría en L para la soldadura, ver Anexo 11.



$$F = 254.67 \text{ N (software)}$$

Electrodo E60xx

Proceso SMAW

$$b = 30 \text{ mm}$$

$$d = 30 \text{ mm}$$

$$h = 3 \text{ mm}$$

Calculando en base al Anexo 12:

$$A = 0.707(3 \text{ mm})(30 \text{ mm} + 30 \text{ mm})$$

$$A = 127.26 \text{ mm}^2$$

$$\bar{y} = \frac{(30 \text{ mm})^2}{2(30 \text{ mm} + 30 \text{ mm})}$$

$$\bar{y} = 7.5 \text{ mm}$$

$$I_u = \frac{4(30 \text{ mm})(30 \text{ mm})^2 + (30 \text{ mm})^3}{12}$$

$$I_u = 11250 \text{ mm}^3$$

$$I = 0.707(3 \text{ mm})(11250 \text{ mm}^3)$$

$$I = 23861.25 \text{ mm}^4$$

Los esfuerzos primario y secundario son obtenidos mediante la Ecuación 21 y 22:

$$\tau' = \frac{254.67 \text{ N}}{127.26 \text{ mm}^2}$$

$$\tau' = 2.00 \text{ MPa}$$

$$\tau'' = \frac{42,648.58 \text{ N mm} * (7.5 \text{ mm})}{23861.25 \text{ mm}^4}$$

$$\tau'' = 13.41 \text{ MPa}$$

El cortante máximo mediante la Ecuación 23:

$$\tau = \sqrt{(2 \text{ MPa})^2 + (13.41 \text{ MPa})^2}$$

$$\tau = 13.56 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad mediante la Ecuación 24:

$$n = \frac{0.557(345 \text{ MPa})}{13.56 \text{ MPa}}$$

$$n = 14.17$$

El diseño de la soldadura es aceptable debido a que el factor de seguridad es de 14.17 y cumple los requerimientos.

3.2.2 Diseño de la tolva 2

La tolva 2 se encarga de almacenar el maíz triturado proveniente del molino. La tolva debe tener la capacidad de almacenar la cantidad suficiente de maíz para un lote de producción, el cual requiere de 8 quintales estadounidenses, por lo tanto, esta tolva se la diseñará acorde al volumen necesario para la producción. Se procede a calcular el volumen de la tolva 2 mediante la Ecuación 1 usando la densidad del maíz quebrado tomado de la referencia [21].

$$\rho = 641 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 362.9 \text{ kg}$$

$$V = \frac{362.9 \text{ kg}}{641 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V = 0.566 \text{ m}^3$$

Una vez calculado el volumen se procede al dimensionamiento mediante software, en el cual se busca llegar al volumen deseado tomando en cuenta el espacio disponible en donde va a estar ubicado entre el molino y la mezcladora como se indica en la Figura 26.

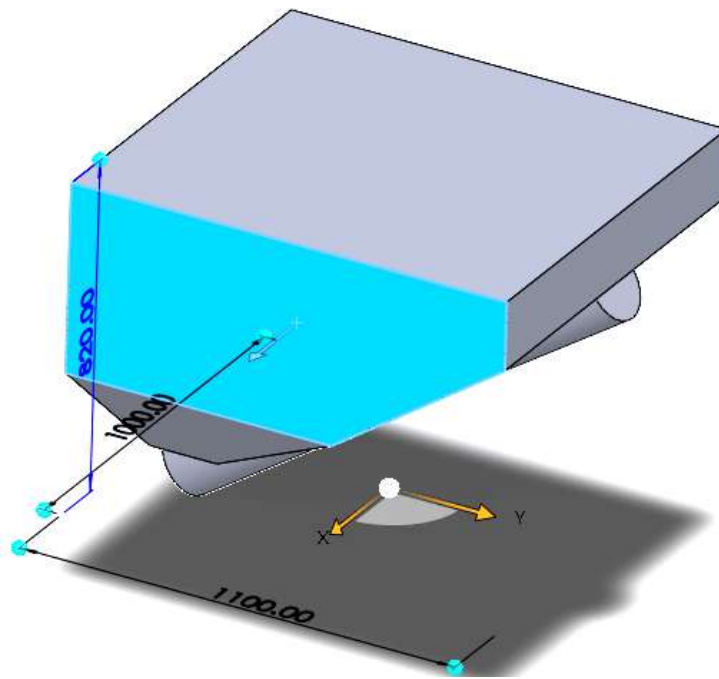


Figura 26 Dimensionamiento de la tolva 2.

A continuación, en la Figura 27 se verifica el volumen requerido para la tolva 2 mediante propiedades del software.

Mass properties of Tolva 2.1
Configuration: Default
Coordinate system: -- default --

Density = 0.00 grams per cubic millimeter

Mass = 566134.25 grams

Volume = 566134245.97 cubic millimeters

Surface area = 4375129.86 square millimeters

Figura 27 Propiedades de la tolva 2 mediante software.

La tolva 2 se ubica por debajo del nivel del piso, por lo que va apoyada totalmente en su base y extremos, debido a ello el único punto de interés es el volumen obtenido anteriormente.

3.2.3 Diseño del tornillo sinfín para el transporte 1

Como todo problema de diseño, se cuenta con los datos iniciales los cuales ayudaran al diseño del componente (tornillo sinfín). En esta etapa no se requiere de un flujo máximo especificado, pero mientras más rápido sea realizado el trabajo resulta mucho mejor, un valor apto en base a la experiencia del propietario es de $Q = 8$ toneladas por hora. La longitud requerida del transportador es de 4 metros, con una inclinación a 90 grados.

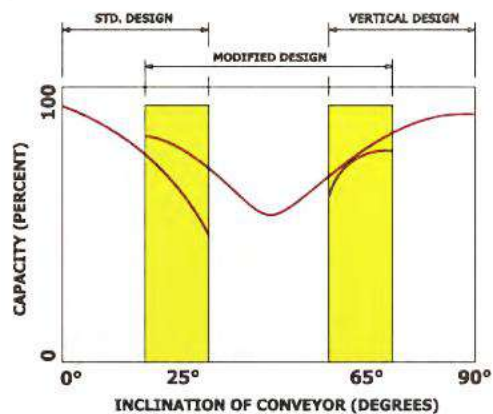


Figura 28 Tipos de transportadores de tornillo sin fin en función de su inclinación.

Como se observa en la Figura 28 existen tres tipos de diseño de tornillo helicoidales, en referencia al ángulo de inclinación que se desee construir, estos son horizontales, inclinados y verticales. Para el transportador 1 se requiere que el ángulo de inclinación sea de 90° , el cual mediante la Figura 28 se recomienda diseñar como un transportador de tornillo vertical, que según la referencia [21], indica que el primer paso es diseñar el transportador como si se tratara de uno horizontal con las consideraciones que se mencionan más adelante, esto debido a que no se cuenta con fórmulas definidas para los transportadores verticales ya que su comportamiento no es muy predecible. Una vez que se tiene el diseño horizontal se procede a realizar las modificaciones en cuanto a velocidad y potencia recomendadas en la referencia [21].

Para consideración del tornillo horizontal se tomarán las recomendaciones y fórmulas de la referencia [50], en la Figura 29 se puede entender los datos de cálculo.

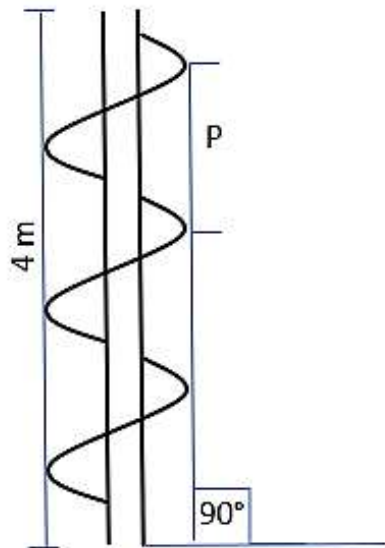


Figura 29 Esquema de transportador 1.

Para seleccionar el diámetro del tornillo se recomienda que este sea 12 veces mayor al diámetro máximo de las partículas del material que se transporta, pero en este caso se trata de cereales los cuales son materiales homogéneos y pequeños por lo que no hay ningún problema, para el cálculo se utiliza la Ecuación 6.

En el caso de la semilla de maíz es considerado un material ligero utilizando un valor de velocidad angular de $n = 150 \text{ rpm}$.

Maíz entero se clasifica en el grupo 1 como materiales ligeros.

El factor de paso tomado del Anexo 2, tiene un paso estándar el cual resulta ser igual al diámetro, el coeficiente Cf del Anexo 3 y 4.

$Fp = 1$ Para un paso estándar

$$Cf = 0.45$$

$$C = 1$$

$$\gamma = 0.721 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \left(8 \frac{\text{ton}}{\text{h}}\right) 60}{\pi 3600 (150 \text{ rpm})(1)} \frac{1}{\left(0.721 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) (1) (0.45)}}$$

$$D = 0.152 \text{ m} = 5.98 \text{ in}$$

Posteriormente se corrige el diámetro calculado por uno estandarizado que es de 6 in , por tanto:

$$p = (6 \text{ in}) (1)$$

$$p = 6 \text{ in}$$

y se corrige la velocidad angular en base a Tabla 13.

Tabla 13 Capacidad de tornillo sin fin vertical [21].

Diámetro (in)	Capacidad (ft ³ /h)	Capacidad para semilla de maíz (ton/h)	RPM
6	400	8,18	170 a 420
9	1300	26,59	170 a 340
12	3000	61,36	170 a 270
16	6000	122,73	135 a 230

Con un diámetro de 6 in se selecciona una velocidad angular de 420 rpm para un mejor rendimiento.

- **Diseño de la hélice**

Las hélices se unen una a continuación de otra alrededor del eje para formar el tornillo sin fin y que por medio de ellas pueda circular el material transportado.

El número de hélices se calcula mediante la Ecuación 29:

$$\#_{helices} = \frac{157.48 \text{ in}}{6 \text{ in}}$$

$$\#_{helices} = 26$$

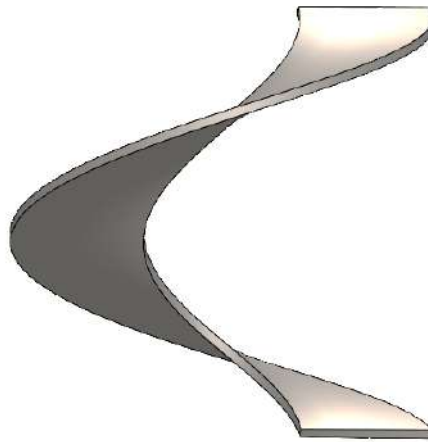


Figura 30 Hélice del tornillo sin fin.

La hélice más crítica es la inferior por lo que se la toma para el análisis, esta debe soportar el peso de la fracción de material que transporta, la presión de maíz desde el alimentador, y la reacción de los granos atascados contra la carcasa.

Peso del maíz en una hélice mediante la Ecuación 1:

$$V = [\pi (3 \text{ in})^2 (157.5 \text{ in})] - [(175.37 \text{ in}^3) + (377.5 \text{ in}^3)]$$

$$V = 3900.34 \text{ in}^3 = 2.257 \text{ ft}^3$$

$$W_{\text{maíz trans}} = (2.257 \text{ ft}^3) \left(45 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}\right)$$

$$W_{\text{maíz trans}} = 101.57 \text{ lb}$$

$$W_{\text{maíz hélice}} = \frac{101.57 \text{ lb}}{26}$$

$$W_{\text{maíz hélice}} = 3.91 \text{ lb}$$

Para la presión de maíz desde el alimentador se calcula mediante la Ecuación 30:

$$P = \left(45 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}\right) (1.31 \text{ ft})$$

$$P = 58.95 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} = 0.409 \text{ psi}$$

Para la reacción de los granos atascados en la carcasa, se evalúa según Tabla 7:

$$G = \frac{17.7 \text{ in}}{0.276 \text{ in}}$$

$$G = 64.13$$

$$R = (69.48 \text{ lbf}) (64.13)$$

$$R = 4,455.75 \text{ lbf}$$

Se realiza el análisis en el software aplicando cada una de las cargas mostradas anteriormente. El material utilizado es acero ASTM A36 tomado de la Tabla 5.

Las condiciones de carga en la hélice se muestran a continuación en la Tabla 14.

Tabla 14 Condiciones de carga.

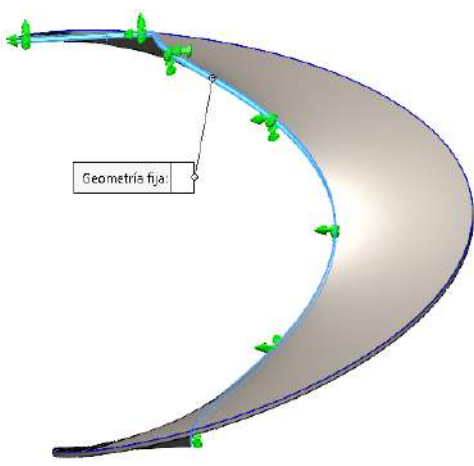
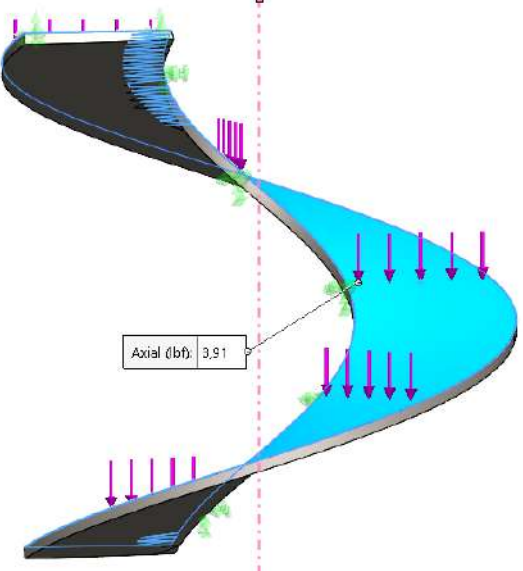
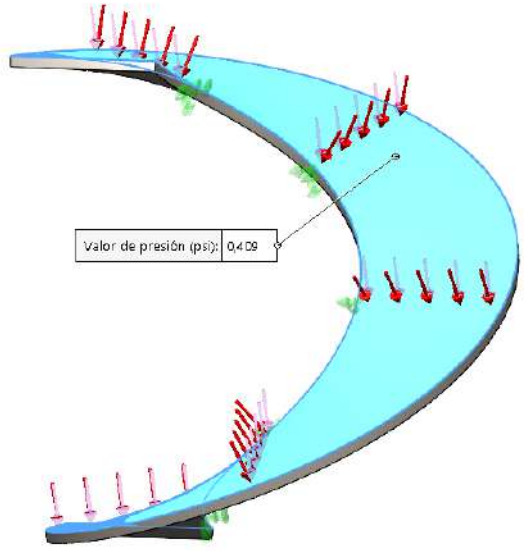
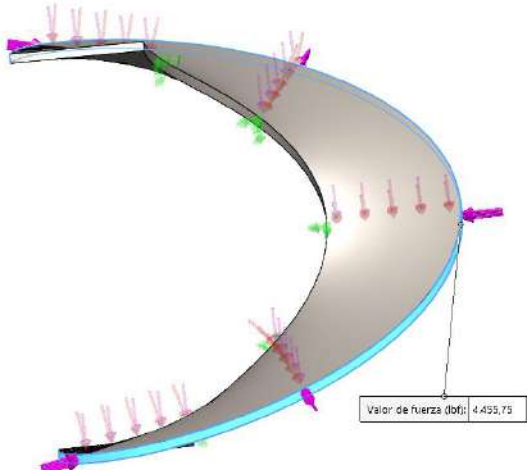
Condiciones de carga	
Geometría fija	 <p>Geometría fija</p>
Peso	 <p>Axial (bf) 3,91</p>

Tabla 14 Condiciones de carga (continuación).

Condiciones de carga	
Presión	
Reacción	

Ejecutando el análisis se han obtenido los siguientes resultados:

a) Tensión de Von Mises

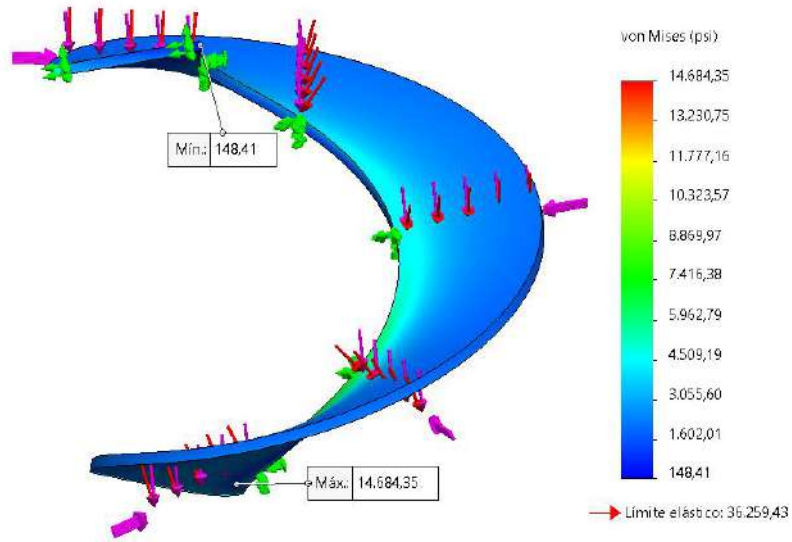


Figura 31 Tensión de Von Mises de la hélice.

Tabla 15 Von Mises para diferentes espesores.

Tensión de Von Mises		
Espesor (mm)	Máximo (PSI)	Mínimo (PSI)
3	14,684.35	148.41

b) Desplazamientos

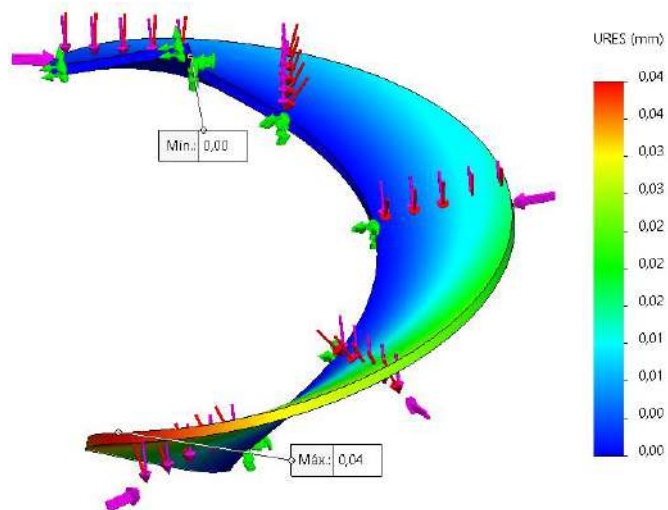


Figura 32 Desplazamientos de la hélice.

Tabla 16 Desplazamientos para diferentes espesores.

Desplazamiento		
Espesor (mm)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)
3	0.041	0.000

c) Factor de seguridad

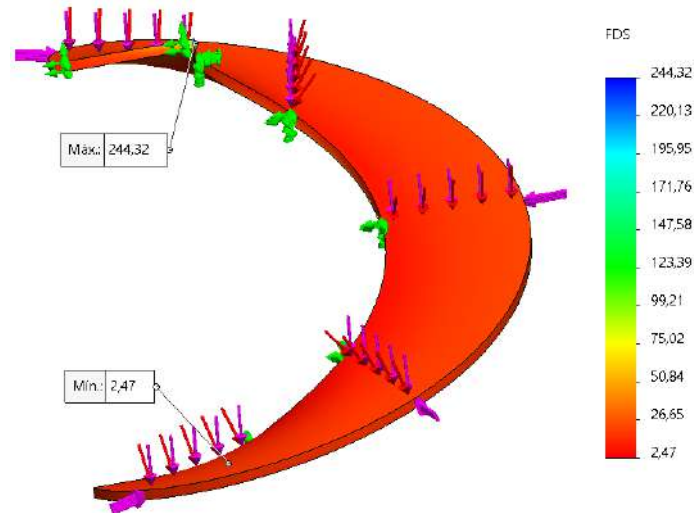


Figura 33 Factor de seguridad de la hélice.

Tabla 17 Factor de seguridad para diferentes espesores.

Factor de seguridad		
Espesor (mm)	Máximo	Mínimo
3	244.32	2.47

Resulta útil construir las hélices con un espesor de 3 mm de acero ASTM A36 debido a que tiene un factor de seguridad de 2.47 siendo mayor a la unidad y su espesor brinda facilidad de construcción.

- **Selección de motor**

Cálculo de potencia para impulsar el transportador vacío mediante la Ecuación 10:

$$L_1 = 13.12 \text{ ft}$$

$$N = 420 \text{ rpm}$$

$$F_d = 18$$

$$F_b = 1$$

$$Hp_f = \frac{(13.12 \text{ ft})(420 \text{ rpm})(18)(1)}{1,000,000}$$

$$Hp_f = 0.100 \text{ hp}$$

Cálculo de potencia para transportar el material verticalmente mediante la Ecuación 11:

$$m = 8 \text{ ton} = 17,637 \text{ lb}$$

$$\rho = 45 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

$$V = \frac{17,637 \text{ lb}}{45 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}} = 391.93 \text{ ft}^3$$

$$C = 391.93 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$$

$$L = 13.12 \text{ ft}$$

$$W = 45 \frac{\text{lbs}}{\text{ft}^3}$$

$$F_v = 1.9$$

$$Hp_v = \frac{\left(391.93 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}\right)(13.12 \text{ ft})\left(45 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}\right)(5)}{1,000,000}$$

$$Hp_v = 1.16 \text{ hp}$$

Cálculo de potencia requerida mediante la Ecuación 13:

$$hp = \frac{(0.100 hp + 1.16 hp)}{0.9}$$

$$hp = 1.4 hp$$

Se obtiene una potencia requerida de 1.4 hp, por consideraciones de catálogo en el mercado local se elige un motor eléctrico cerrado de 2 hp para un mejor rendimiento.

Cálculo de torque mediante la Ecuación 16:

$$Torque = \frac{(2hp)(63,025)}{420 rpm}$$

$$Torque = 300.12 lb - pulgada$$

- **Cálculo de poleas y bandas para el transporte 1 Anexo 9**

Tabla 18 Datos de bandas para el transporte 1.

Tipo	V
Sección	A
Diámetro primitivo	3 in
Diámetro de conducida	13 in
Distancia entre centros	10.5 in
Longitud	46 in
Potencia permisible por banda	1.31 Hp
Numero de bandas	2
Vida en horas	12,819

Se escoge una banda en V, A46.

- **Diseño del eje motriz**

Para un diámetro de helicoidal de 6 pulgadas el diámetro de eje recomendado es de 1 ½ pero su inercia es reducida y necesita estabilizadores por lo que se usara un diámetro de 2 pulgadas el cual beneficia en el funcionamiento y la construcción.

El eje motriz es hueco y soporta las cargas de la polea y el peso del material transportado, en esta fase se busca determinar el espesor del eje.

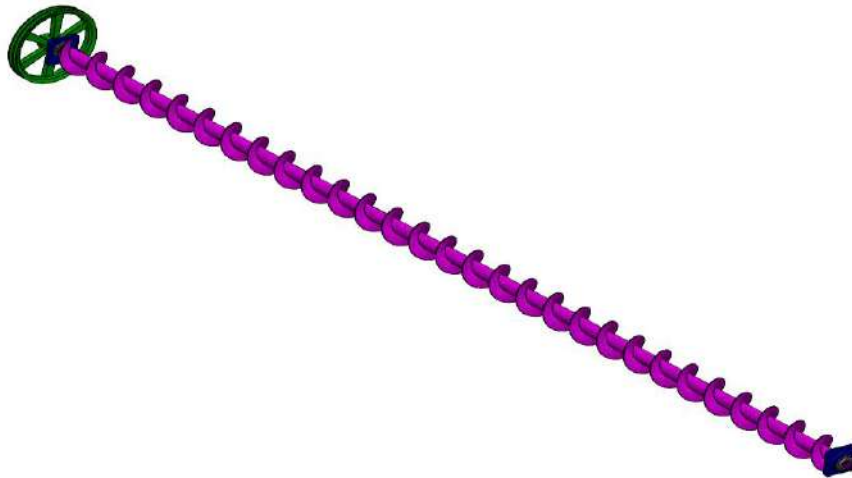


Figura 34 Eje motriz.

Fuerzas en la polea

La polea presenta una fuerza radial y una fuerza tangencial, ver Anexo 9:

$$FR_{pol} = (87.65 \text{ lb} + 29.7 \text{ lb}) \cos (26.74)$$

$$FR_{polea} = 104.8 \text{ lb}$$

$$FT_{pol} = (87.65 \text{ lb} - 29.7 \text{ lb}) \text{ sen } (26.74)$$

$$FT_{polea} = 26.07 \text{ lb}$$

$$FR_{pol} = F_{Ay}$$

$$F_{Ay} = 104.8 \text{ lb}$$

$$FT_{pol} = F_{Az}$$

$$F_{Az} = 26.07 \text{ lb}$$

Peso de material

Viene dado por el volumen de maíz transportado en un instante de tiempo mediante la Ecuación 1:

$$V = [\pi * (3 \text{ in})^2 (157.5 \text{ in})] - [(175.37 \text{ in}^3) + (377.5 \text{ in}^3)]$$

$$V = 3900.34 \text{ in}^3 = 2.257 \text{ ft}^3$$

$$W_{\text{maíz trans}} = (2.257 \text{ ft}^3) \left(45 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}\right) (0.45)$$

$$W_{\text{maíz trans}} = 45.70 \text{ lb}$$

$$W = \frac{45.70 \text{ lb}}{13.12 \text{ ft}}$$

$$W = 3.48 \frac{\text{lb}}{\text{ft}}$$

Diagrama de cuerpo libre

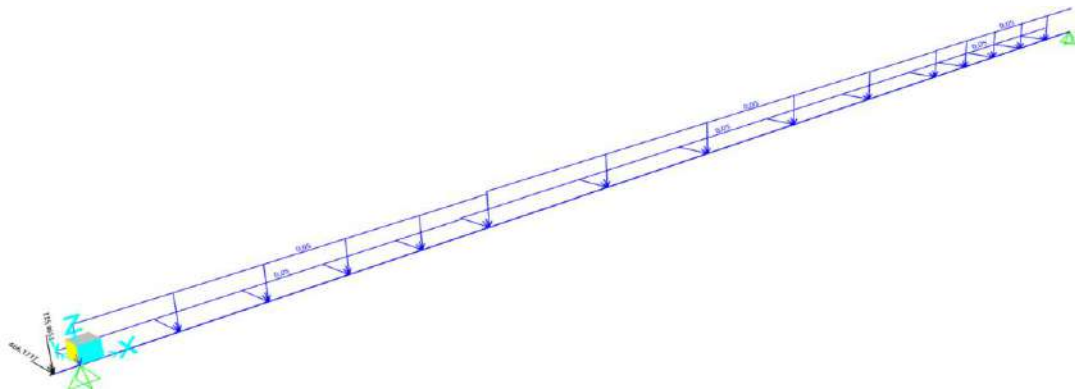


Figura 35 Diagrama de cuerpo libre del eje motriz.

Diagramas de fuerza cortante y momento flector plano x-y

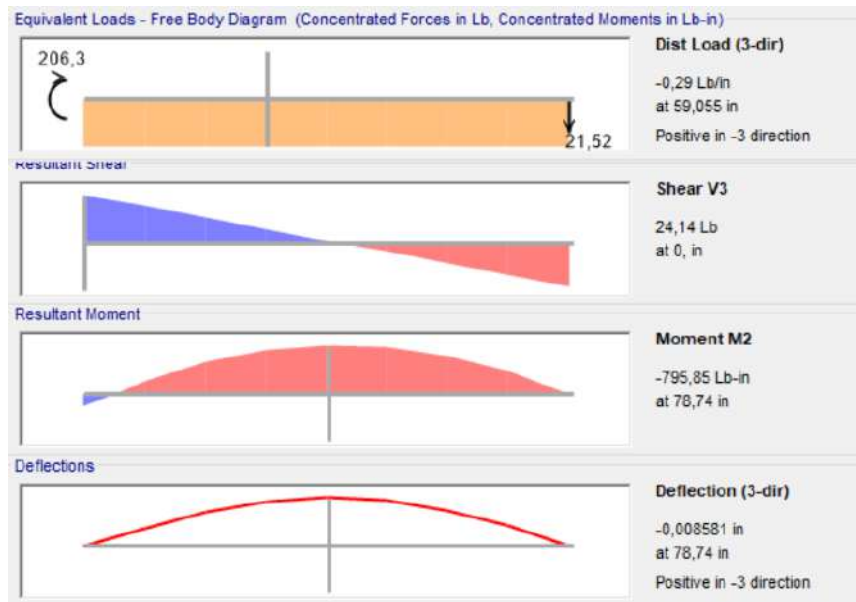


Figura 36 Diagramas de fuerza cortante y momento flector del eje motriz, plano x-y.

$$M_{max} = 795.85 \text{ lb in}$$

Diagramas de fuerza cortante y momento flector plano x-z

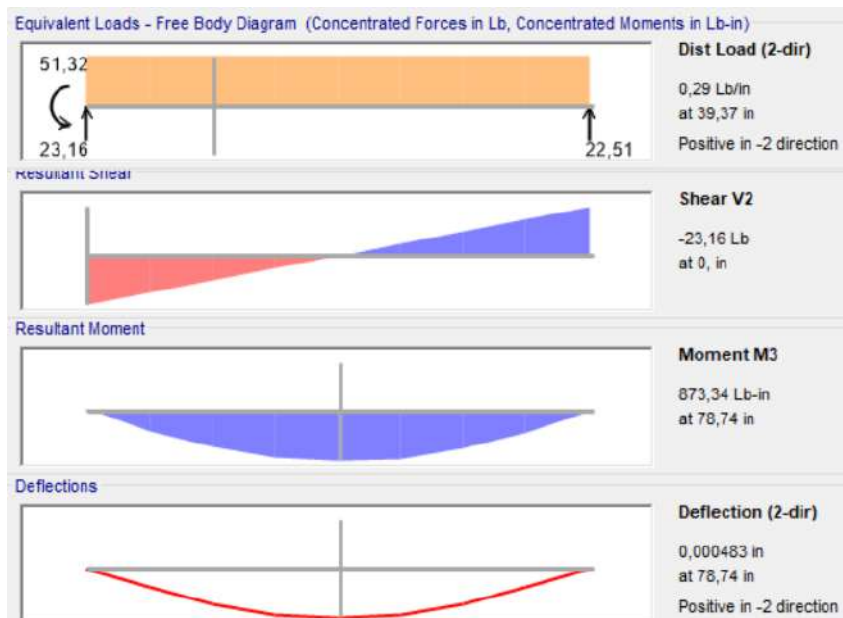


Figura 37 Diagramas de fuerza cortante y momento flector del eje motriz, plano x-y.

$$M_{max} = 873.34 \text{ lb in}$$

Momento crítico mediante la Ecuación 31:

$$M = \sqrt{(795.85 \text{ lb in})^2 + (873.34 \text{ lb in})^2}$$

$$M = 1,181.57 \text{ lb in}$$

Torsión en el eje motriz mediante la Ecuación 16:

$$\text{Torque} = \frac{(2 \text{ hp})(63,025)}{420 \text{ rpm}}$$

$$\text{Torque} = 300.12 \text{ lb in}$$

Esfuerzo debido a la flexión mediante la Ecuación 32:

$$\sigma = \frac{(1,181.57 \text{ lb in})(1 \text{ in})}{\frac{\pi}{4}((1 \text{ in})^4 - (r)^4)}$$

$$\sigma = \frac{4726.28}{\pi - \pi r^4}$$

Esfuerzo debido a torsión mediante la Ecuación 33:

$$\tau = \frac{(300.12 \text{ lb in})(1 \text{ in})}{\frac{\pi}{2}((1 \text{ in})^4 - (r)^4)}$$

$$\tau = \frac{600.24}{\pi - \pi r^4}$$

Esfuerzo equivalente mediante la Ecuación 34,35:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{4,726.28}{\pi - \pi r^4}\right)^2 + 3\left(\frac{600.24}{\pi - \pi r^4}\right)^2}$$

$$\sigma_{eq} = \frac{36,260 \text{ psi}}{4}$$

$$\sigma_{eq} = 9,065 \text{ psi}$$

Al reemplazar:

$$9065 = \sqrt{\left(\frac{4726.28}{\pi - \pi r^4}\right)^2 + 3\left(\frac{600.24}{\pi - \pi r^4}\right)^2}$$

$$r = 0.954 \text{ in}$$

Espesor de pared del eje hueco:

$$t = 1 \text{ in} - 0.954 \text{ in}$$

$$t = 0.046 \text{ in} = 1.16 \text{ mm}$$

Se escoge un espesor normalizado de 3 milímetros.

- **Diseño del eje motriz a fatiga**

Primero se calculan los factores que ajustan las condiciones a las que funcionara el eje:

Factor de superficie:

$$k_a = (2.7)(58 \text{ Kpsi})^{-0.265}$$

$$k_a = 0.921$$

Factor de tamaño:

$$k_b = (0.879)(2 \text{ in})^{-0.107}$$

$$k_b = 0.816$$

Factor de carga:

El eje se encuentra a flexión:

$$k_c = 1$$

Factor de temperatura:

Se trabaja a temperatura ambiente.

$$k_d = 1$$

Factor de confiabilidad:

La confiabilidad aceptada seria del 90 %.

$$k_e = 0.897$$

Factor de efectos varios:

El eje no tiene recubrimiento.

$$k_f = 0.9$$

Límite de resistencia a la fatiga:

$$Se' = 0.5 (58 \text{ kpsi})$$

$$Se' = 29 \text{ kpsi}$$

Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación critica mediante la Ecuación 37:

$$Se = (29 \text{ kpsi})(0.921)(0.816)(1)(1)(0.897)(0.9)$$

$$Se = 17.59 \text{ kpsi}$$

Momento alterno:

$$M_a = M_{max} = 1181.57 \text{ lb in}$$

Momento medio:

$$M_m = 0$$

Momento torsor alterno:

$$T_a = 0.5 (300.12 \text{ lb in})$$

$$T_a = 150.06 \text{ lb in} = T_m$$

Tensión normal alterna:

$$\sigma_a = \frac{1181.57 \text{ lb} * \text{in} * (1 \text{ in})}{\frac{\pi}{4}((1)^4 - (0.882)^4)}$$

$$\sigma_a = 3810.26 \text{ psi}$$

Tensión tangencial alterna:

$$\tau_a = \frac{(150.06 \text{ lb in})(1 \text{ in})}{\frac{\pi}{2}((1)^4 - (0.882)^4)}$$

$$\tau_a = 241.95 \text{ psi}$$

Resistencia alterna:

$$\sigma'_a = \sqrt{(3,810.26 \text{ psi})^2 + 3(241.95 \text{ psi})^2}$$

$$\sigma'_a = 3,833.24 \text{ psi}$$

Tensión normal media:

$$\sigma_m = \frac{(0 \text{ lb in})(1 \text{ in})}{\frac{\pi}{4}((1)^4 - (0.882)^4)}$$

$$\sigma_m = 0 \text{ psi}$$

Tensión tangencial media:

$$\tau_m = \frac{(150.06 lb\ in)(1\ in)}{\frac{\pi}{2}((1)^4 - (0.882)^4)}$$

$$\tau_m = 241.95\ psi$$

Resistencia media mediante la Ecuación 34:

$$\sigma'_m = \sqrt{(0\ psi)^2 + 3(241.95\ psi)^2}$$

$$\sigma'_m = 419.07\ psi$$

Factor de seguridad mediante la Ecuación 36:

$$n = \frac{1}{\frac{3833.24\ psi}{17590\ psi} + \frac{419.07\ psi}{36000}}$$

$$n = 4.35$$

Una vez realizado el diseño del eje a fatiga se obtiene un factor de seguridad de 4.35 que cumple con el requerimiento.

Inercia mediante la Ecuación 25:

$$I = \frac{\pi}{4}((1\ in)^4 - (0.593\ in)^4)$$

$$I = 0.152\ in^4$$

$$W = 49\ lb$$

$$L = 152\ in$$

$$I = 0.31\ in^4$$

Deflexión del eje mediante la Ecuación 28:

$$Def = \frac{(5)(49 \text{ lb})(152 \text{ in})^3}{384(29 \cdot 10^6)(0.123 \text{ in}^4)} = 0.249 \text{ in}$$

$$0.249 < 0.25 \text{ OK}$$

- **Diseño de la soldadura del acople del eje**

El eje de acople se une con el tubo central en el extremo mediante un cordón de soldadura circular sujeto a torsión.



Figura 38 Sección circular del punto de análisis.

$$F = 466.17 \text{ N (software)}$$

Electrodo E60xx

Proceso SMAW

$$r = 17.5 \text{ mm}$$

$$h = 3 \text{ mm}$$

Calculando en base al Anexo 11:

$$A = (1.414)(\pi)(3 \text{ mm})(17.5 \text{ mm})$$

$$A = 233.22 \text{ mm}^2$$

$$J_u = (2)(\pi)(17.5 \text{ mm})^3$$

$$J_u = 33673.95 \text{ mm}^3$$

$$J = (0.707)(3 \text{ mm})(33673.95 \text{ mm}^3)$$

$$J = 71422.44 \text{ mm}^4$$

Los esfuerzos primario y secundario son obtenidos a continuación:

$$\tau' = \frac{466.17 \text{ N}}{233.22 \text{ mm}^2}$$

$$\tau' = 2.00 \text{ MPa}$$

$$\tau'' = \frac{(33,909.01 \text{ N mm}) (17.5 \text{ mm})}{71422.44 \text{ mm}^4}$$

$$\tau'' = 8.31 \text{ MPa}$$

El cortante máximo mediante la Ecuación 23:

$$\tau = \sqrt{(2 \text{ MPa})^2 + (8.31 \text{ MPa})^2}$$

$$\tau = 8.55 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad mediante la Ecuación 17:

$$n = \frac{(0.557)(345 \text{ MPa})}{8.55 \text{ MPa}}$$

$$n = 22.47$$

El diseño de la soldadura es aceptable debido a que el factor de seguridad es de 22.47 y cumple los requerimientos.

- **Selección de rodamientos**

El rodamiento situado en la parte inferior está sometido a carga radial y axial. Se seleccionará un rodamiento de bolas.

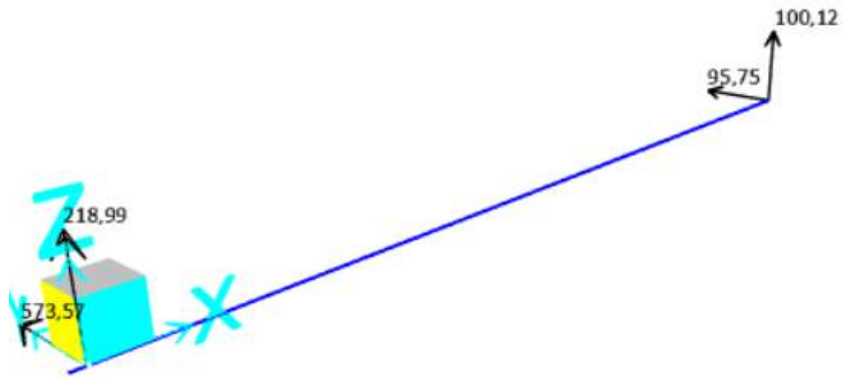


Figura 39 Fuerzas en los rodamientos.

Carga radial ver Anexo 9:

$$Fr = \sqrt{(100,12 \text{ N})^2 + (95,75 \text{ N})^2}$$

$$Fr = 138,54 \text{ N}$$

Carga axial (peso de sin fin y material transportado):

$$Fa = 49,74 \text{ lb} + 45,71 \text{ lb}$$

$$Fa = 95,45 \text{ lb} = 424,58 \text{ N}$$

Vida nominal básica requerida en un funcionamiento de 1 hora al día, los 365 días del año durante 10 años.

$$L_{10} = 3,650 \text{ h}$$

Factor de esfuerzos dinámicos mediante la Ecuación 39:

$$f_L = \sqrt[3]{\frac{3650}{500}}$$

$$f_L = 1,94$$

Factor de velocidad mediante la Ecuación 40:

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33 \frac{1}{3}}{420}}$$

$$f_n = 0.430$$

Carga estática equivalente mediante la Ecuación 41:

$$P_o = 0.6(138.54 N) + 0.5(424.58 N)$$

$$P_o = 295.41 N$$

Capacidad de carga estática requerida mediante la Ecuación 42:

$f_s = 1.5$ para exigencias normales, entonces:

$$C_o = 1.5 (295.41 N)$$

$$C_o = 443.12 N$$

Carga dinámica equivalente requerida mediante la Ecuación 43:

$e = 0.22$ valor impuesto (mínimo).

▼ Factores radiales y axiales de los rodamientos rígidos de bolas

$\frac{f_o \cdot F_a}{C_o}$	Juego normal de rodamiento				Juego de rodamiento C3					
	e	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$		e	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
		X	Y	X	Y		X	Y	X	Y
0,3	0,22	1	0	0,56	2	0,32	1	0	0,46	1,7
0,5	0,24	1	0	0,56	1,8	0,35	1	0	0,46	1,56
0,9	0,28	1	0	0,56	1,58	0,39	1	0	0,46	1,41
1,6	0,32	1	0	0,56	1,4	0,43	1	0	0,46	1,27
3	0,36	1	0	0,56	1,2	0,48	1	0	0,46	1,14
6	0,43	1	0	0,56	1	0,54	1	0	0,46	1

Figura 40 Factores de carga de rodamientos de bolas.

$$P = 0.56(138.54 N) + 2(424.58 N)$$

$$P = 926.74 N$$

Capacidad de carga dinámica requerida mediante la Ecuación 44:

$$C = \frac{1.94}{0.43} (926.74 N)$$

$$C = 4,181.12 N$$

El rodamiento de la marca SKF con designación UCF 207 cuenta con los siguientes valores de rendimiento los cuales son superiores a los requerimientos, cuyas medidas favorecen a la construcción.

Rendimiento

Capacidad de carga dinámica básica	25.5 kN
Capacidad de carga estática básica	15.3 kN
Note	Limiting speed with shaft tolerance h6
Velocidad límite	4 300 r/min

Figura 41 Rodamiento SKF UCF-207.

Comprobación:

$$\frac{f_o}{C_o} Fa = \frac{13.8}{15,300} (424.58)$$

$$\frac{f_o}{C_o} Fa = 0.383$$

Interpolando:

$$Y = 1.917$$

Carga dinámica equivalente:

$$P = 0.56(138.54 N) + 1.917(424.58 N)$$

$$P = 891.50 \text{ N}$$

Capacidad de carga dinámica:

$$C = \frac{1.94}{0.43} (891.50 \text{ N})$$

$$C = 4,022.12 \text{ N}$$

- **Diseño de la base del motor**

La base del motor se sitúa en la parte superior de la máquina, está ubicada de tal manera que la polea del motor quede a la misma altura del tornillo sin fin y que las bandas tengan una longitud apropiada.

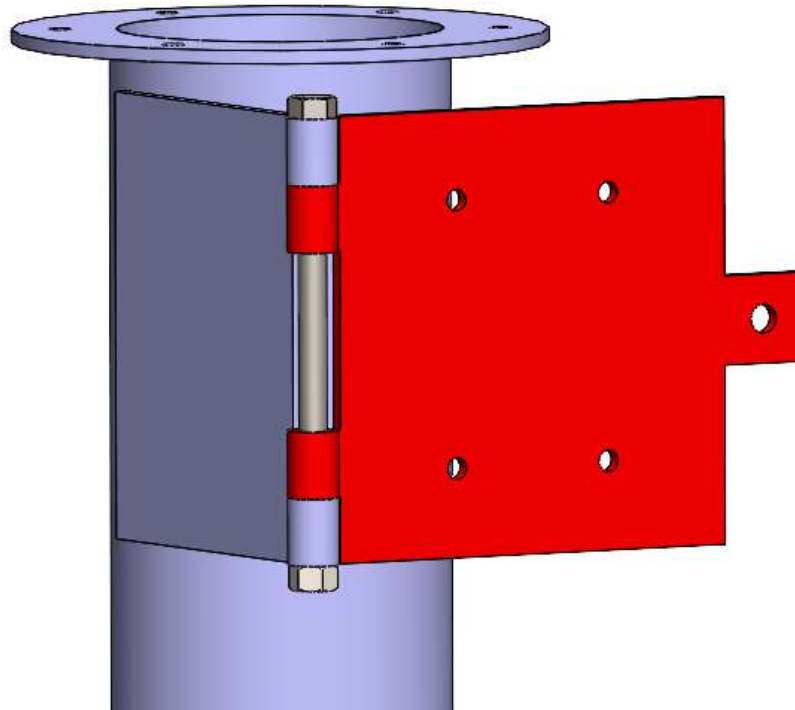


Figura 42 Base de motor del transportador 1.

La base del motor soporta el peso del motor propiamente y las reacciones que genera la tensión de las bandas.

Peso del motor:

$$W_{motor} = 40.06 \text{ lb}$$

Reacción de bandas:

$$F_{bandas} = 2(43.827 \text{ lb} + 14.85 \text{ lb})$$

$$F_{bandas} = 117.35 \text{ lb}$$

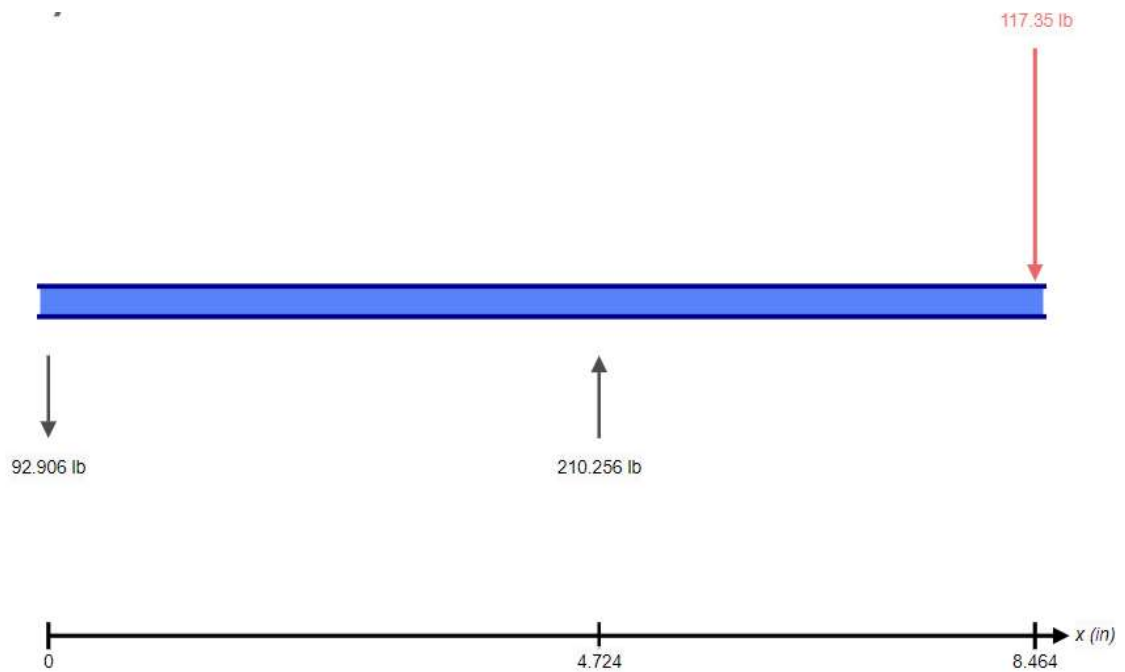


Figura 43 Reacciones generadas por las bandas.

$$F_A = 92.91 \text{ lb}$$

$$F_B = 210.26 \text{ lb}$$

Se realiza el análisis en el software aplicando las cargas obtenidas. El material usado es acero ASTM A36 tomado de la Tabla 5.

Las condiciones de carga en la base del motor se muestran a continuación en la Tabla 19.

Tabla 19 Condiciones de carga.

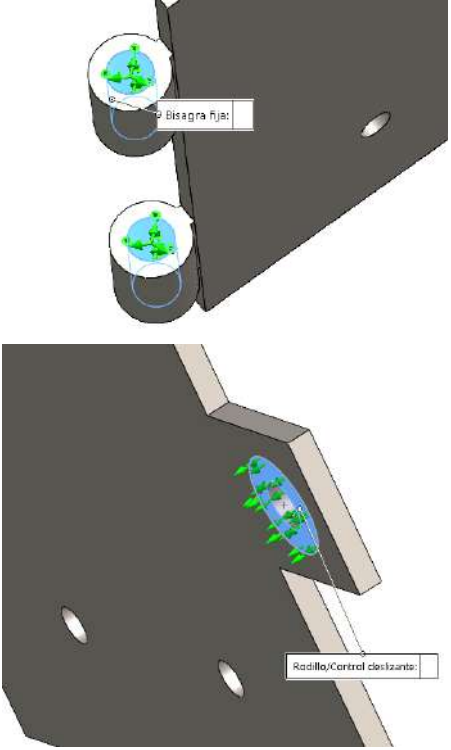
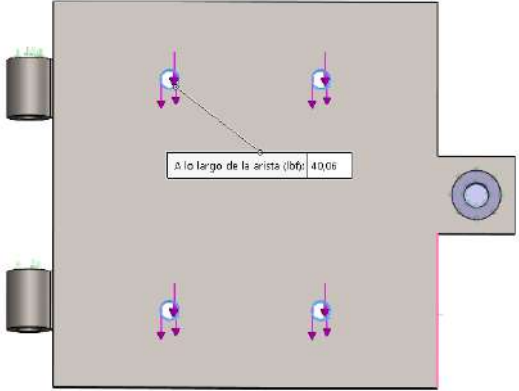
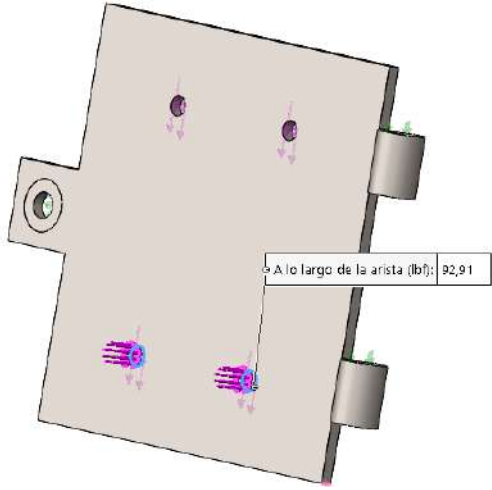
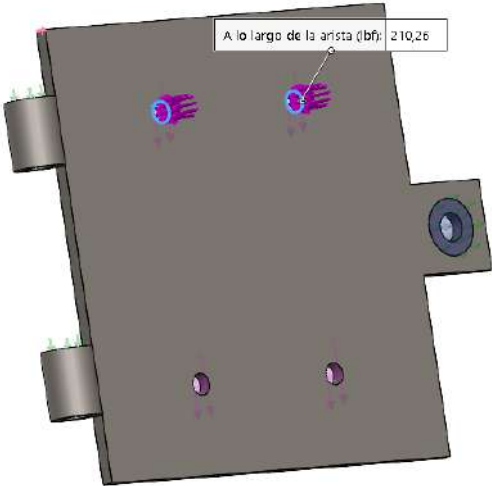
Condiciones de carga	
Sujeciones	 <p>The diagram illustrates two types of constraints. The top part shows two 'Bisagra fija' (fixed hinge) constraints, each represented by a green tree icon on a circular base. The bottom part shows a 'Rodillo/Control deslizante' (roller/sliding control) constraint, represented by a green tree icon on a rectangular base with a curved surface.</p>
Peso del motor	 <p>The diagram shows a grey component with four purple arrows pointing downwards, representing the weight of the motor. A label indicates the distance from the edge: Δ lo largo de la arista (bf): 40,06.</p>

Tabla 19 Condiciones de carga (continuación).

<p>Reacción Fa</p>	
<p>Reacción Fb</p>	

Ejecutando el análisis se han obtenido los siguientes resultados:

a) Tensión de Von Mises

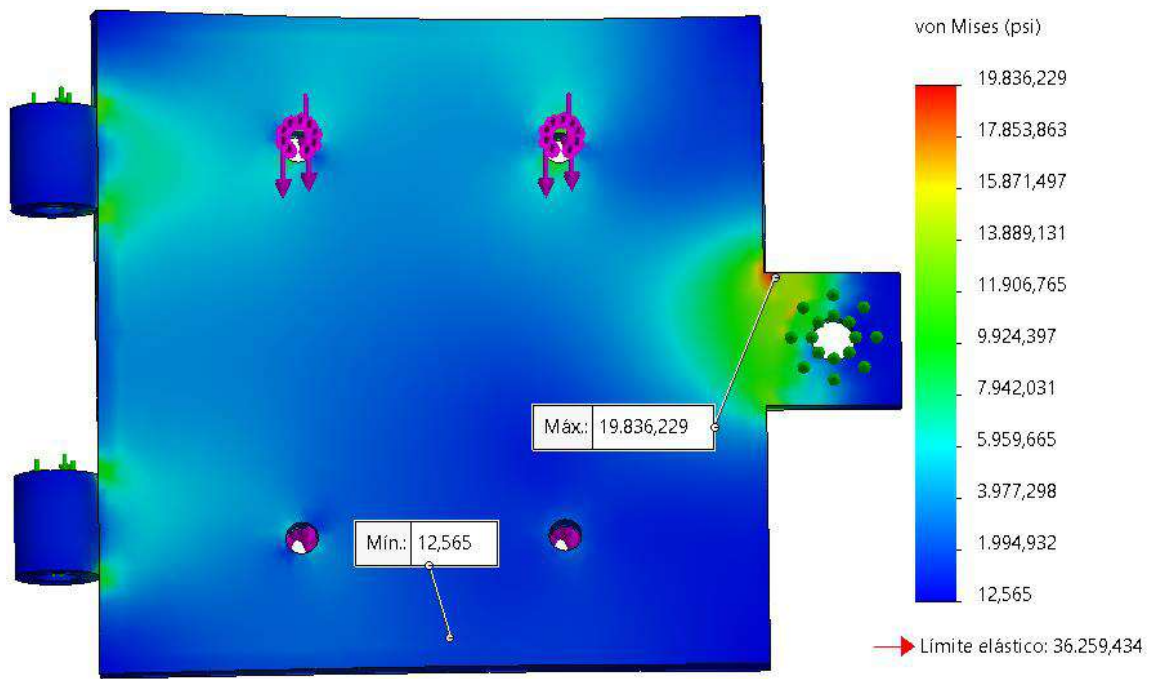


Figura 44 Tensión de Von Mises de la placa base.

Tabla 20 Von Mises para diferentes espesores.

Tensión de Von Mises		
Espesor (mm)	Máximo (PSI)	Mínimo (PSI)
4	44,489.85	23.93
5	29,513.09	12.32
6	19,836.23	12.57

b) Desplazamientos

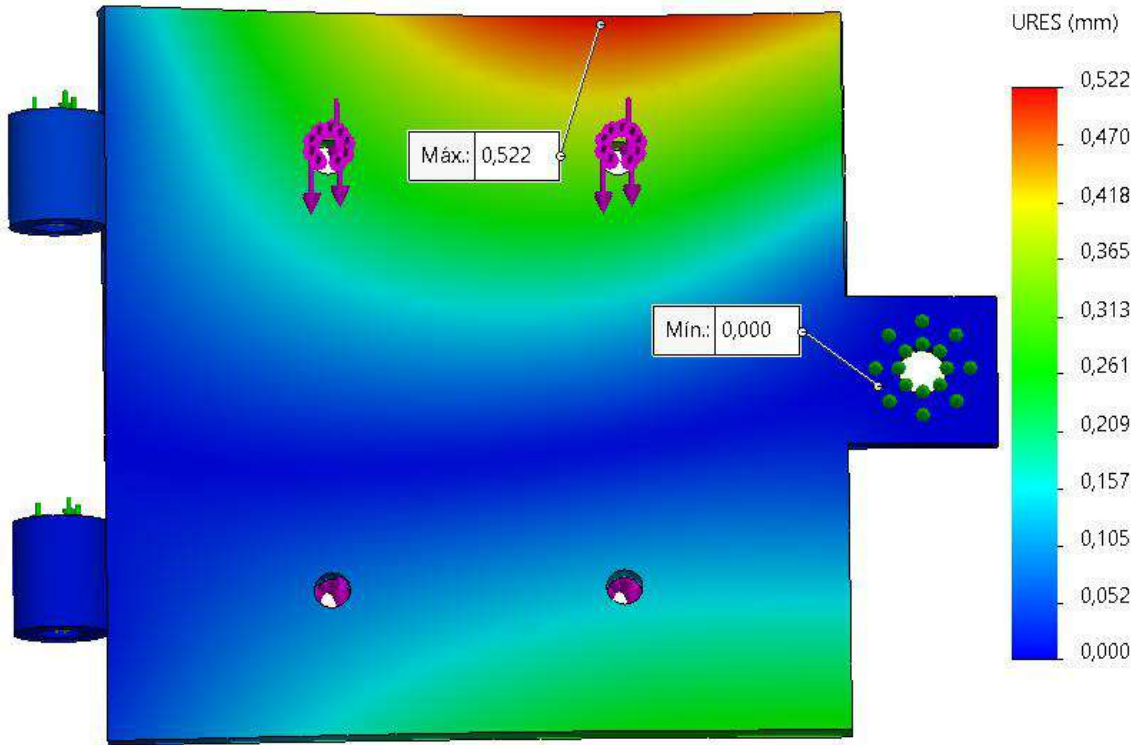


Figura 45 Desplazamientos de la placa base.

Tabla 21 Desplazamientos para diferentes espesores.

Desplazamiento		
Espesor (mm)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)
4	1.661	0.000
5	0.877	0.000
6	0.522	0.000

c) Factor de seguridad

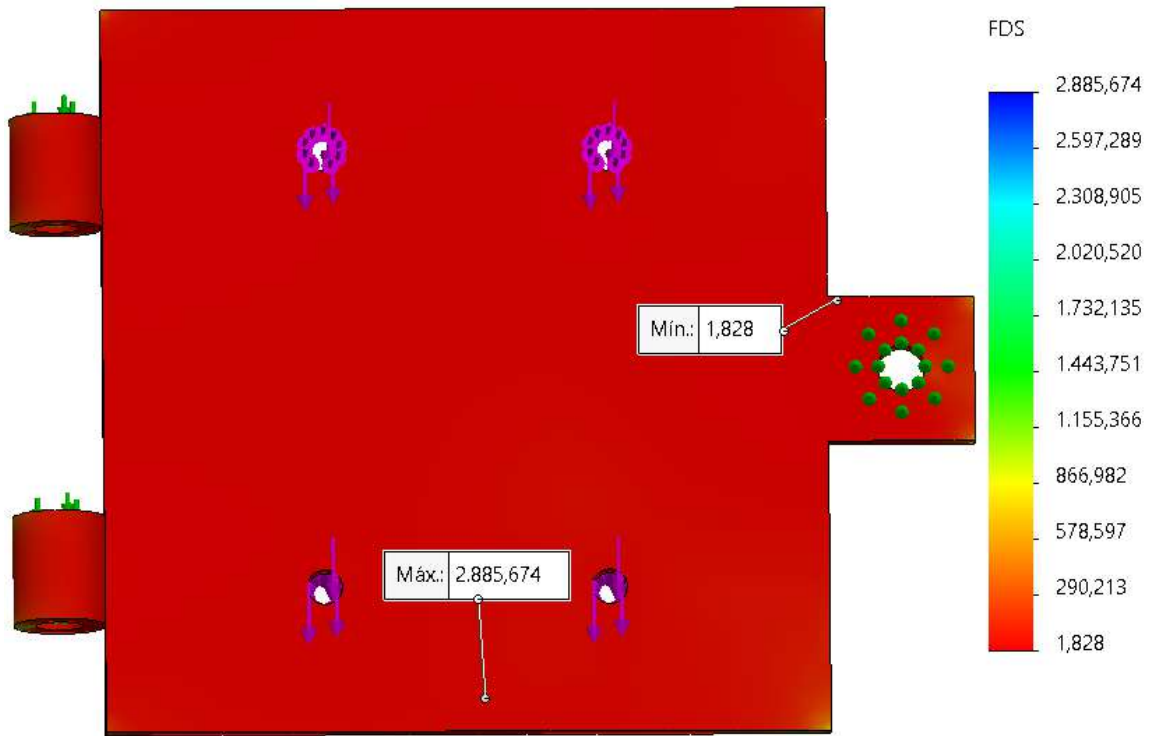


Figura 46 Tensión de Von Mises de la placa base.

Tabla 22 Factor de seguridad para diferentes espesores.

Factor de seguridad		
Espesor (mm)	Máximo	Mínimo
4	1,514.99	0.815
5	2,531.56	1.129
6	2,885.67	1.828

Resulta útil construir la base del motor con un espesor de 6 mm de acero ASTM A36 debido a que tiene un factor de seguridad considerable frente a los demás espesores y la deflexión es mínima.

- **Diseño de la artesa**

La carcasa o artesa es la estructura de soporte de toda la maquina por lo que sobre ella van montados la mayoría de componentes a más de ser la envoltura del tornillo sin fin, de manera que retiene el material transportado, esta se ubica de manera vertical es decir a un ángulo de 90° con relación al piso, se apoya en la placa base y se sujeta con una abrazadera a una altura de 3 metros.



Figura 47 Artesa de transportador 1.

Las cargas que soporta la artesa son: el peso del motor; las reacciones que genera la transmisión por bandas; la reacción de los granos de maíz atrapados entre las hélices y la carcasa; el peso del alimentador lleno; la presión del maíz transportado; la presión de maíz desde el alimentador.

Peso del motor:

$$W_{motor} = 40.06 \text{ lb}$$

Reacciones de la transmisión, ver Anexo 9:

$$F_{bandas} = 2 (43.827 \text{ lb} + 14.85 \text{ lb})$$

$$F_{bandas} = 117.35 \text{ lb}$$

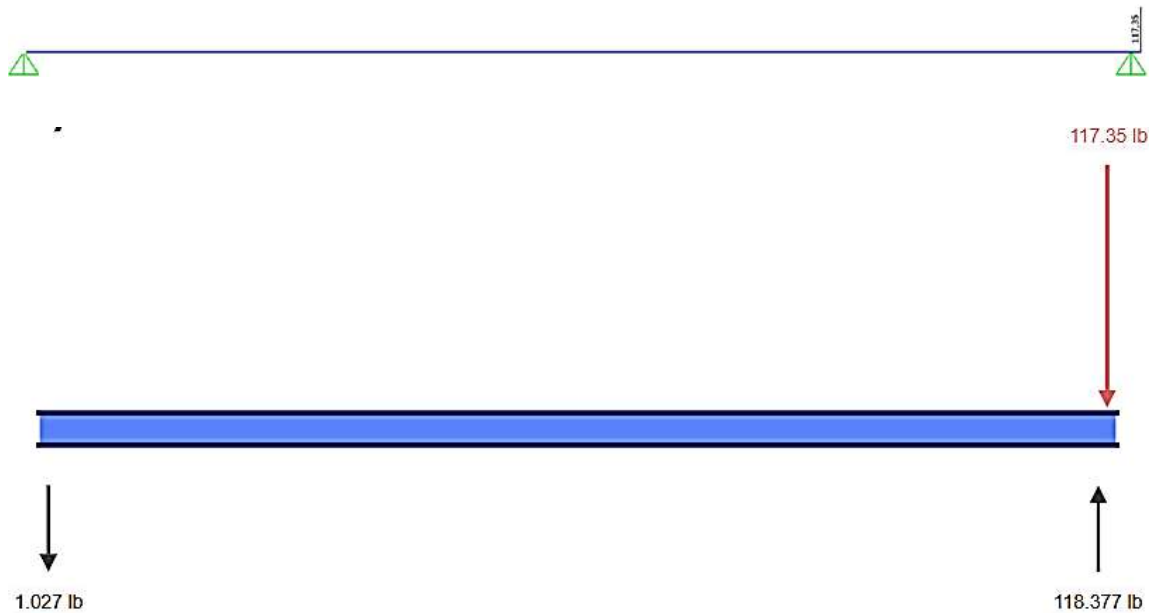


Figura 48 Reacciones en los apoyos (chumaceras) del tubo central.

$$R_A = 1.03 \text{ lb}$$

$$R_B = 118.38 \text{ lb}$$

Reacción de los granos atascados en la carcasa de la Tabla 7:

$$G = \frac{17.7 \text{ in}}{0.276 \text{ in}}$$

$$G = 64.13$$

$$R = (69.48 \text{ lbf})(64.13)(26)$$

$$R = 115,849.56 \text{ lbf}$$

Peso del alimentador lleno:

Al ser triangular su centro de masa se sitúa a 1/3 de la base.

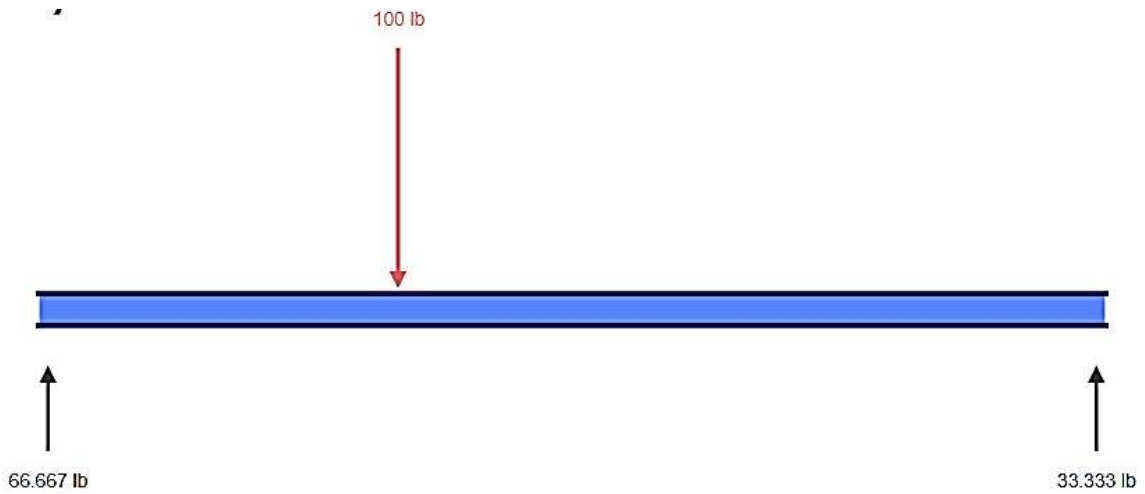


Figura 49 Reacciones en los apoyos del alimentador.

$$F_A = 66.67 \text{ lb}$$

Presión de maíz transportado:

$$P = \left(45 \frac{\text{lbf}}{\text{ft}^3}\right) (0.448 \text{ ft}) (0.45)$$

$$P = 9.072 \frac{\text{lbf}}{\text{ft}^2} = 0.063 \text{ psi}$$

Presión de maíz desde el alimentador mediante la Ecuación 30:

$$P = \left(45 \frac{\text{lbf}}{\text{ft}^3}\right) (1.31 \text{ ft})$$

$$P = 58.95 \frac{\text{lbf}}{\text{ft}^2} = 0.409 \text{ psi}$$

Se realiza el análisis en el software aplicando las cargas obtenidas, en dirección perpendicular ya que el transportador se ubica a 90°. El material usado es acero ASTM A36 tomado de la Tabla 5. Las condiciones de carga en la artesa se muestran a continuación en la Tabla 23.

Tabla 23 Condiciones de carga.

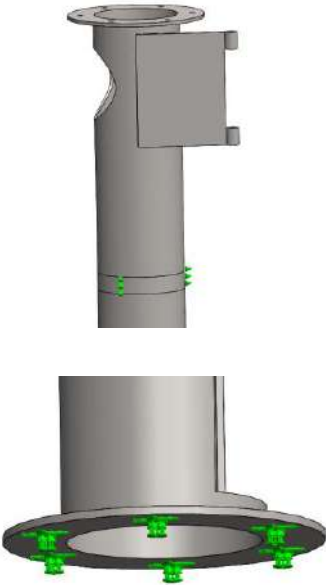
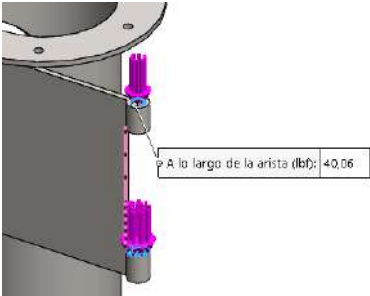
Condiciones de carga	
Sujeciones	
Peso del motor	

Tabla 23 Condiciones de carga (continuación).

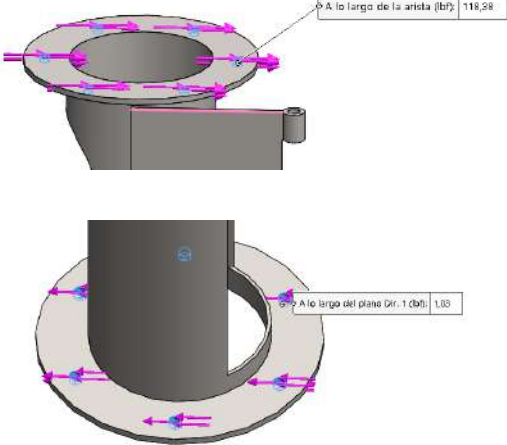
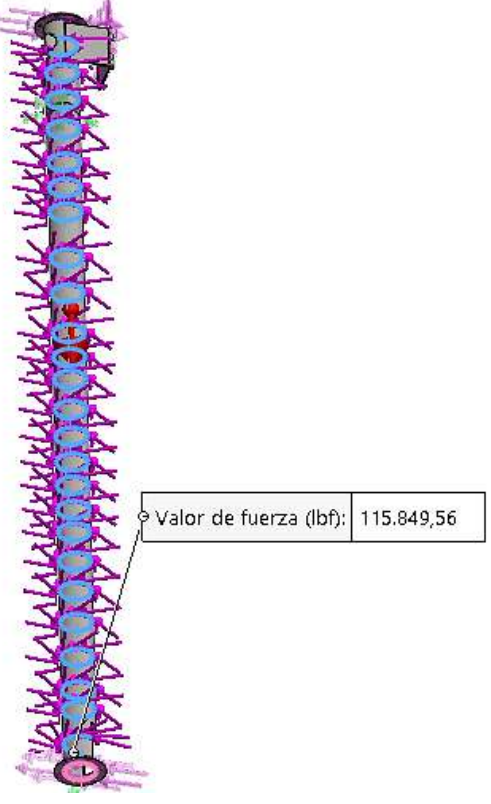
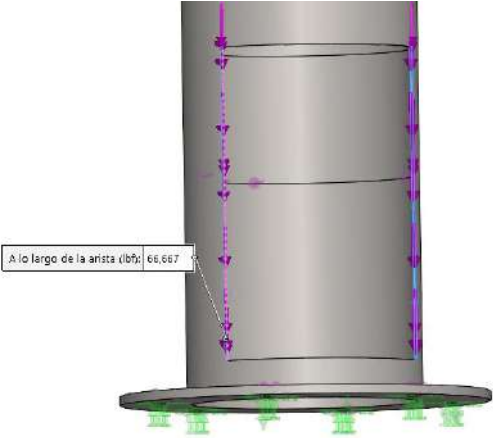
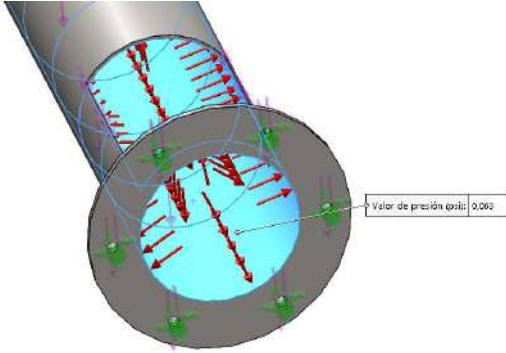
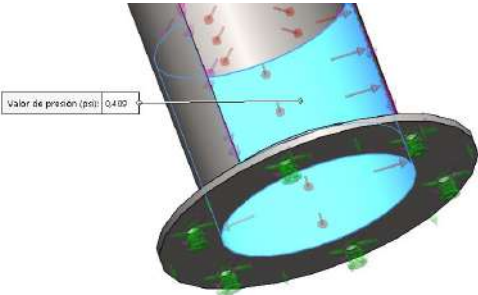
<p>Reacciones de la transmisión</p>	
<p>Reacción de los granos atascados</p>	

Tabla 23 Condiciones de carga (continuación).

<p>Peso del alimentador</p>	
<p>Presión de maíz transportado</p>	
<p>Presión de maíz desde el alimentador</p>	

Ejecutando el análisis se han obtenido los siguientes resultados:

a) Tensión de Von Mises

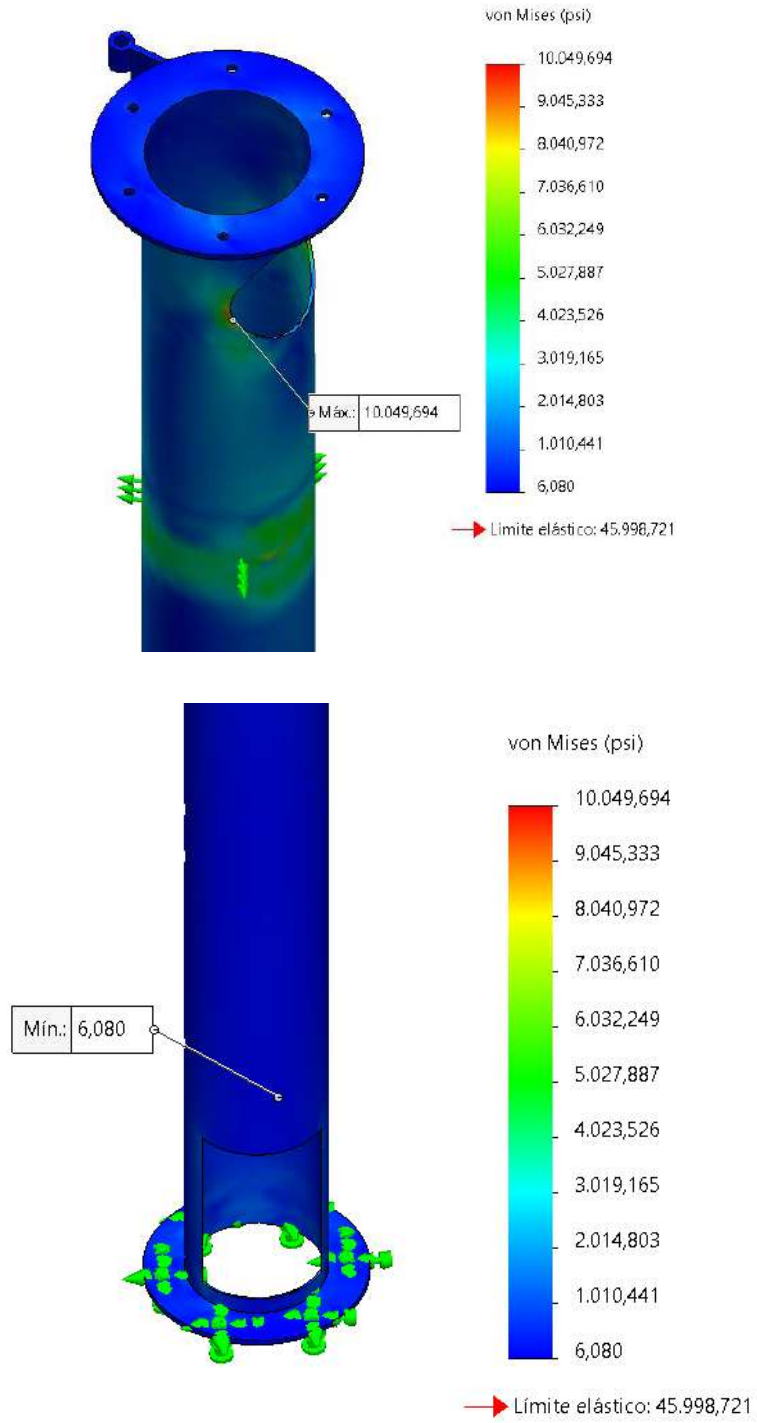


Figura 50 Tensión de Von Mises de la artesa.

Tabla 24 Von Mises de acuerdo con el espesor de la artesa.

Tensión de Von Mises		
Espesor (mm)	Máximo (PSI)	Mínimo (PSI)
3	10,049.69	6.08

b) Desplazamientos

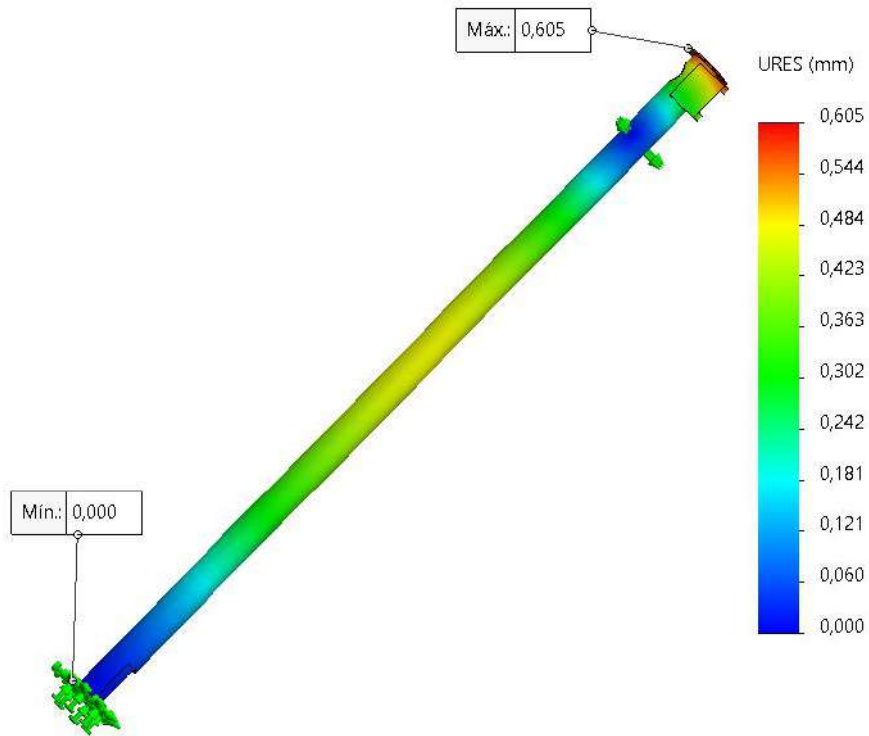


Figura 51 Desplazamientos de la artesa.

Tabla 25 Desplazamientos de acuerdo con el espesor de la artesa.

Desplazamiento		
Espesor (mm)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)
3	0.605	0.000

c) Factor de seguridad

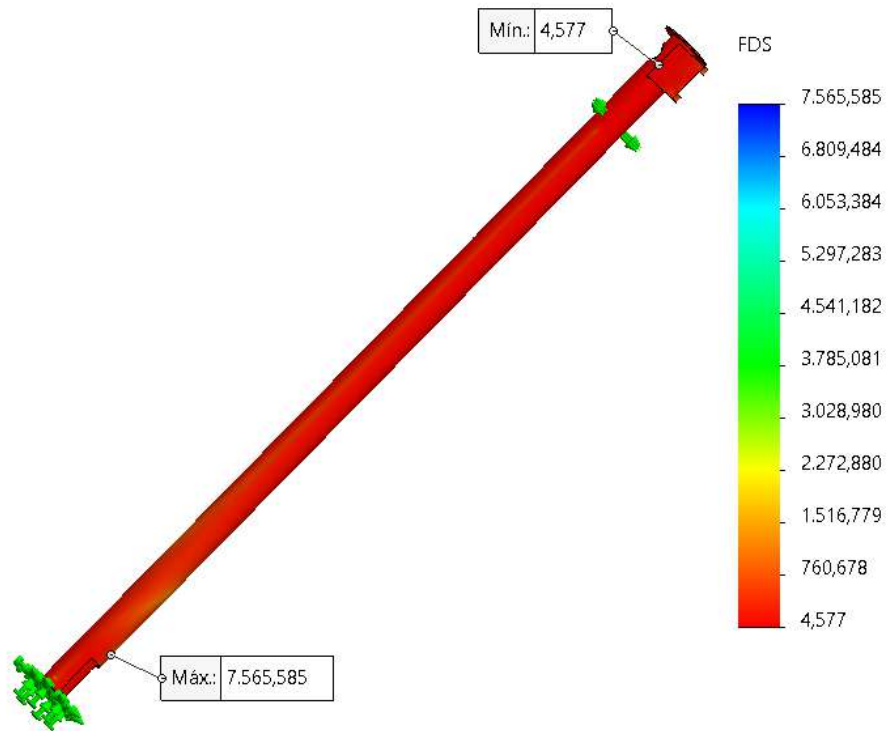


Figura 52 Factor de seguridad de la artesa.

Tabla 26 Factor de seguridad de acuerdo con el espesor de la artesa.

Factor de seguridad		
Espesor (mm)	Máximo	Mínimo
3	7,565.858	4.577

Resulta útil construir la artesa con un tubo redondo de ASTM A36 de 3 mm de espesor ya que el factor de seguridad es de 4.53 siendo mayor a la unidad. Se ha trabajado con el mínimo espesor encontrado en catálogos de la zona para el diámetro requerido.

- **Diseño de la placa base**

La placa base se ubica en la parte inferior de la carcasa, es la encargada de soportar el peso de la mayoría de los componentes de la máquina.

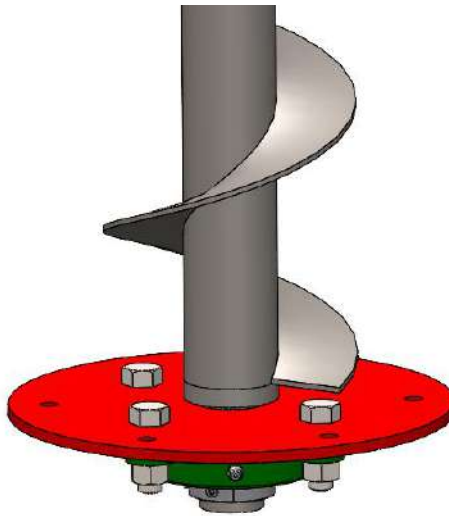


Figura 53 Ubicación de la placa base.

Entre las distintas cargas que soporta la placa base están: el peso del sin fin, comprendido por las hélices y el tubo central; el peso del material transportado, el cual comprende el 45% del volumen total de la carcasa debido a la carga de artesa, que a su vez reposan en la chumacera juntamente con el peso del sin fin; el peso de la carcasa con alimentador, el motor y su base; la reacción inferior del tubo central; la presión de maíz desde el alimentador.

Peso del sin fin (software):

$$W_{\text{sin fin}} = 49.74 \text{ lb}$$

Peso de material transportado de la Tabla 7 mediante la Ecuación 1:

$$W_{\text{maíz}} = (101.57 \text{ lb}) (0.45)$$

$$W_{\text{maíz}} = 45.71 \text{ lb}$$

Peso de carcasa y motor (software):

$$W_{\text{car mot}} = 119.82 \text{ lb} + 66.67 \text{ lb} + 40.06 \text{ lb} + 4.73 \text{ lb}$$

$$W_{\text{car mot}} = 231.28 \text{ lb}$$

Reacción del tubo central, Figura 49:

$$R_A = 1.03 \text{ lb}$$

Presión de maíz desde el alimentador mediante la Ecuación 30:

$$P = \left(45 \frac{\text{lb}f}{\text{ft}^3} \right) (1.31 \text{ ft})$$

$$P = 58.95 \frac{\text{lb}f}{\text{ft}^2} = 0.409 \text{ psi}$$

Se realiza el análisis en el software aplicando la carga obtenida, en dirección perpendicular ya que el transportador se ubica a 90°. El material usado es acero ASTM A36 tomado de la Tabla 5.

Las condiciones de carga en la placa base se muestran a continuación en la Tabla 27.

Tabla 27 Condiciones de carga.

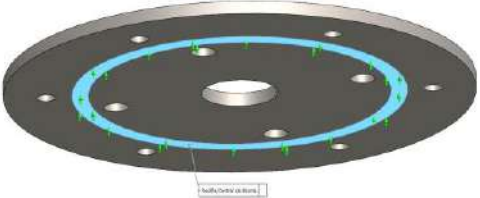
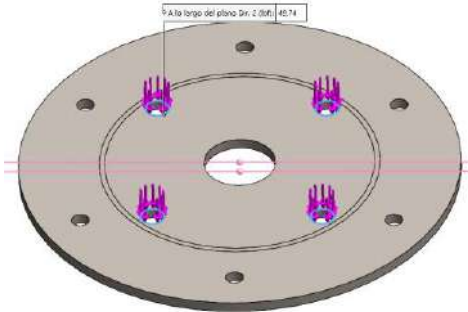
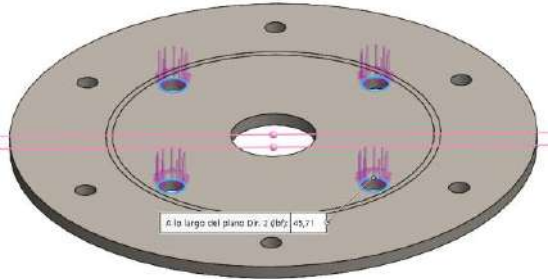
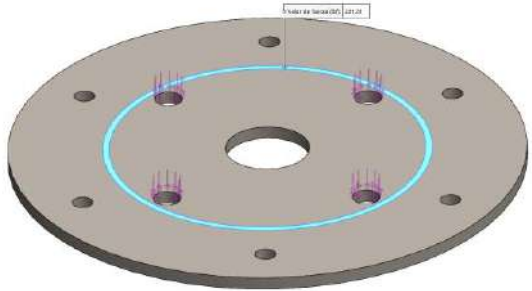
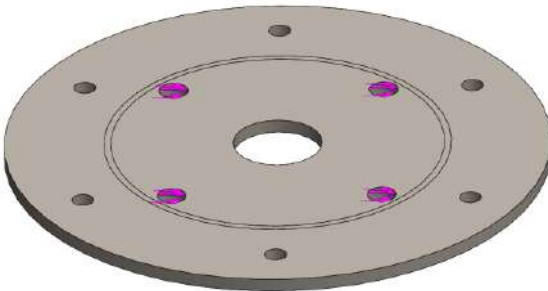
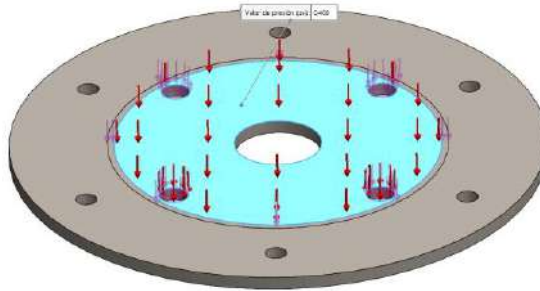
Condiciones de carga	
Sujeciones	
Peso del sin fin	

Tabla 27 Condiciones de carga (continuación).

<p>Peso del maíz</p>	
<p>Peso de artesa y motor</p>	
<p>Reacción del tubo central</p>	
<p>Presión de maíz</p>	

Ejecutando el análisis se han obtenido los siguientes resultados:

d) Tensión de Von Mises

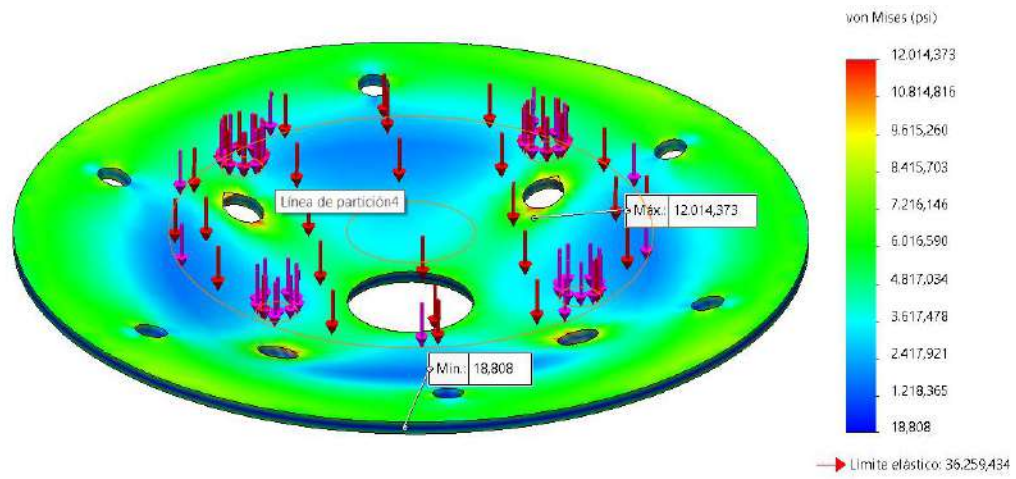


Figura 54 Tensión de Von Mises de la placa base.

Tabla 28 Von Mises para diferentes espesores.

Tensión de Von Mises		
Espesor (mm)	Máximo (PSI)	Mínimo (PSI)
2	45,078.90	44.97
3	20,941.04	44.28
4	12,014.37	18.81

e) Desplazamientos

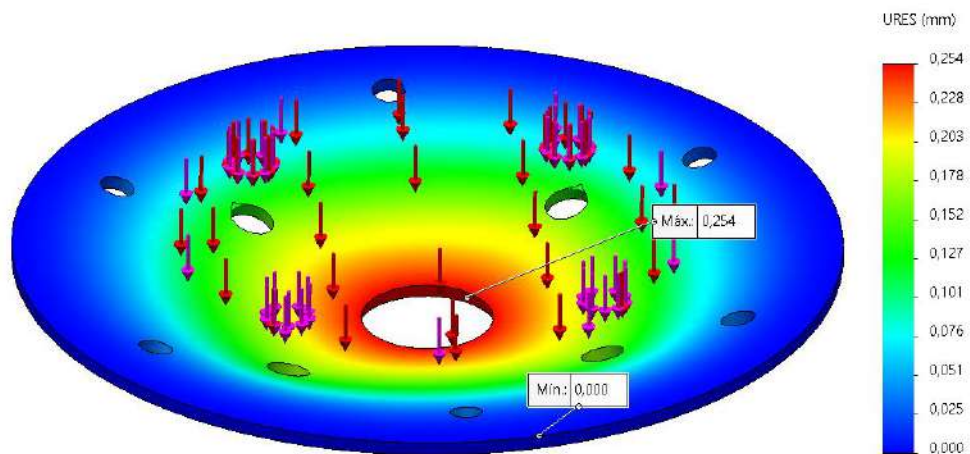


Figura 55 Desplazamientos de la placa base.

Tabla 29 Desplazamientos para diferentes espesores.

Desplazamiento		
Espesor (mm)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)
2	2.011	0.000
3	0.599	0.000
4	0.254	0.000

f) Factor de seguridad

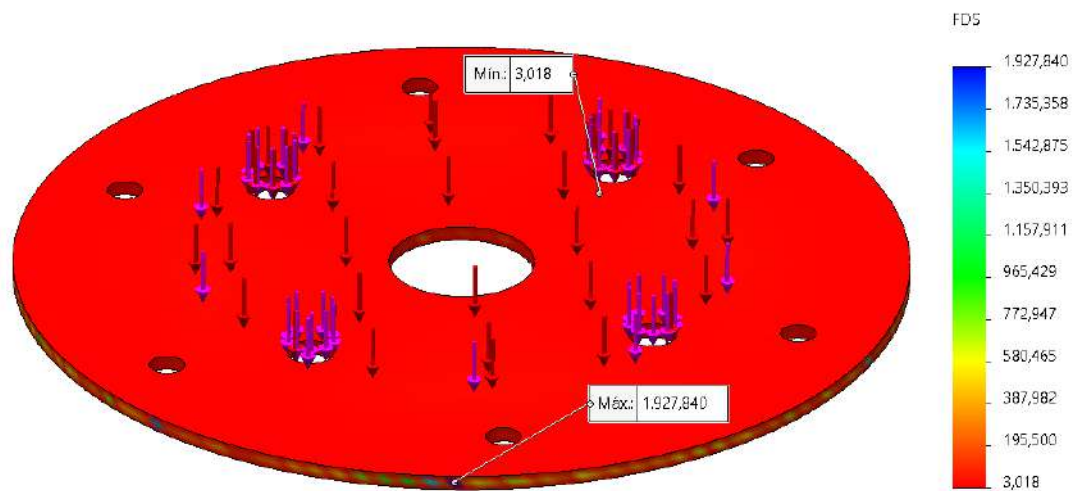


Figura 56 Tensión de Von Mises de la placa base.

Tabla 30 Factor de seguridad para diferentes espesores.

Factor de seguridad		
Espesor (mm)	Máximo	Mínimo
2	806.32	0.804
3	818.86	1.732
4	1,927.84	3.018

Resulta útil construir la placa base con un espesor de 4 mm de acero ASTM A36 debido a que tiene un factor de seguridad considerable frente a los demás espesores y la deflexión es mínima.

3.2.4 Diseño del tornillo sin fin para el transporte 2

El transporte 2 requiere de un flujo de 4 ton/h que es con la velocidad con la que la máquina mezcladora recibe el material. El ángulo de inclinación para este transportador es de 45° indicado en la Figura 58, por lo que según la Figura 28 resulta útil calcular como un tornillo inclinado y en base a la referencia [21] se debe calcular primeramente como si se tratara de un sin fin para luego realizar correcciones en la potencia de accionamiento.

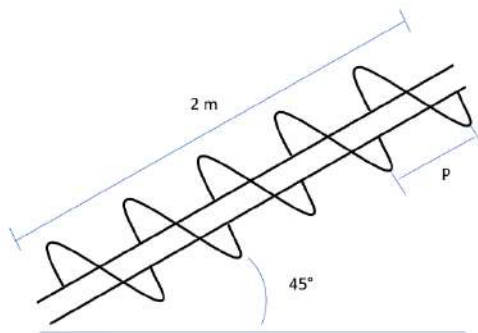


Figura 57 Esquema del transporte 2.

Como en el transporte 1 se recomienda que este sea 12 veces mayor al diámetro máximo de las partículas del material que se transporta, pero en este caso se trata de cereales el cual es un material homogéneo y pequeño por lo que no hay ningún problema y se utiliza la misma consideración para el transporte 2 mediante la Ecuación 6.

En el caso del maíz quebrado es considerado un material ligero utilizando un valor de velocidad angular de $n = 150 \text{ rpm}$.

El maíz quebrado se clasifica en el grupo 1 como materiales ligeros.

El factor de paso tomado del Anexo 6 y 7 se tiene un paso corto el cual resulta ser igual a $2/3 D$, el coeficiente C_f del Anexo 8 y 9 de acuerdo al material a transportar y por su grado de inclinación se usa el Anexo 10.

$F_p = 2/3$ para un paso corto.

$$Cf = 0.45$$

$$C = 1$$

$$\gamma = 0.801 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \left(4 \frac{\text{ton}}{\text{h}}\right)}{\pi} \frac{60}{3600 (150 \text{ rpm}) \left(\frac{2}{3}\right)} \frac{1}{\left(0.801 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) (1) (0.45)}}$$

$$D = 0.133 \text{ m} = 5.24 \text{ in}$$

Posteriormente se corrige el diámetro calculado por uno estandarizado que es de 6 in. Luego se calcula la velocidad angular para el sin fin, para lo que se requiere de la capacidad equivalente.

$$m = 4 \text{ ton} = 8,818.5 \text{ lb}$$

$$\rho = 50 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

Mediante la Ecuación 1:

$$V = \frac{8,818.5 \text{ lb}}{50 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}} = 176.37 \text{ ft}^3$$

$$C = 176 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$$

$$CF_1 = 1.5$$

$$CF_2 = 1.43$$

$$CF_3 = 1$$

Mediante la Ecuación 7:

$$Ce = \left(176 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}\right) (1.5)(1.43)(1)$$

$$Ce = 377 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$$

Entonces la velocidad mediante la Ecuación 8:

$$N = \frac{377 \frac{ft^3}{h}}{2.23 \frac{ft^3}{h rpm}} = 169 rpm$$

A continuación, se calcula la potencia requerida por el transportador 1 de tornillo sin fin paso estándar.

- **Selección de motor**

Cálculo de potencia por fricción del transportador mediante la Ecuación 9:

$$L = 6.56 ft$$

$$N = 165 rpm$$

$$F_d = 18$$

$$F_b = 1$$

$$Hp_f = \frac{(6.56 ft)(165 rpm)(18)(1)}{1,000,000}$$

$$Hp_f = 0.02 hp$$

Cálculo de potencia por el material transportado mediante la Ecuación 12:

$$C = 169 \frac{ft^3}{h}$$

$$L = 6.56 ft$$

$$W = 50 \frac{lbs}{ft^3}$$

$$F_f = 1$$

$$F_m = 0.7$$

$$F_p = 1$$

$$Hp_m = \frac{(169 \frac{ft^3}{h})(6.56 ft)(50 \frac{lb}{ft^3})(1)(0.7)(1)}{1,000,000}$$

$$Hp_m = 0.055 hp$$

$$0.02 + 0.055 = 0.075 hp < 5.2 hp$$

Como $Hp_f + Hp_m$ es menor a 5.2 se selecciona el factor de sobrecarga del Anexo 8:

$$Fo=3$$

Cálculo de potencia requerida mediante la Ecuación 14:

$$hp = \frac{(0.02 + 0.055)}{0.88} (3)$$

$$hp = 0.256 hp$$

Cálculo de potencia de elevación mediante la Ecuación 15:

$$Hp_{de\ elevacion} = \frac{(147 \frac{lb}{min})(6.56 ft)}{33000}$$

$$Hp_{de\ elevacion} = 0.03 hp$$

Cálculo de potencia necesaria para superar la disminución de eficiencia por volteo:

$$Hp_{volteo} = 0.5 hp$$

Cálculo de potencia total mediante la Ecuación 14:

$$Hp_{TOTAL} = 0.256 hp + 0.03 hp + 0.5 hp$$

$$Hp_{TOTAL} = 0.786 \text{ hp}$$

Se escoge un motor estandarizado de 1 hp.

Cálculo de torque mediante la Ecuación 16:

$$Torque = \frac{(1 \text{ hp})(63,025)}{165 \text{ rpm}}$$

$$Torque = 393.9 \text{ lb} - \text{pulgada}$$

- **Cálculo de bandas para el transporte 2 Anexo 10**

Tabla 31 Datos de la banda para el transporte 2.

Tipo	V
Sección	A
Diámetro primitivo	3.5 in
Diámetro de conducida	3.5 in
Distancia entre centros	10 in
Longitud	30 in
Potencia permisible por banda	0.956 Hp
Numero de bandas	2
Vida en horas	25000

Se escoge una banda en V, A30.

Numero de hélices mediante la Ecuación 29:

$$\#_{helices} = \frac{78.74 \text{ in}}{4 \text{ in}}$$

$$\#_{helices} = 19.68$$

- **Diseño de los componentes**

El diámetro del transportador 2 coincide con el diámetro del transportador 1 (6 pulgadas), por esta razón las condiciones de carga guardan relación siendo incluso menores para el transporte 2, de esta manera el diseño de los elementos en el transporte 1 mostrado en la sección 3.2.3 sirven para el transporte 2, los datos se muestran en la Tabla 32.

Tabla 32 Datos para el transporte 2.

Diseño de elementos para el transportador 2	
Elemento	Dimensiones de interés
Hélices	Espesor 3 mm
Eje	Diámetro de 2 pulgadas, espesor de 3 mm
Rodamientos	UCF 207
Base de motor	Espesor de 6 mm
Artesa	Espesor de 3 mm
Placa base	Espesor de 4 mm

3.2.5 Diseño del circuito eléctrico

El circuito eléctrico se ensambla en una caja que consta de: tres interruptores termomagnéticos un general, uno para el transportador 1 y uno para el transportador 2; dos contactores, uno por cada transportador; dos relés térmicos; conductores, pulsadores, indicadores. A continuación, se seleccionan los valores de los componentes.

Intensidad de corriente en el transportador 1 mediante la Ecuación 45:

$$I = \frac{2 \text{ hp}(745.7)}{220 \text{ V}(0.6)} (1.25)$$

$$I = 14.12 \text{ A}$$

Intensidad de corriente en el transportador 2 mediante la Ecuación 45:

$$I = \frac{(1 \text{ hp})(745.7)}{(220 \text{ V})(0.45)}$$

$$I = 9.42 \text{ A}$$

Intensidad de corriente total mediante la Ecuación 45:

$$I = 14.12 \text{ A} + 9.42 \text{ A}$$

$$I = 23.54 \text{ A}$$

Tabla 33 Componentes eléctricos.

Circuito eléctrico			
Componente	Transportador 1	Transportador 2	General
Interruptor termomagnético	15 A categoría C	10 A categoría C	30 A categoría C
Contactador	15 A @ 220 V	10 A @ 220 V	--
Relé térmico	13 a 17 A	9 a 13 A	--
Conductor	14 AWG	14 AWG	10 AWG

A continuación, se visualiza el diagrama eléctrico:

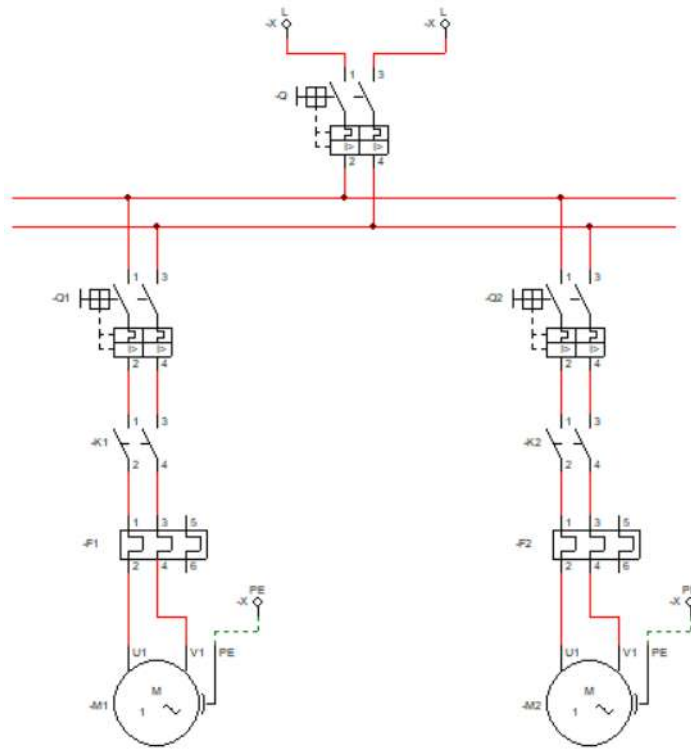


Figura 58 Circuito de potencia.

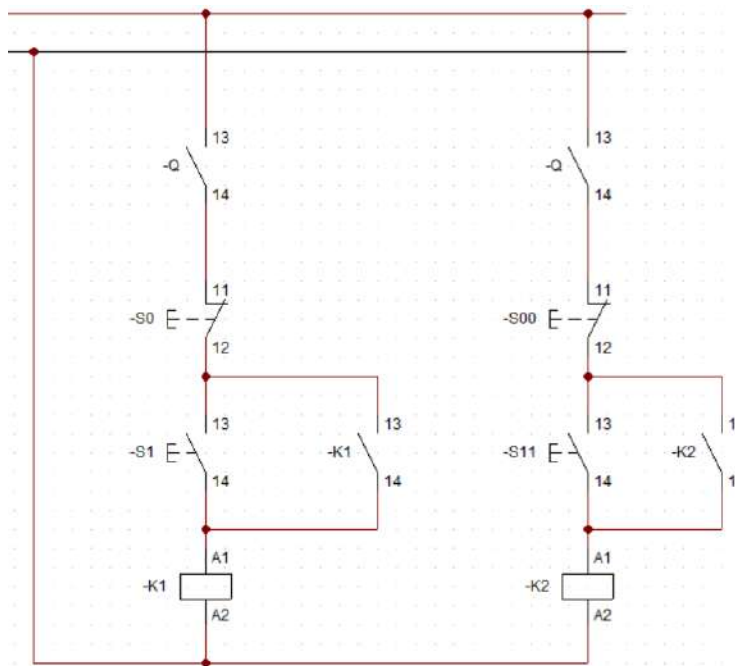


Figura 59 Circuito de control.

3.3 Construcción del sistema de transporte

Se ha realizado el diseño de dos transportadores y una tolva, cada uno con la capacidad acorde a los requerimientos de la avícola, con estos datos se procede a la construcción de los mismos Anexo 13. En el siguiente apartado se detalla paso a paso el proceso de construcción.

3.3.1 Materiales y equipos requeridos para la construcción

Tabla 34 Materia prima requerida para la construcción del sistema de transporte.

Materia prima	
Elemento	Cantidad
Tubo redondo de acero de 6 pulgadas x 3 mm	1
Tubo redondo de acero de 2 pulgadas x 3 mm	1
Tubo redondo de acero cedula 40 5 pulgadas	1/60
Plancha de acero de 3 mm	1
Plancha de hacer de 6 mm	½
Eje de transmisión de 2 pulgadas x 15 cm	2
Eje de transmisión de 2 pulgadas x 22 cm	2
Varilla de acero cuadrada de ½ pulgada	1
Varilla redonda de acero de ½ pulgada	½
Platina de acero 30 x 3 mm	3
Perfil L 50 x 50 x 4 mm	2

Tabla 34 Materia prima requerida para la construcción del sistema de transporte (continuación).

Perfil L 40 x 40 x 3 mm	1
Perfil L 30 x 30 x 3 mm	1
Perfil L 30 x 30 x 2 mm	3
Perfil TC 30 x 30 x 1.5 mm	1
Plancha de acero galvanizado 0.4 mm	3
Plancha de acero galvanizado 0.7 mm	1

Tabla 35 Elementos normalizados para la construcción del sistema de transporte.

Elementos normalizados	
Elemento	Cantidad
Rodamientos UCF 207 1 ¼ ''	4
Polea tipo A 13 pulgadas	2
Polea tipo A 3.5 pulgadas	1
Polea tipo A 2 pulgadas	1
Perno galvanizado de ½ x 1 ½ pulgadas	16
Perno galvanizado de 3/8 x 1 pulgada	25
Perno galvanizado de 3/8 x ¾ pulgada	16
Perno galvanizado 5/16 x ¾ pulgadas	10
Perno galvanizado ¼ x ¾ pulgadas	20

Tabla 35 Elementos normalizados para la construcción del sistema de transporte (continuación).

Tuerca galvanizada 3/8 pulgadas	25
Tuerca galvanizada 5/16 pulgadas	10
Tuerca galvanizada 1/4 pulgadas	20
Arandela plana galvanizada 3/8	25
Arandela plana galvanizada 5/16	10
Arandela de presión galvanizada 3/8	16
Remaches 1/4 pulgadas	200

Tabla 36 Insumos para la construcción del sistema de transporte.

Insumos	
Insumo	Cantidad
Disco de corte para metal	3
Disco de desbaste	1
Electrodo 6011	200
Juego de brocas para metal	1
Lija # 36	2
Lija # 60	2
Guaípe de algodón	1

Tabla 37 Herramientas para la construcción del sistema de transporte.

Herramientas	
Herramienta	Cantidad
Martillo	1
Punto	1
Compás de rayado	1
Compás de corte	1
Regla	2
Escuadra	1
Cierra	1
Lima	2
Alicate	2
Flexómetro	1
Juego de llaves mecánicas	1

Tabla 38 Equipos requeridos para la construcción del sistema de transporte.

Equipo	Cantidad
Torno	1
Cepilladora	1
Dobladora	1
Taladro de pedestal	1

Tabla 38 Equipos requeridos para la construcción del sistema de transporte (continuación).

Taladro de mano	1
Amoladora	2
Tecele	1
Soldadora GMAW	1
Soldadora SMAW	1
Cortadora plasma	1

Tabla 39 Equipos para protección personal en la construcción del sistema de transporte.

Equipo	Cantidad
Mascara para soldar	2
Guantes	4
Zapatos industriales	4
Casco de seguridad	4
Mandil industrial	4
Pantalón industrial	4
Gafas de seguridad	2
Mascarilla	4
Tapones auditivos	4

Tabla 40 Procesos de construcción de la tolva.



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 			
“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO CONCENTRADO PARA AVES EN LA AVÍCOLA VICTORIA ISRAEL DE HUAMBALÓ PROVINCIA DE TUNGURAHUA”			FECHA 10-11-22
ELABORADO	CISNEROS LÓPEZ CHRISTIAN MIGUEL	NÚMERO DE OPERARIOS	3
	SALINAS BAUTISTA ALEXIS SEBASTIAN		
REVISADO	ING. FRANCISCO PEÑA, MSC.	NÚMERO DE HORAS TOTAL	29.5
Descripción	Material	Tiempo (h)	Observación
Diseño y dimensionamiento de los componentes del sistema.	Computador MSI GF 62-8RE	50	Conforme a especificación
Elaboración de planos	Computador MSI GF 62-8RE	30	Conforme a especificación
Estructura soporte superior			
Trazado y medición de perfiles	TC 30X1.5	1	Conforme a especificación
Corte de perfiles	TC 30X1.5	1	
Soldadura	TC 30X1.5	1	
Lijado	TC 30X1.5	0.5	
Recubrimiento	TC 30X1.5	0.5	
Pintura	TC 30X1.5	0.5	

Tabla 40 Procesos de construcción de la tolva (continuación).

Estructura soporte medio			
Trazado y medición de perfiles	TC 30X1.5 PERFIL L 30X2 PERFIL L 40X3 PERFIL L 30X3	1	Conforme a especificación
Corte de perfiles	TC 30X1.5 PERFIL L 30X2 PERFIL L 40X3 PERFIL L 30X3	2	Conforme a especificación
Soldadura	TC 30X1.5 PERFIL L 30X2 PERFIL L 40X3 PERFIL L 30X3	3	Conforme a especificación
Lijado	TC 30X1.5 PERFIL L 30X2 PERFIL L 40X3 PERFIL L 30X3	0.5	Conforme a especificación
Perforado	PERFIL L 40X3	1	Conforme a especificación
Recubrimiento	TC 30X1.5 PERFIL L 30X2 PERFIL L 40X3 PERFIL L 30X3	0.5	Conforme a especificación
Pintura	TC 30X1.5 PERFIL L 30X2 PERFIL L 40X3 PERFIL L 30X3	0.5	Conforme a especificación

Tabla 40 Procesos de construcción de la tolva (continuación).

Estructura soporte inferior			
Trazado y medición de perfiles	PERFIL L 30X2 PERFIL L 50X4	0.5	Conforme a especificación
Corte de perfiles	PERFIL L 30X2 PERFIL L 50X4	0.5	
Soldadura	PERFIL L 30X2 PERFIL L 50X4	0.5	
Lijado	PERFIL L 30X2 PERFIL L 50X4	0.5	
Perforado	PERFIL L 30X2 PERFIL L 50X4	0.5	
Recubrimiento	PERFIL L 30X2 PERFIL L 50X4	0.5	
Pintura	PERFIL L 30X2 PERFIL L 50X4	0.5	
Soporte medio boca de descarga			
Trazado y medición de perfiles	PERFIL L 30X2	0.5	Conforme a especificación
Corte de perfiles	PERFIL L 30X2	0.5	
Soldadura	PERFIL L 30X2	0.5	
Lijado	PERFIL L 30X2	0.5	
Recubrimiento	PERFIL L 30X2	0.5	
Pintura	PERFIL L 30X2	0.5	

Tabla 40 Procesos de construcción de la tolva (continuación).

Soporte inferior boca de descarga			
Trazado y medición de perfiles	PERFIL L 30X2	0.5	Conforme a especificación
Corte de perfiles	PERFIL L 30X2	0.5	
Soldadura	PERFIL L 30X2	0.5	
Lijado	PERFIL L 30X2	0.5	
Recubrimiento	PERFIL L 30X2	0.5	
Pintura	PERFIL L 30X2	0.5	
Soporte bajo boca de descarga			
Trazado y medición de perfiles	PERFIL L 30X2	0.5	Conforme a especificación
Corte de perfiles	PERFIL L 30X2	0.5	
Soldadura	PERFIL L 30X2	0.5	
Lijado	PERFIL L 30X2	0.5	
Recubrimiento	PERFIL L 30X2	0.5	
Pintura	PERFIL L 30X2	0.5	
Tolva			
Trazado y medición de laterales	PL 1220X2440X1.10mm GV	1	Conforme a especificación
Corte de perfiles	PL 1220X2440X1.10mm GV	1	
Empernado	PL 1220X2440X1.10mm GV	1	
Total		29.5	

Tabla 41 Procesos de ensamble de la tolva.



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 			
“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO CONCENTRADO PARA AVES EN LA AVÍCOLA VICTORIA ISRAEL DE HUAMBALÓ PROVINCIA DE TUNGURAHUA”			FECHA 10-11-22
ELABORADO	CISNEROS CHRISTIAN SALINAS ALEXIS	NÚMERO DE OPERARIOS	3
REVISADO	ING. FRANCISCO PEÑA, MSC.	NÚMERO DE HORAS TOTAL	14
Descripción		Tiempo (h)	Observación
Montaje de la estructura de soporte superior		2	Conforme a especificación
Montaje de la estructura de soporte medio		4	
Montaje de la estructura de soporte inferior		1	
Montaje del soporte medio boca de descarga		1	
Montaje del soporte boca inferior de descarga		1	
Montaje del soporte bajo boca de descarga		1	
Montaje de la tolva		1	
Ensamblaje de la tolva en la estructura de soporte medio		0.5	
Ensamblaje de los soportes en la boca de descarga		0.5	
Ensamblaje de la estructura soporte superior a estructura de soporte medio		0.5	
Ensamblaje de la estructura soporte medio a estructura de soporte inferior		0.5	
Verificación de la tolva		1	
Total		14	

Tabla 42 Procesos de construcción de los transportadores.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO CONCENTRADO PARA AVES EN LA AVÍCOLA VICTORIA ISRAEL DE HUAMBALÓ PROVINCIA DE TUNGURAHUA”				FECHA	03-11-22
ELABORADO	CISNEROS LÓPEZ CHRISTIAN MIGUEL	NÚMERO DE OPERARIOS		3	
	SALINAS BAUTISTA ALEXIS SEBASTIAN				
REVISADO	ING. FRANCISCO PEÑA, MSC.	NÚMERO DE HORAS TOTAL		39	
Descripción	Material	Tiempo (h)	Observación		
Diseño y dimensionamiento de los componentes del sistema.	Computador MSI GF 62-8RE	50	Conforme a especificación		
Elaboración de Planos	Computador MSI GF 62-8RE	30			
Carcasa					
Trazado y medición de la carcasa	Tubo redondo de acero 6 pulgadas x 3 mm	2	Conforme a especificación		
Corte	Tubo redondo de acero 6 pulgadas x 3 mm	3			
Lijado	Tubo redondo de acero 6 pulgadas x 3 mm	1			
Pintura	Tubo redondo de acero 6 pulgadas x 3 mm	1			

Tabla 42 Procesos de construcción de los transportadores (continuación).

Base del motor			
Trazado y medición	Platina de acero de 6 mm	1	Conforme a especificación
Corte	Platina de acero de 6 mm	1	
Soldadura	Platina de acero de 6 mm	1	
Taladro	Platina de acero de 6 mm	0.5	
Lijado	Platina de acero de 6 mm	0.5	
Pintura	Platina de acero de 6 mm	0.5	
Bridas			
Trazado y medición de la brida	Platina de acero de 6 mm	0.5	Conforme a especificación
Corte	Platina de acero de 6 mm	1	
Taladro	Platina de acero de 6 mm	1	
Lijado	Platina de acero de 6 mm	0.5	
Pintura	Platina de acero de 6 mm	0.5	
Eje			
Trazado y medición del eje	Tubo redondo de acero 2 pulgadas x 3 mm	0.5	Conforme a especificación
Corte	Tubo redondo de acero 2 pulgadas x 3 mm	0.5	
Lijado	Tubo redondo de acero 2 pulgadas x 3 mm	0.5	
Hélices			
Trazado y medición	PL 1220X2440X3mm	4	Conforme a especificación
Corte	PL 1220X2440X3mm	4	
Soldadura	PL 1220X2440X3mm	4	
Lijado	PL 1220X2440X3mm	1	

Tabla 42 Procesos de construcción de los transportadores (continuación).

Eje motriz			
Torneado	Eje de transmisión 2 pulgadas x 1500 mm	2	Conforme a especificación
Fresado de chavetero	Eje de transmisión 2 pulgadas x 2200 mm	0.5	
Soporte inferior			
Trazado y medición	Tubo de acero cedula 40 5 pulgadas	0.5	Conforme a especificación
Corte	Tubo de acero cedula 40 5 pulgadas	0.5	
Lijado	Tubo de acero cedula 40 5 pulgadas	0.5	
Pintura	Tubo de acero cedula 40 5 pulgadas	0.5	
Tolva obturador			
Trazado y medición	PL 1220X2440X3mm	1	Conforme a especificación
Corte	PL 1220X2440X3mm	1	
Soldadura	PL 1220X2440X3mm	2	
Lijado	PL 1220X2440X3mm	0.5	
Pintura	PL 1220X2440X3mm	0.5	
Total		39	

Tabla 43 Procesos de ensamble de los transportadores.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 			
“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO CONCENTRADO PARA AVES EN LA AVÍCOLA VICTORIA ISRAEL DE HUAMBALÓ PROVINCIA DE TUNGURAHUA”			FECHA 03-11-22
ELABORADO	CISNEROS LÓPEZ CHRISTIAN MIGUEL	NÚMERO DE OPERARIOS	3
	SALINAS BAUTISTA ALEXIS SEBASTIAN		
REVISADO	ING. FRANCISCO PEÑA, MSC.	NÚMERO DE HORAS TOTAL	10
Descripción		Tiempo (h)	Observación
Montaje de carcasa		0.5	Conforme a especificación
Montaje de la tolva obturador con la carcasa		0.5	
Montaje de las bridas con la carcasa		0.5	
Montaje de base del motor con la carcasa		0.5	
Montaje de hélices con el eje.		4	
Montaje de rodamiento UCF 207 1 ¼ pulgada		0.5	
Ensamblaje del motor con poleas y bandas.		1	
Verificación de medidas		0.5	
Instalación eléctrica del transportador		1	
Verificación de funcionamiento del transportador		1	
Total		10	

3.3.2 Costo del proyecto

Durante todo el proceso de construcción se generan tanto costos directos como indirectos, a continuación, se detalla estos costos.

Tabla 44 Costos de los materiales.

Materia prima			
Elemento	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Tubo redondo de acero de 6 pulgadas x 3 mm	1	\$ 105.00	\$ 105.00
Tubo redondo de acero de 2 pulgadas x 3 mm	1	\$ 35.50	\$ 35.50
Tubo redondo de acero cedula 40 5 pulgadas	1/60	\$ 250.00	\$ 4.17
Plancha de acero de 3 mm	1	\$ 98.00	\$ 98.00
Plancha de acero de 6 mm	¼	\$ 196.00	\$ 49.00
Eje de transmisión de 2 pulgadas x 15 cm	2	\$ 7.86	\$ 15.72
Eje de transmisión de 2 pulgadas x 22 cm	2	\$ 11.53	\$ 23.06
Varilla de acero cuadrada de ½ pulgada	1	\$ 7.60	\$ 7.60
Varilla redonda de acero de ½ pulgada	½	\$ 7.60	\$ 3.80
Platina de acero 30 x 3 mm	3	\$ 7.25	\$ 21.75
Perfil L 50 x 50 x 4 mm	2	\$ 25.69	\$ 51.38
Perfil L 40 x 40 x 3 mm	1	\$ 13.66	\$ 13.66
Perfil L 30 x 30 x 3 mm	1	\$ 10.02	\$ 10.02
Perfil L 30 x 30 x 2 mm	3	\$ 6.88	\$ 20.64
Perfil TC 30 x 30 x 1.5 mm	1	\$ 11.65	\$ 11.65
Plancha de acero galvanizado 0.4 mm	3	\$ 14.20	\$ 42.60
Plancha de acero galvanizado 0.7 mm	1	\$ 24.96	\$ 24.96
Total			\$ 538.51

Tabla 45 Costos de los materiales normalizados.

Elementos normalizados			
Elemento	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Rodamientos UCF 207 1 ¼ ''	4	\$ 8.24	\$ 32.96
Polea tipo A 13 pulgadas	2	\$ 16.35	\$ 32.70
Polea tipo A 3.5 pulgadas	1	\$ 4.80	\$ 4.80
Polea tipo A 2 pulgadas	1	\$ 3.75	\$ 3.75
Perno galvanizado de ½ x 1 ½ pulgadas	16	\$ 0.13	\$ 2.08
Perno galvanizado de 3/8 x 1 pulgada	25	\$ 0.09	\$ 2.25
Perno galvanizado de 3/8 x ¾ pulgada	16	\$ 0.08	\$ 1.28
Perno galvanizado 5/16 x ¾ pulgadas	10	\$ 0.05	\$ 0.50
Perno galvanizado ¼ x ¾ pulgadas	20	\$ 0.04	\$ 0.80
Tuerca galvanizada 3/8 pulgadas	25	\$ 0.04	\$ 0.10
Tuerca galvanizada 5/16 pulgadas	10	\$ 0.03	\$ 0.30
Tuerca galvanizada ¼ pulgadas	20	\$ 0.02	\$ 0.40
Arandela plana galvanizada 3/8	25	\$ 0.03	\$ 0.57
Arandela plana galvanizada 5/16	10	\$ 0.02	\$ 0.20
Arandela de presión galvanizada 3/8	16	\$ 0.02	\$ 0.30
Remaches ¼ pulgadas	200	\$ 0.02	\$ 4.00
Total			\$ 86.99

Tabla 46 Costos directos para la construcción del sistema de transporte.

Costos directos			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Mano de obra	4	\$ 100.00	\$ 400.00
Soldadura	1	\$ 100.00	\$ 100.00
Mecanizado	1	\$ 100.00	\$ 100.00
Materiales	1	\$ 538.51	\$ 538.51
Materiales normalizados	1	\$ 86.99	\$ 86.99
Insumos	1	\$100.00	\$ 100.00
Total			\$ 1 325.50

Tabla 47 Costos indirectos para la construcción del sistema de transporte.

Costos indirectos			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Diseño e ingeniería	2	\$ 600.00	\$ 1200.00
Transporte	1	\$ 50.00	\$ 50.00
Suministros	1	\$ 25.00	\$ 25.00
Internet	1	\$ 20.50	\$ 20.50
Logística	1	\$ 80.00	\$ 80.00
Total			\$ 1375.50

El costo total del proyecto es de **\$ 2,701**.

3.4 Pruebas de funcionamiento del sistema de transporte

En el caso del sistema de transporte se analizan varios aspectos para las pruebas de funcionamiento, entre ellos:

- La potencia de los motores sin cargar el sistema
- La potencia de los motores con la carga completa de funcionamiento
- La capacidad de los transportadores y de la tolva
- Comprobación del funcionamiento de componentes

3.4.1 Prueba de funcionamiento sin cargar el sistema

- **Potencia de los motores**

Se toman los datos eléctricos de los motores tanto del transportador 1 como del transportador 2.

Tabla 48 Datos eléctricos del motor correspondiente al transportador 1 sin cargar el sistema.

Transportador 1	
Voltaje	220 V
Intensidad	9.5 A
cos θ	0.6

Mediante la Ecuación 45:

$$P = 220 V(9.5 A)(0.6)$$

$$P = 1254 W = 1.68 hp$$

Tabla 49 Datos eléctricos del motor correspondiente al transportador 2 sin cargar el sistema.

Transportador 2	
Voltaje	220 V
Intensidad	4.5 A
cos θ	0.45

Mediante la Ecuación 45:

$$P = 220 V(4.5 A)(0.45)$$

$$P = 445.5 W = 0.597hp$$

- **Comprobación del funcionamiento de componentes**

Con el sistema en marcha sin cargarlo, se verifica cada uno de los componentes en la Tabla 50.

Tabla 50 Verificación de componentes sin cargar el sistema.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA			
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO					
SISTEMA DE TRANSPORTE PARA ALIMENTO CONCENTRADO					
Verificador	CISNEROS LÓPEZ CHRISTIAN MIGUEL, SALINAS BAUTISTA ALEXIS SEBASTIAN			Fecha	08-12-2022
Revisor	ING. FRANCISCO PEÑA, MSc.			Prueba	Sin carga
Sistemas y componentes	Ruido	Calentamiento	Aceptación		Observación
			SI	NO	
Estructura de tolva de almacenamiento			X		
Tolva de almacenamiento			X		
Tornillos sin fin	X		X		
Motores	X	X	X		
Soportes de motores			X		
Ejes			X		
Rodamientos			X		
Poleas		X	X		
Bandas			X		
Rejas de seguridad			X		
Alimentador			X		
Tubos de descarga			X		

3.4.2 Pruebas de funcionamiento con la carga completa de funcionamiento

- **Potencia de los motores**

Con el sistema de transporte funcionando en su máxima capacidad se toman los datos eléctricos de los motores tanto del transportador 1 como del transportador 2.

Tabla 51 Datos eléctricos del motor correspondiente al transportador 1 con el sistema cargado.

Transportador 1	
Voltaje	220 V
Intensidad	11 A
cos θ	0.6

Ecuación 45:

$$P = 220 V(11 A)(0.6)$$

$$P = 1452 W = 1.95 hp$$

Tabla 52 Datos eléctricos del motor correspondiente al transportador 2 con el sistema cargado.

Transportador 2	
Voltaje	220 V
Intensidad	7 A
cos θ	0.45

Ecuación 45:

$$P = 220 V(7 A)(0.45)$$

$$P = 693 W = 0.929 hp$$

- **Capacidad de los transportadores**

Para las pruebas de funcionamiento se tomó el tiempo que tarda en llevar el material en cada uno de los transportadores. La tolva se carga con un máximo de 25 quintales estadounidenses por lo que esta es la carga con la que se evalúa el transportador 1 y para el transportador 2 se evalúa la con 11 quintales estadounidenses que es la carga de un lote de alimento concentrado.

Tabla 53 Capacidad de los transportadores.

Capacidad de transporte				
Máquina	Material transportado	Carga (qq)	Tiempo (h)	Capacidad (ton/h)
Transportador 1	Maíz en grano	25	1	8
Transportador 2	Maíz molido	11	1	4

- **Comprobación del funcionamiento de componentes**

Con el sistema en marcha cargado completamente, se verifica cada uno de los componentes en la siguiente Tabla 54.

Tabla 54 Verificación de componentes con el sistema totalmente cargado.

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA</p> 					
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO					
SISTEMA DE TRANSPORTE PARA ALIMENTO CONCENTRADO					
Verificador	CISNEROS LÓPEZ CHRISTIAN MIGUEL, SALINAS BAUTISTA ALEXIS SEBASTIAN			Fecha	08-12-2022
Revisor	ING. FRANCISCO PEÑA, MSc.			Prueba	Cargado completamente
Sistemas y componentes	Ruido	Calentamiento	Aceptación		Observación
			SI	NO	
Estructura de tolva de almacenamiento			X		
Tolva de almacenamiento			X		
Tornillos sin fin	X		X		
Motores	X	X	X		
Soportes de motores			X		
Ejes			X		
Rodamientos		X	X		
Poleas		X	X		
Bandas			X		
Rejas de seguridad		X	X		
Alimentador			X		
Tubos de descarga			X		

3.4.3 Manual de funcionamiento y mantenimiento

- **Manual de funcionamiento**

Tabla 55 Características del sistema de transporte.

ESPECIFICACIONES			
	Transportador 1	Transportador 2	Tolva 1
Potencia del motor	2 hp	1 hp	
Conexión eléctrica	220 V	220 V	
Capacidad	400 ft ³ /h	200 ft ³ /h	25 qq
Velocidad	420 rpm	165 rpm	
Altura	4237 mm	2012 mm	3580 mm
Largo	920 mm	1790 mm	1164 mm
Ancho	600 mm	1088 mm	1164 mm

- **Instalación del sistema de transporte**

El sistema de transporte para la producción de balanceados debe ser manipulado por un operario capacitado en el manejo y control de las máquinas que componen el sistema.

Para la operación del sistema de transporte se debe seguir los siguientes pasos:

- Posicionar el sistema de transporte en secuencia, es decir transportador 1, tolva 1, transportador 2, todos en una superficie plana.
- Mediante la utilización de un medidor de nivel posicionar las máquinas de acuerdo al grado de inclinación especificado.
- Instalar las maquinas a una red eléctrica de 220 V.

- **Operación del sistema de transporte**

El sistema de transporte debe ser manipulado por un operario calificado, en cuestiones de funcionamiento, control y mantenimiento, con la adecuada protección personal.

Para la operación del sistema de transporte se debe seguir los siguientes pasos:

- Verificar que las rejas de seguridad estén bien ubicadas antes de encender las máquinas.
- Verificar que la tapa en la boca de la tolva 1 esté cerrado.
- Encender el transportador 1.
- Colocar el saco de maíz en el obturador del transportador 1, para posteriormente vaciar el saco de maíz.
- Una vez que disminuye el volumen del saco de maíz en el obturador del transportador 1 continuar vaciando los demás sacos de maíz.
- Apagar el transportador 1 cuando la tolva 1 este en su plena carga.
- Abrir la tapa en la boca de la tolva 1 para continuar con el proceso de molienda del maíz.
- Encender el transportador 2.
- Insertar los demás componentes para la fabricación de alimento balanceado necesarios en el obturador del transportador 2.
- El residuo de maíz que se encuentre en los obturadores no requiere de una extracción total, en la próxima producción por el empuje del nuevo material se transporte.

3.4.4 Manual de mantenimiento

El sistema de transporte para la fabricación de alimento concentrado para aves necesita un mantenimiento preventivo en sus componentes que sufren de mayor desgaste para mantener un correcto funcionamiento.

- **Requerimiento de mantenimiento del sistema de transporte**

Tabla 56 Requerimiento de limpieza.

CRONOGRAMA DE LIMPIEZA DE LA MAQUINA								
ACTIVIDAD	Transportador 1 y 2				Tolva 1			
	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral
Limpieza del motor			X					
Limpieza de bandas				X				
Limpieza de máquina completa				X				X

- **Requerimientos mecánicos**

Tabla 56 Cronograma de mantenimiento mecánico.

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO MECANICO								
ACTIVIDAD	Transportador 1 y 2				Tolva 1			
	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral
Inspección de rodamientos				X				
Inspección de hélices				X				
Inspección de motor			X					
Inspección de poleas			X					
Inspección de pernos				X			X	
Inspección de deformación				X			X	

Tabla 57 Requerimientos de lubricación.

CRONOGRAMA DE LUBRICACIÓN								
ACTIVIDAD	Transportador 1 y 2				Tolva 1			
	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral
Lubricación de rodamientos				X				

- **Riesgos ergonómicos**

El levantamiento del maíz hacia el obturador del transportador 1 requiere de un riesgo ergonómico por lo cual se recomienda:

- Levantar el saco de maíz con una postura adecuada, piernas flexionadas y con la espalda recta.
- Levantar la carga de manera lenta y continua.
- No levantar cargas mayores a 45 kg.
- Usar los equipos de protección personal adecuados para la operación del sistema de transporte.

- **Riesgo de atrapamiento y corte**

Los transportadores pueden ocasionar atrapamientos de extremidades por lo cual cuenta con unas rejas de seguridad para evitar el contacto directo del operario con las hélices helicoidales. Así como protectores en el sistema del motor y poleas.

- Se recomienda las siguientes acciones para evitar atrapamiento y corte.
- Mantener las rejas de seguridad bien ubicadas antes de encender los transportadores.
- No encender las maquinas sin la protección en el sistema de poleas y motor.
- **Riesgo eléctrico**

Para evitar accidentes al momento de utilizar el sistema de transporte se recomienda tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Revisar que todas las conexiones eléctricas se encuentran debidamente protegidas, aisladas para evitar descargas eléctricas.
- Verificar que no existan materiales conductores en contacto con el material eléctrico del sistema.

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El transportador de tornillo sin fin estándar es la mejor alternativa para el transporte de maíz, debido a que se optimiza en material, costos de fabricación y de mantenimiento, además de ser utilizado específicamente para el transporte de materiales.
- De acuerdo con la visita realizada a la avícola, se recabo datos para el diseño del sistema de transporte, como la producción es de 0.57 toneladas por lote requerida para 7000 aves, usando 3 lotes diarios, un área de 10 m² destinada a la fabricación del concentrado.
- La capacidad del transportador 1 es de 400 ft³/h en posición vertical con un paso de $P = D$ y para el transportador 2 tiene una capacidad de 176 ft³/h con una inclinación de 45° y un paso de $P = 2/3 D$, para ambos casos de 6 in de diámetro descrito en la sección 3.2.3.
- La tolva diseñada y construida tiene una capacidad de 25 qq (100 lbs) cumpliendo las dimensiones de 3.40 m de alto por 1.20 m de ancho, por lo que el transportador 1 tiene una altura de 4 m logrando el llenado completo de la tolva y el transportador 2 tiene una longitud de 2 m con las que se adecua correctamente en la avícola sin obstruir el proceso de fabricación del concentrado.
- Se han diseñado cada uno de los elementos que conforman el sistema de transporte mediante software CAD, aplicando las cargas a las que están sometidos cada uno de ellos, para aceptar el diseño de cada elemento se ha revisado los factores de seguridad que superen la unidad y que tenga valores mínimos de deformación.
- Se diseñó y construyó un sistema de transporte en la avícola Victoria Israel obteniendo en las pruebas de funcionamiento un lote de producción de 0.57 toneladas que previo a la instalación del sistema de transporte se fabricaba en 4

horas, se logró optimizar el tiempo de fabricación a 1 hora el lote de producción de 0.57 toneladas.

4.2 Recomendaciones

- Para un diseño de transportador vertical es recomendable usar una velocidad mayor a comparación de los transportadores horizontales o inclinados debido al deslizamiento del material, pero también se debe cuidar que no sea excesiva para evitar las vibraciones elevadas.
- Es recomendable utilizar motores cerrados en la producción de balanceados debido a las partículas de polvo existentes en el área de fabricación, para evitar su daño prematuro y disminuir la frecuencia de mantenimientos.
- Revisar el material que ingresará en los alimentadores de los transportadores para evitar que se encuentre con objetos metálicos que pueden dañar las hélices del tornillo sin fin o generar atascamientos.
- Verificar siempre que las rejas de seguridad de los transportadores estén bien ubicadas previo al encendido del sistema, para evitar problemas en los transportadores y accidentes con el operario.
- Realizar el mantenimiento en los tiempos especificados para prolongar la vida útil del sistema de acuerdo al cronograma especificado en la sección 3.4.3.
- Cubrir los alimentadores cuando los transportadores estén apagados para evitar el ingreso de impurezas.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. K. RI, “No TitleEAENH,” , vol. 8, no. 5, p. 55, 2019.
- [2] D. Exequiel and O. Orellana, “de Ensayos para un Transportador de Tornillo de Laboratorio Escuela de Ingeniería Eléctrica Facultad de Ingeniería,” 2018.
- [3] J. C. Fonseca, *Diseño Y Construcción De Un Dosificador De Biomasa Forestal Para Gasificador Tipo Downdraft Ubicado En El Laboratorio De Térmicas De La Facultad De Mecánica De La Escuela Superior Politécnica De Chimborazo*. 2017. [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8080/1/15T00679.pdf>
- [4] R. Polo Urquiza, “Diseño del conjunto de transportadores helicoidales para evacuar 1.8 Tn/h de ceniza de la caldera de la empresa Agrolmos S.A.C,” *Universidad César Vallejo*, pp. 0–116, 2020, [Online]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23982/DelgadoEspinoza%2CYaceliMaribel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [5] A. Taïpe and J. Luis, “Diseño de una transportadora de harina para el traslado de molido en la Empresa Agroindustrial,” 2019.
- [6] “Plan-de-Creación-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado.pdf.”
- [7] Vicepresidencia de la República del Ecuador, “Estrategia Nacional para el cambio de la Matriz productiva,” pp. 1–120, 2015, [Online]. Available: <https://www.vicepresidencia.gob.ec/wp-content/uploads/2013/10/ENCMPweb.pdf>
- [8] G. Faure, A. Toillier, S. Audouin, S. Mathé, B. Triomphe, and L. Temple, “Evaluación de los Sistemas de Innovación agropecuaria para el diseño de políticas públicas: una revisión de la literatura”, Accessed: Feb. 02, 2022. [Online]. Available: <http://www.fao.org/in-action/>

- [9] J. Beeken, “Const,” *Toegepaste Taalwetenschap in Artikelen*, vol. 40, pp. 169–175, 1991, doi: 10.1075/ttwia.40.16bee.
- [10] C. Fernández and V. Quintero, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MEZCLADORA DE BALANCEADO PARA POLLOS PARRILLEROS. MÁQUINA CON UNA CAPACIDAD DE 1000Kg/h.,” pp. 15–22, 2014, [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7190/1/CD-5375.pdf>
- [11] “Visor XML.” <http://ri.uagro.mx:8081/viewer/index.php?code=05021547> (accessed Jan. 25, 2022).
- [12] D. de Santiago Guayaquil, “UNIVERSIDAD CATÓLICA”.
- [13] “Vista de Estandarización de los procedimientos para la dosificación de líquidos para la formulación de alimentos balanceados para aves.” <https://www.revistaingenieria.org/index.php/revistaingenieria/article/view/14/19> (accessed Feb. 02, 2022).
- [14] A. P. Arévalos and E. Redondo, “Daños mecánicos asociados al procesamiento de granos y semillas: una revisión de la literatura”, Accessed: Feb. 02, 2022. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/337874701>
- [15] D. L. Chachapoya Rivas, “Producción De Alimentos Balanceados En Una Planta Procesadora En El Cantón Cevallos,” p. 178, 2014, [Online]. Available: <file:///C:/Users/hp/Downloads/CD-5974.pdf>
- [16] A. Alejandro, G. Carranza, I. Luis, G. Pico, and S. Quevedo-Ecuador, “UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA,” 2016.
- [17] “FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA”.

- [18] J. Manuel and C. López, “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.
- [19] “▷ Transportadores Helicoidales Sinfines: Tipos, Usos y Aplicaciones | México.” <https://www.begahelicoidales.com/tipos-transportadores-helicoidales> (accessed Jun. 02, 2022).
- [20] “(64) TORNILLOS SIN FIN | Jimmar Briceño - Academia.edu.” https://www.academia.edu/14193530/TORNILLOS_SIN_FIN (accessed Jun. 02, 2022).
- [21] Conveyor Equipment Manufacturers Association. Screw Conveyor Engineering Committee, Conveyor Equipment Manufacturers Association, and American National Standards Institute., *Screw conveyors for bulk materials*.
- [22] ANTONIO MIRAVETE., “TRANSPORTADORES Y ELEVADORES,” 2021.
- [23] A. D. Suhendra, R. D. Asworowati, and T. Ismawati, “No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共分散構造分析Title,” *Akrab Juara*, vol. 5, no. 1, pp. 43–54, 2020, [Online]. Available: <http://www.akrabjuara.com/index.php/akrabjuara/article/view/919>
- [24] P. S. A. E. I. Del, P. D. E. L. M. De, C. Salcedo, and J. D. Ernesto, ““Automatización Y Diseño Del Sistema De Procesos De Molienda , Mezclado Y Peletizado De La Empresa De Alimentos,” 2014.
- [25] “UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA FACULTAD DE INGENIERIA DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Tesis presentada por el Bachiller: LUIZ MIGUEL, ZAPATA CAHUANA Para optar el Título Profesional de: INGENIERO ELECTRONICO AREQUIPA-PERU 2018”.
- [26] B. A. Harrinson and A. Rivas, “UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE MEDIANTE LA AUTOMATIZACIÓN DEL ÁREA DE LLENADO Y

PESADO DE LA LÍNEA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA REDUCIR LOS COSTOS OPERACIONALES DE LA EMPRESA MOLINO EL CORTIJO”.

- [27] “MetaFlip.”
<https://red.uao.edu.co/flip/index.jsp?pdf=/bitstream/handle/10614/9702/T07370.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed Feb. 03, 2022).
- [28] A. Alejandro, G. Carranza, I. Luis, G. Pico, and S. Quevedo-Ecuador, “UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA,” 2016.
- [29] Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], “Alimentos Ecuatorianos para animales, alimentos balanceados para aves de producción zootécnica.,” *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, pp. 1–9, 2014, [Online]. Available: <http://181.112.149.204/buzon/normas/1829-1.pdf>
- [30] “300t diarias de harina de maíz de la planta de molienda molino de maíz - GoldAgent.” <https://www.gold-agents.com/product.aspx?id=5973087> (accessed Feb. 24, 2022).
- [31] ANTONIO MIRAVETE., “TRANSPORTADORES Y ELEVADORES,” 2021.
- [32] C. Lema, B. Efraín, I. Ocaña, and R. E. Ramiro, “UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN”.
- [33] “Cevallos: elaboran alimento balanceado nutritivo para cuyes, cerdos y ganado de leche – Ministerio de Agricultura y Ganadería.” <https://www.agricultura.gob.ec/cevallos-elaboran-alimento-balanceado-nutritivo-para-cuyes-cerdos-y-ganado-de-leche/> (accessed Mar. 17, 2022).

- [34] “Copelone.” <http://www.copelone.com/detservicio/23/esp> (accessed Mar. 17, 2022).
- [35] Grainline, “grainline_pencil_auger_exploded-view.jpg (700×300).” https://www.grainline.com.au/wp-content/uploads/2019/04/grainline_pencil_auger_exploded-view.jpg (accessed Dec. 21, 2022).
- [36] “800x810-DOSIFICACION_Y_PESAJE8.jpg (800×600).” https://sahivo.com/cache/800x810-DOSIFICACION_Y_PESAJE8.jpg (accessed Mar. 17, 2022).
- [37] “produkt_kukenhahn-ausgekleidet.png (820×820).” https://az-armaturen.de/wp-content/uploads/2015/01/produkt_kukenhahn-ausgekleidet.png (accessed Mar. 17, 2022).
- [38] “15626-15955006.jpg (300×300).” https://img.directindustry.es/images_di/photo-m2/15626-15955006.jpg (accessed Mar. 17, 2022).
- [39] J. E. Shigley, . 2020. [Online]. Available: <https://lccn.loc.gov/2018023098>
- [40] P. L. Ing Alberto Farina, “Suplemento Instaladores 3 2 Motores eléctricos trifásicos Parte 7: Selección del motor”, Accessed: Mar. 17, 2022. [Online]. Available: <https://www>.
- [41] J. Baumeyer *et al.*, *Torque collision detection with experimental validation for protontherapy positioning robot*, vol. 57. 2016. doi: 10.1007/978-3-319-32703-7_119.
- [42] C. Merino Casals, “Aceros inoxidable”.
- [43] S. Espin, *Agradecimiento*, Primera. Ambato.
- [44] “estructurales-tuberia-astm-500_2020.pdf.”

- [45] AWS, *Código de soldadura estructural - acero AWS D1.1/D1.1M*. 2015.
- [46] American Welding Society, *ANSI/AWS A3.0:2001 Norma de Términos y Definiciones de Soldaduras*. 2001.
- [47] P. I. Carlos and E. Flores, “SOLDADURA AL ARCO ELÉCTRICO SMAW”, Accessed: Apr. 24, 2022. [Online]. Available: <http://www.drweld.com/smaw.html>
- [48] “Escuela politécnica nacional,” 2014.
- [49] M. Ggc and M. Biogas, *Construction Manual*, no. February. 2009.
- [50] Guamanquispe Toasa Jorge Patricio, *Máquinas de elevación y transporte*, Primera, M. Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2020.
- [51] C. accesorios de Transportadores Helicoidales, “H-2 Componentes y Accesorios para Manejo de Materiales”.
- [52] M. E.-I. R. V.-M. E. R. C. Rodríguez Castillo, “Estática para ingeniería,” *Grupo Editorial Patria*, p. 361, 2015, Accessed: Jan. 25, 2023. [Online]. Available: <https://elibro.puce.elogim.com/es/lc/puce/titulos/40431>
- [53] M. K. RI, “No TitleEAENH,” , vol. 8, no. 5, p. 55, 2019.
- [54] FAG, “Rodamientos FAG,” p. 382, 2000, [Online]. Available: www.fag.com
- [55] T. Ancco Vizcarra and D. J. Ramos Huallpartupa, “CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE SEMILLAS DE MAÍZ (Zea maiz) SEMBRADO EN ANDAHUAYLAS PERÚ,” *Ciencia & Desarrollo*, no. 18, pp. 56–62, 2019, doi: 10.33326/26176033.2014.18.448.

6. ANEXOS

Anexo 1 Visita a la avícola Victoria Israel.



Anexo 2 Factor de paso [50].

FACTOR DE PASO	
Normal	$S = 0,8 \times D$
Estándar	$S = 1 \times D$
Paso corto	$S = 2 / 3 \times D$
Paso medio	$S = 1 / 2 \times D$
Paso largo	$S = 1,5 \times D$

Anexo 3 Coeficiente Cf [50].

GRUPO	Cf	Kg / m ³ *	r.p.m máximas	
			Ø 152 mm	Ø 508 mm
1	0.45	800	170	110
2	0.38	800	120	75
3	0.31	1200	90	60
4	0.25	1600	70	50
5	0.125	muy abrasivos	30	25

Anexo 4 Coeficiente en función del grupo [50].

<p>Grupo 1 : Materiales ligeros, tales como : cebada, frijol, granos cerveceros (secos), carbón pulverizado, harina de maíz, harina de semilla de algodón, linaza, malta, avena, arroz, trigo</p>
<p>Grupo 2 : Materiales no abrasivos (finos y granulares), tales como : alumbre, carbón (menudos o finos), café en grano, almendras de palma, aserrín, frijol de soya, ceniza volátil. Material fluyendo libremente</p>
<p>Grupo 3 : Materiales medianamente abrasivos (terrones pequeños mezclados con finos), tales como : Cenizas secas, alumbre (terrones), sal, fruto desgranado de palma aceitera, semilla de algodón, fibra de palma. Material fluyendo libremente</p>
<p>Grupo 4 : Materiales semiabrasivos (finos, granulares y en terrones pequeños), tales como : cemento, arcilla, cáscaras de nueces, Racimos de fruta, azúcar sin refinar, azufre. Material fluyendo lentamente</p>
<p>Grupo 5 : Materiales abrasivos, tales como : cenizas mojadas, hollín, arena de sílice, lodos de drenaje. Material fluyendo lentamente</p>

Anexo 5 Fragmento de las características del material [51].

Material	Peso lb por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Serie de Componentes	Factor de Material F _m	Carga de Artesa
Hule peletizado (pellets)	50-55	D3-45	L-S-B	2	1.5	30A
Hulla (ver Carbon, Antracita)	-	-	-	-	-	-
Ilmenita, mineral	140-160	D3-37	H	3	2	15
Jabón Detergente	15-50	B6-35FQ	L-S-B	1	0.8	30A
Jabón en escamas	5-15	B6-35QXY	L-S-B	1	0.6	30A
Jabón, hojuelas	15-25	C1/2-35Q	L-S-B	1	0.6	30A
Jabón, perlas o granulado	15-35	B6-35Q	L-S-B	1	0.6	30A
Jabón, polvo	20-25	B6-25X	L-S-B	1	0.9	45
Kafir (Maíz)	40-45	C1/2-25	H	3	0.5	45
Kryalith (ver Criolita)	-	-	-	-	-	-
Lactato de Calcio	26-29	D3-45QTR	L-S	2	0.6	30A
Lactosa	32	A40-35PU	S	1	0.6	30A
Ladrillo, molido 1/8"	100-120	B6-37	H	3	2.2	15
Leche, en polvo	20-45	B6-25PM	S	1	0.5	45
Leche, entera, en polvo	20-36	B6-35PUX	S	1	0.5	30A
Leche, malteada	27-30	A40-45PX	S	1	0.9	30A
Leche, seca, en hojuelas	5-6	B6-35PUY	S	1	0.4	30A
Lignito (ver Lignito de Carbón)	-	-	-	-	-	-
Limanita café, mineral	120	C1/2-47	H	3	1.7	15
Linaza (ver Lino)	-	-	-	-	-	-
Lindano (Hexacloro Benceno)	-	-	-	-	-	-
Lino, semilla	43-45	B6-35X	L-S-B	1	0.4	30A
Lino, semilla, harina	25-45	B6-45W	L-S	1	0.4	30A
Lino, semilla, torta	48-50	D7-45W	L-S	2	0.7	30A
Litargirio (Óxido de Plomo)	-	-	-	-	-	-
Lithopone	45-50	A325-35MR	L-S	1	1	30A
Lodos de drenaje secos	40-50	E-47TW	H	3	0.8	15
Lodos de drenaje, secos, molidos	45-55	B-46S	H	2	0.8	30B
Lúpulo, agotado, húmedo	50-55	D3-45V	L-S	2	1.5	30A
Lúpulo, agotado, Seco	35	D3-35	L-S-B	2	1	30A
Madera, Astilla Cribada	10-30	D3-45VY	L-S	2	0.6	30A
Madera, Harina	16-36	B6-35N	L-S	1	0.4	30A
Madera, Viruta	8-16	E-45VY	L-S	2	1.5	30A
Maíz, medio molido	40-45	B6-35P	L-S-B	1	0.5	30A
Maíz, germen	21	B6-35PY	L-S-B	1	0.4	30A
Maíz, grano*	56	E-35	L-S	2	-	30A
Maíz, harina	32-40	B6-35P	L-S	1	0.5	30A
Maíz, mazorca, entera*	12-15	E-35	L-S	2	-	30A
Maíz (olote, molido)	17	C1/2-25Y	L-S-B	1	0.6	45
Maíz en semilla, quebrado	40-50	B6-25P	L-S-B	1	0.7	45
Maíz Machacado, Seco	35-50	C1/2-25	L-S-B	1	0.4	45
Maíz, aceite de, pasta	25	D7-45HW	L-S	1	0.6	30A
Maíz, azúcar de	30-35	B6-35PU	S	1	1	30A
Maíz, cáscara	45	C1/2-25	L-S-B	1	0.4	45
Maíz, semilla	45	C1/2-25PQ	L-S-B	1	0.4	45
Maize (ver Kafir)	-	-	-	-	-	-
Malta en harina	36-40	B6-25P	L-S-B	1	0.4	45
Malta, retoños de	13-15	C1/2-35P	L-S-B	1	0.4	30A
Malta, Seca, entera	20-30	C1/2-35N	L-S-B	1	0.5	30A
Malta, Seca, molida	20-30	B6-35NP	L-S-B	1	0.5	30A
Manganeso, Mineral	125-140	DX-37	H	3	2	15
Manganeso, Óxido de	120	A100-36	H	2	2	30B
Margarina	59	E-45HKPWX	L-S	2	0.4	30A
Mármol, triturado	80-95	B6-37	H	3	2	15
Mica, en escamas	17-22	B6-16MY	H	2	1	30B
Mica, molida	13-15	B6-36	H	2	0.9	30B

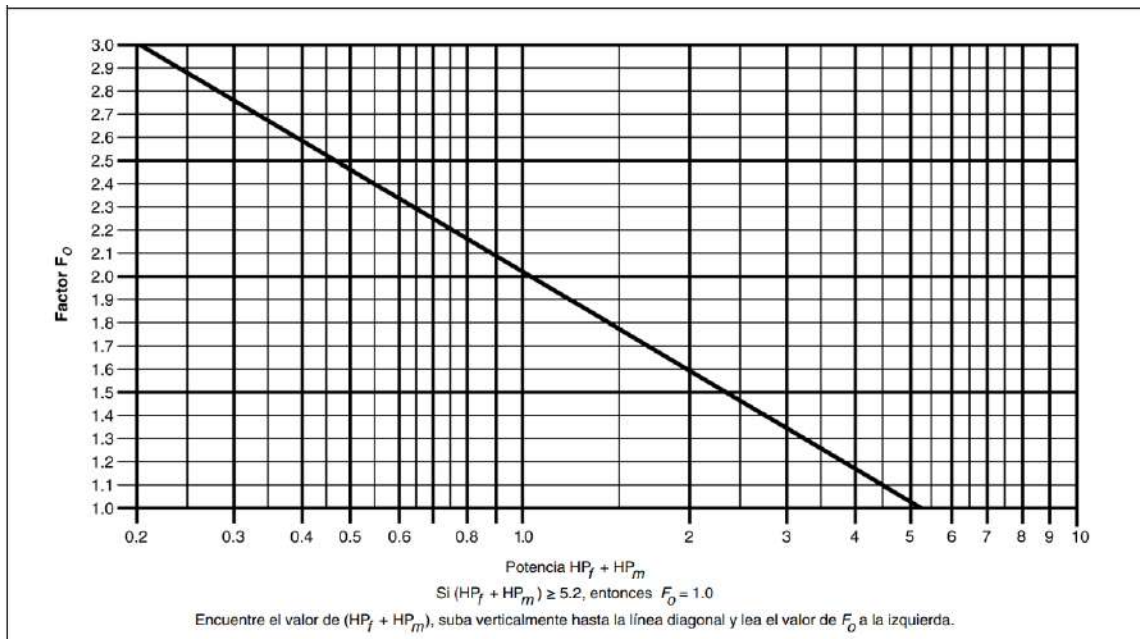
Anexo 6 Tabla de coeficiente F_d [50].

Screw Diameter (in)	Fd
6	18
9	31
10	37
12	55
14	78
16	106
18	135
20	165
24	235
30	365
36	540

Anexo 7 Tabla de coeficiente F_b [50].

Component Group	Bearing Type	Fb
Group A	Ball	1.0
Group B	Babbit	1.7
	Bronze	
	Graphite bronze	
	Canvas base phenolic	
	Oil impregnated bronze	
	Oil impregnated wood	
Group C	Plastic	2.0
	Nylon	
	PTFE	
Group D	Chilled hard iron	4.4
	Hardened alloy sleeve	

Anexo 8 Factor de sobrecarga F_o [50].



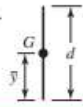
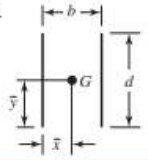
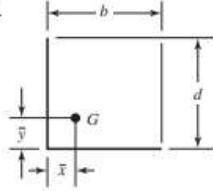
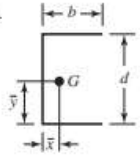
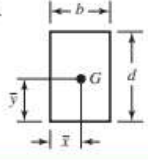

Anexo 9 Cálculo de bandas en V del transportador 1.

CALCULOS DE BANDAS EN V TRANSPORTADOR 1						
DATOS						
Potencia nominal	Ho	2	Hp			
Revoluciones de entrada	n2	1740	rpm			
Revoluciones de salida	n3	420	rpm			
Relacion de velocidades	mG	4.14				
Potencia corregida Hd						
Factor de servicio	Ks	1				
Factor de seguridad	nd	1.2				
	Hd=	2.4	HP			
Selección de la banda						
En la hoja capacidad de potencia seleccionamos:						
Banda seccion	A					
En la hoja sección y diámetro mínimo seleccionamos:						
Diámetro primitivo	d	3	in	76.20	mm	
Diámetro de conducida	D	12.4285714	in	315.69	mm	
Velocidad en la línea de paso	V	1366.596	Pies/min	V=Πdn/12		
Distanvia entre centros	C	10.5	in			
Longitud de paso	Lp	47.339	in			
Delta L	Delta L	33	mm	1.299	in	
Longitud de correa (L comercial)	L=Lp-Delta L	46.040	in	46.000	in	corregido
Longitud de paso	L+Delta L	47.299	in			
Constante K	K=	23.076				
Dist entre centros corregida	C=	10.478	in	corregido		
Angulo de contacto	Teta d	2.208	rad			
Angulo de contacto	Teta D	4.075	rad			
Potencia admisible por banda Ha						
Factor por ángulo de contacto		K1	0.850	(D-d)/C=	0.900	
Factor por longitud		K2	0.900			
Potencia admisible por banda		Htab	1.434	Delta H	0.281	Hp
Potencia permisible por banda		Ha	1.312	Hp		
Número de bandas banda						
Nb=	1.829					
Tomamos	2.000	Corregido				
Tensión por banda						
Kc	0.561					
Fc	1.048		Kc*(V/1000)^2			
Delta F	28.977		(63025Hd/Nb)n(d/2)			
	3.099					
F1	43.827	lb/banda				
F2	14.850	lb/banda				
Fi	28.291	lb/banda				
Factor de seguridad nf=	1.312					
Durabilidad						
kb	220					
Fb1	73.333					
Fb2	17.701					
T1	117.160					
T2	61.528					
K	674					
b	11.089					
Numero de pasadas Np	266664714.516					
Vida en horas t	12819	Horas				

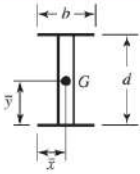

Anexo 10 Cálculo de bandas en V del transportador 2.

CALCULOS DE BANDAS EN V TRANSPORTADOR 2						
DATOS						
Potencia nominal	Ho	1	Hp			
Revoluciones de entrada	n2	165	rpm			
Revoluciones de salida	n3	165	rpm			
Relacion de velocidades	mG	1.00				
Potencia corregida Hd						
Factor de servicio	Ks	1				
Factor de seguridad	nd	1.2				
	Hd=	1.2	HP			
Selección de la banda						
En la hoja capacidad de potencia seleccionamos:						
Banda seccion	A					
En la hoja sección y diámetro mínimo seleccionamos:						
Diámetro primitivo	d	3.5	in	88.90	mm	
Diámetro de conducida	D	3.5	in	88.90	mm	
Velocidad en la línea de paso	V	151.190	Pies/min	$V=\Pi dn/12$		
Distancia entre centros	C	10	in			
Longitud de paso	Lp	30.990	in			
Delta L	Delta L	33	mm	1.299	in	
Longitud de correa (L comercial)	$L=Lp-Delta L$	29.691	in	29.000	in	corregido
Longitud de paso	$L+Delta L$	30.299	in			
Constante K	K=	19.309				
Dist entre centros corregida	C=	9.655	in	corregido		
Angulo de contacto	Teta d	3.142	rad			
Angulo de contacto	Teta D	3.142	rad			
Potencia admisible por banda Ha						
Factor por ángulo de contacto		K1	0.750	$(D-d)/C=$	0.000	
Factor por longitud		K2	0.850			
Potencia admisible por banda		Htab	1.500	Delta H	0	Hp
Potencia permisible por banda		Ha	0.956	Hp		
Número de bandas banda						
Nb=	1.255					
Tomamos	2.000	Corregido				
Tensión por banda						
Kc	0.561					
Fc	0.013		$Kc*(V/1000)^2$			
Delta F	130.961		$(63025Hd/Nb)n(d/2)$			
	5.000					
F1	163.716	lb/banda				
F2	32.755	lb/banda				
Fi	98.223	lb/banda				
Factor de seguridad nf=	1.913					
Durabilidad						
kb	220					
Fb1	62.857					
Fb2	62.857					
T1	226.573					
T2	226.573					
K	674					
b	11.089					
Numero de pasadas Np	88935.341					
Vida en horas t	25000	Horas				

Anexo 11 Propiedades torsionales de las soldaduras de filete [39].

Weld	Throat Area	Location of G	Unit Second Polar Moment of Area
1. 	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = d^3/12$
2. 	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
3. 	$A = 0.707h(b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$ $\bar{y} = \frac{d^2}{2(b+d)}$	$J_u = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$
4. 	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$
5. 	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{(b+d)^3}{6}$
6. 	$A = 1.414\pi hr$		$J_u = 2\pi r^3$

Anexo 12 Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete [39].

Weld	Throat Area	Location of G	Unit Second Moment of Area
8. 	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
9. 	$A = 1.414\pi hr$		$I_u = \pi r^3$

Anexo 13 Fotos de la construcción del sistema de transporte.

Fotografía 1



Fotografía 2



Fotografía 3



Fotografía 4



Fotografía 5



Fotografía 6



Fotografia 7

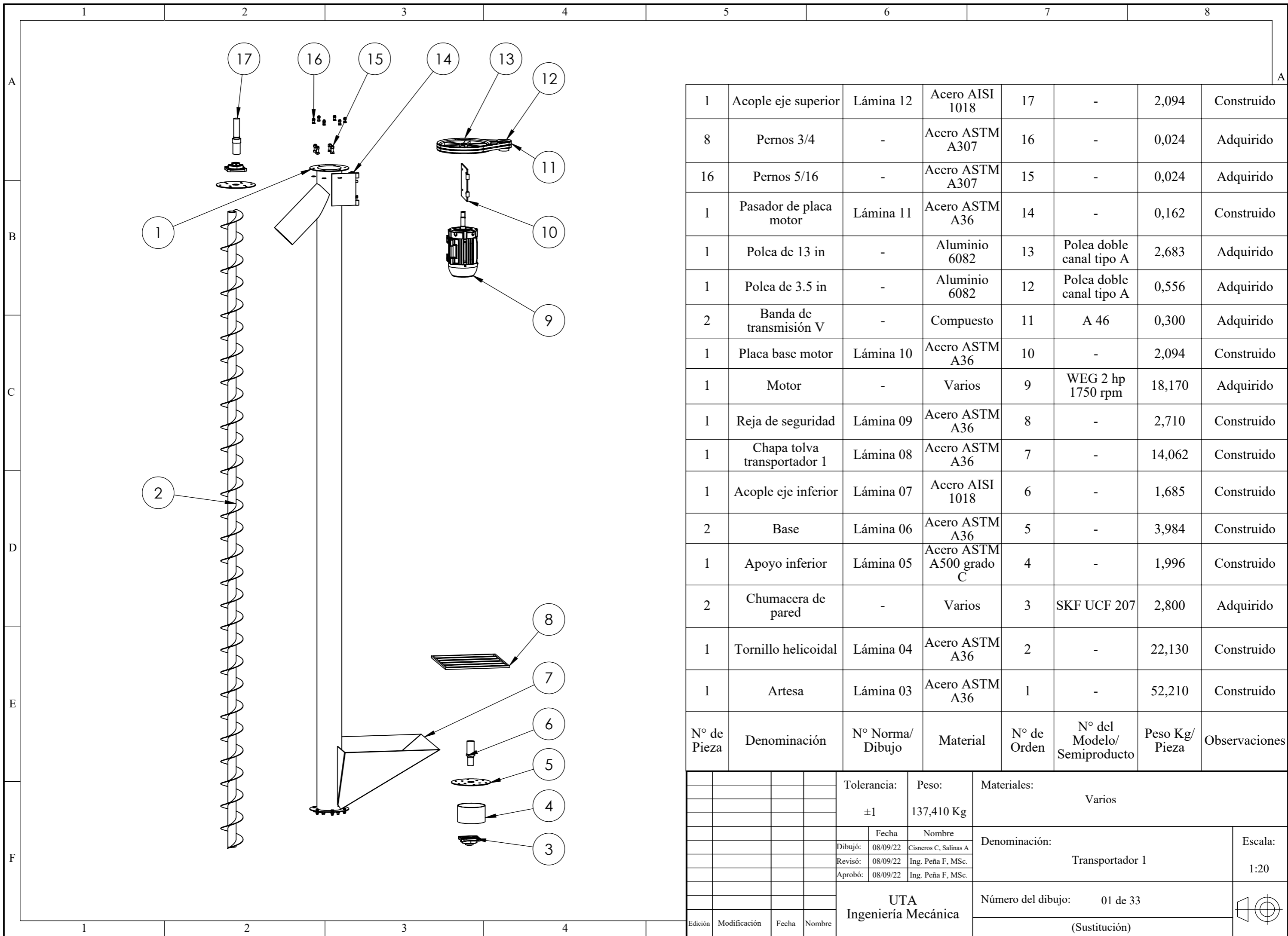


Fotografia 8



Fotografia 9

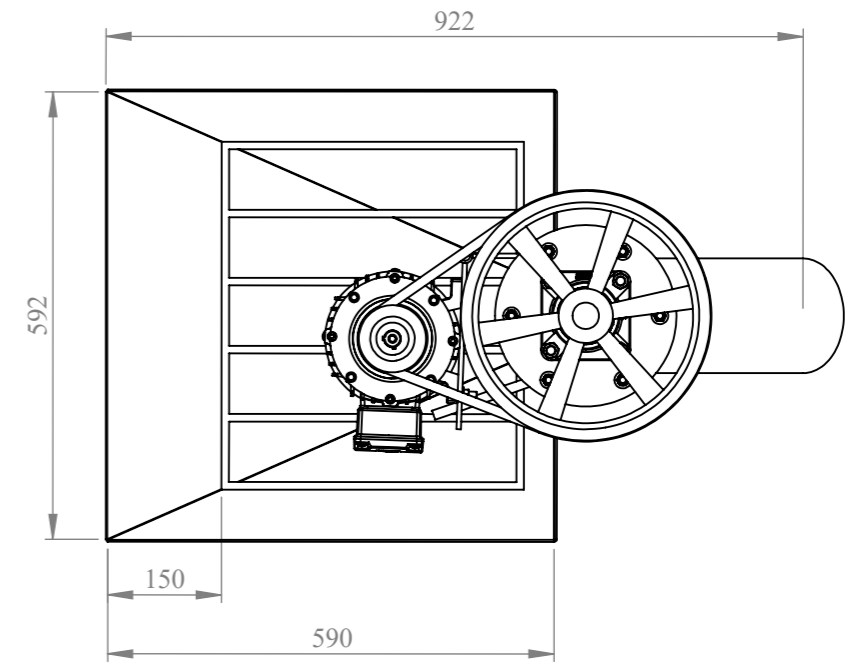
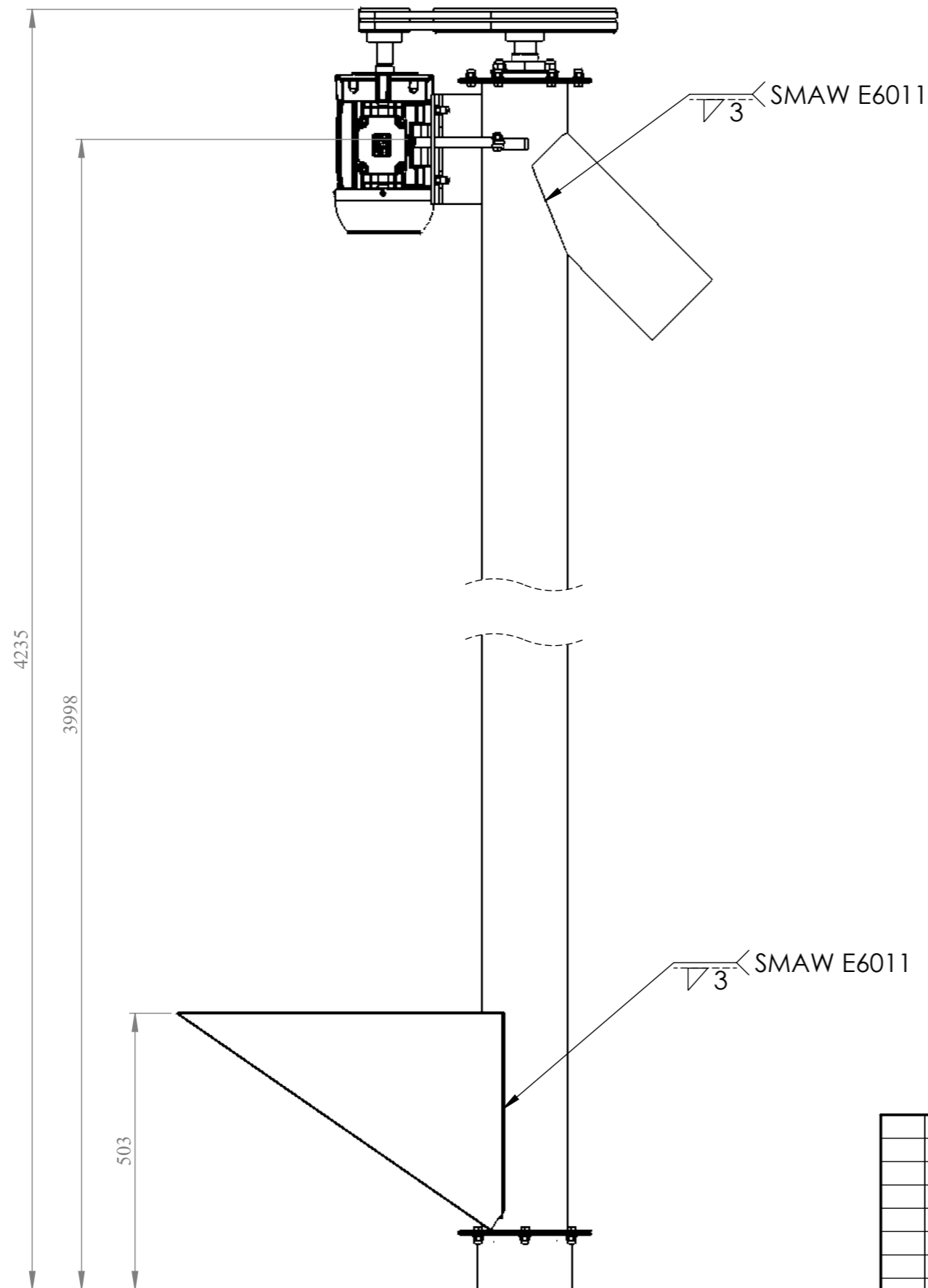




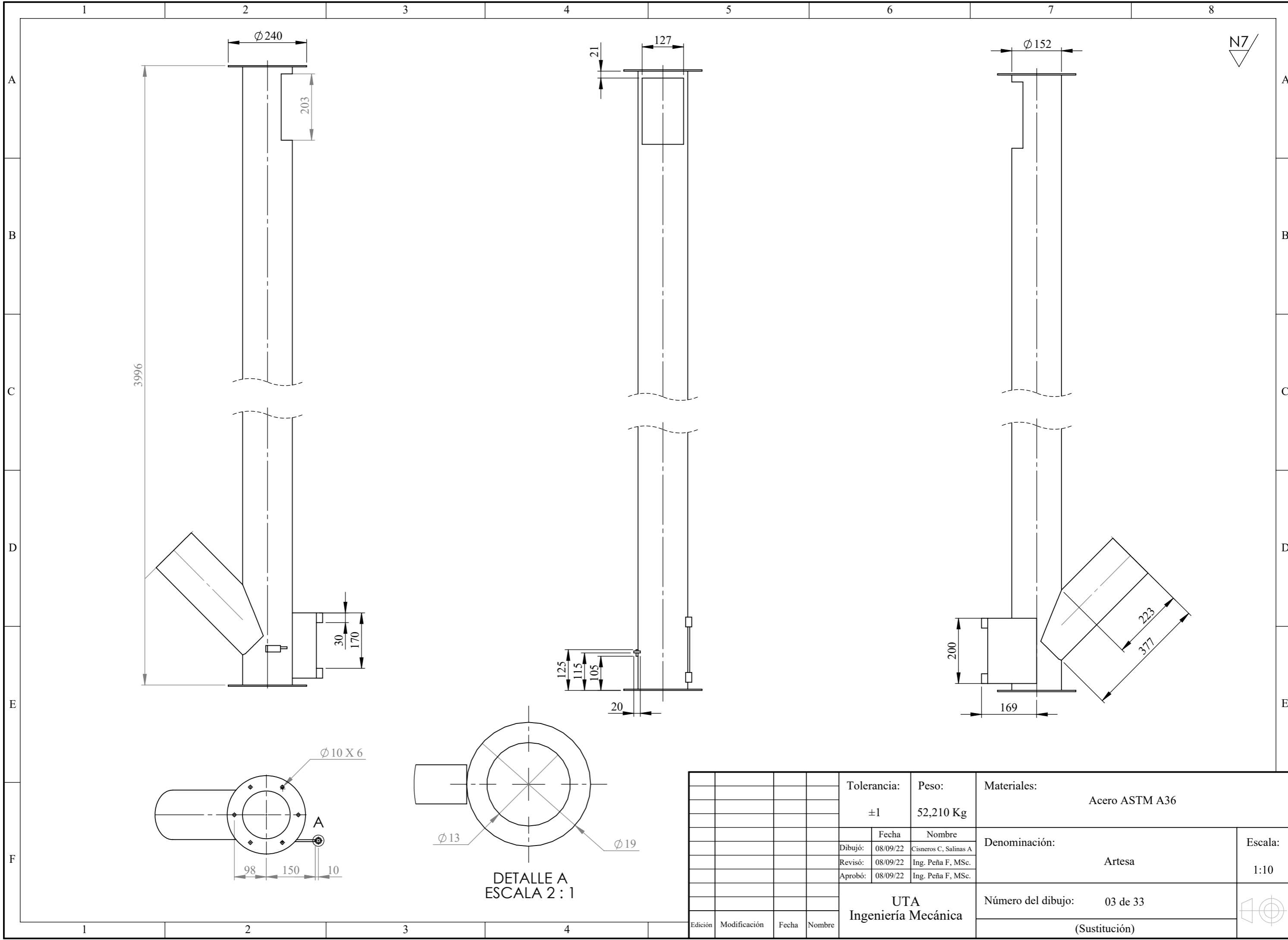
N° de Pieza	Denominación	N° Norma/ Dibujo	Material	N° de Orden	N° del Modelo/ Semiproducto	Peso Kg/ Pieza	Observaciones
1	Acople eje superior	Lámina 12	Acero AISI 1018	17	-	2,094	Construido
8	Pernos 3/4	-	Acero ASTM A307	16	-	0,024	Adquirido
16	Pernos 5/16	-	Acero ASTM A307	15	-	0,024	Adquirido
1	Pasador de placa motor	Lámina 11	Acero ASTM A36	14	-	0,162	Construido
1	Polea de 13 in	-	Aluminio 6082	13	Polea doble canal tipo A	2,683	Adquirido
1	Polea de 3.5 in	-	Aluminio 6082	12	Polea doble canal tipo A	0,556	Adquirido
2	Banda de transmisión V	-	Compuesto	11	A 46	0,300	Adquirido
1	Placa base motor	Lámina 10	Acero ASTM A36	10	-	2,094	Construido
1	Motor	-	Varios	9	WEG 2 hp 1750 rpm	18,170	Adquirido
1	Reja de seguridad	Lámina 09	Acero ASTM A36	8	-	2,710	Construido
1	Chapa tolva transportador 1	Lámina 08	Acero ASTM A36	7	-	14,062	Construido
1	Acople eje inferior	Lámina 07	Acero AISI 1018	6	-	1,685	Construido
2	Base	Lámina 06	Acero ASTM A36	5	-	3,984	Construido
1	Apoyo inferior	Lámina 05	Acero ASTM A500 grado C	4	-	1,996	Construido
2	Chumacera de pared	-	Varios	3	SKF UCF 207	2,800	Adquirido
1	Tornillo helicoidal	Lámina 04	Acero ASTM A36	2	-	22,130	Construido
1	Artesa	Lámina 03	Acero ASTM A36	1	-	52,210	Construido

Tolerancia:		Peso:		Materiales:			
±1		137,410 Kg		Varios			
Fecha		Nombre		Denominación:			Escala:
Dibujó: 08/09/22		Cisneros C, Salinas A					
Revisó: 08/09/22		Ing. Peña F, MSc.					
Aprobó: 08/09/22		Ing. Peña F, MSc.		Número del dibujo: 01 de 33			1:20
UTA Ingeniería Mecánica							
Edición		Modificación		Fecha		Nombre	
				(Sustitución)			

NOTA: Para el proceso de soldadura entre la carcasa y el alimentador se realiza un cordón de soldadura continuo mediante electrodo E 6011



				Tolerancia:	Peso:	Materiales:				
				±1	137,410 Kg	Varios				
					Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
				Dibujó:	08/09/22	Cisneros C, Salinas A			Transportador 1	1:10
				Revisó:	08/09/22	Ing. Peña F, MSc.				
				Aprobó:	08/09/22	Ing. Peña F, MSc.				
				UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo:	02 de 33		
				Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)		



N7

3996

Ø 240

203

21

127

Ø 152

30

170

125

115

105

20

200

169

223

377

Ø 10 X 6

98

150

10

Ø 13

Ø 19

DETALLE A
ESCALA 2 : 1

Tolerancia:

±1

Peso:

52,210 Kg

Materiales:

Acero ASTM A36

Dibujó:

08/09/22

Cisneros C, Salinas A

Revisó:

08/09/22

Ing. Peña F, MSc.

Aprobó:

08/09/22

Ing. Peña F, MSc.

Denominación:

Artesa

Escala:

1:10

UTA
Ingeniería Mecánica

Número del dibujo:

03 de 33

(Sustitución)



Edición	Modificación	Fecha	Nombre

1

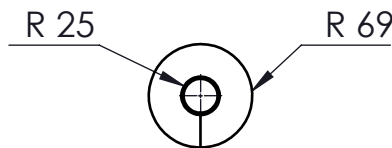
2

3

4

N7

A

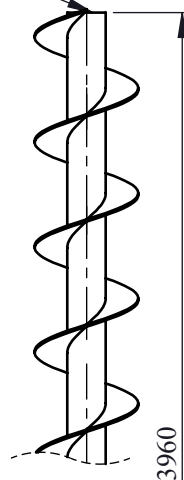


B

Eje TR 2 in 3 mm

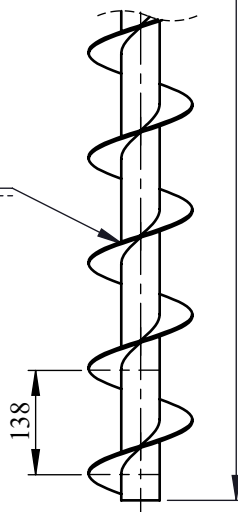
C

Cantidad: 26 helices
Espesor: 3 mm



D

SMAW E 6011



E

				Tolerancia:	Peso:	Materiales:			
				± 0,1	22,130 Kg	Acero ASTM A36			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
				Dibujó: 08/09/22	Cisneros C, Salinas A			Tornillo helicoidal	1:10
				Revisó: 08/09/22	Ing. Francisco P, MSc.				
				Aprobó: 08/09/22	Ing. Francisco P, MSc.	Número del dibujo: 04 de 33			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica		(Sustitución)			

1

2

3

4

N9

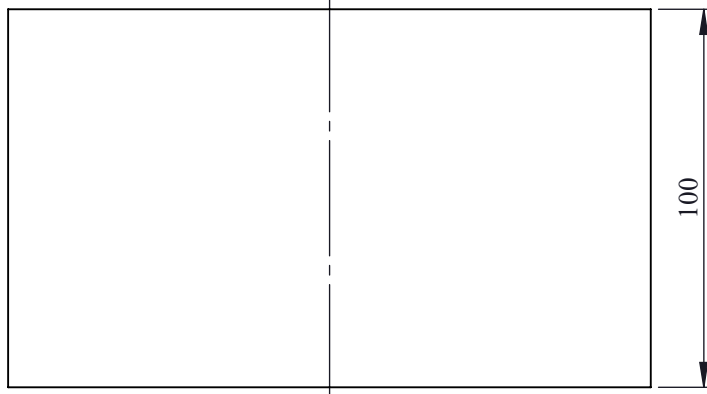
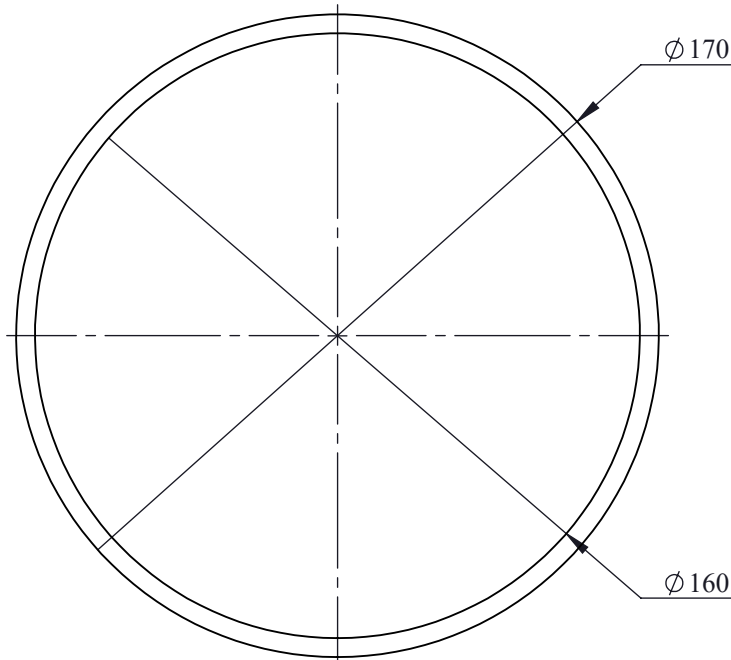
A

B

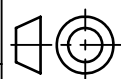
C

D

E



				Tolerancia:	Peso:	Materiales:		
				±1	1,996 Kg	Acero ASTM A500 grado C		
					Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó:	15/09/22	Cisneros C, Salinas A		Apoyo inferior
				Revisó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.		
				Aprobó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.		
				UTA		Número del dibujo:	Escala:	
				Ingeniería Mecánica		05 de 33		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	1:2	



1

2

3

4

N7

A

 $\varnothing 240$

4

B

 $\varnothing 240$ $\varnothing 39$ $\varnothing 10 \times 6$

C

98

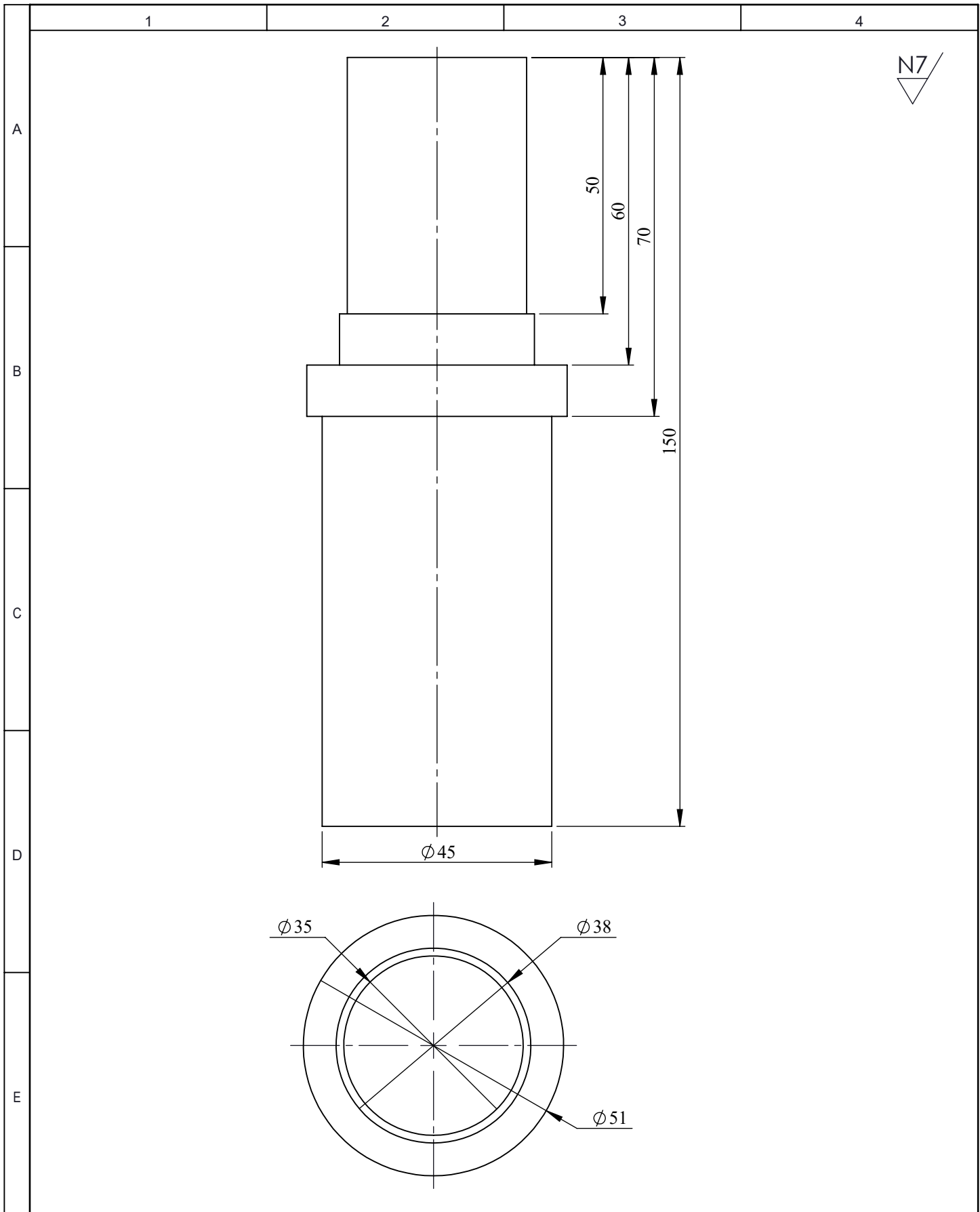
D

46

E

 $\varnothing 13 \times 4$

				Tolerancia:	Peso:	Materiales:		
				$\pm 0,1$	3,984 Kg	Acero ASTM A36		
					Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó:	15/09/22	Cisneros C, Salinas A		Base
				Revisó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.		
				Aprobó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.	1:2	
				UTA		Número del dibujo:	Escala:	
				Ingeniería Mecánica		06 de 33		1:2
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		



N7

A

B

C

D

E

				Tolerancia:	Peso:	Materiales:			
				±0,1	1,685 Kg	Acero AISI 1018			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
			Dibujó:	15/09/22	Cisneros C, Salinas A.			Acople eje inferior	1:1
			Revisó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.				
				Aprobó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.			
				UTA		Número del dibujo:			
				Ingeniería Mecánica		07 de 33			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)			

1

2

3

4

N12

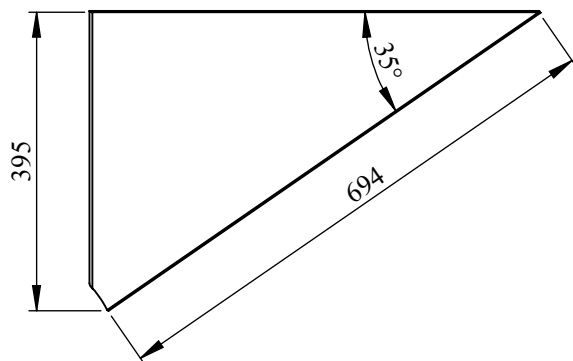
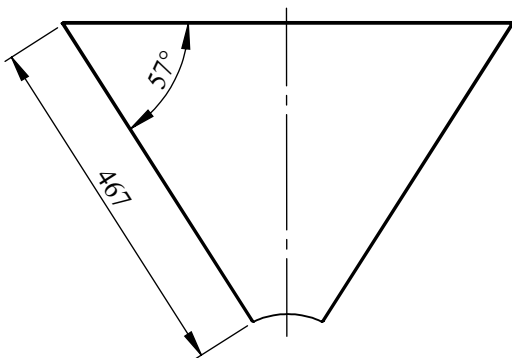
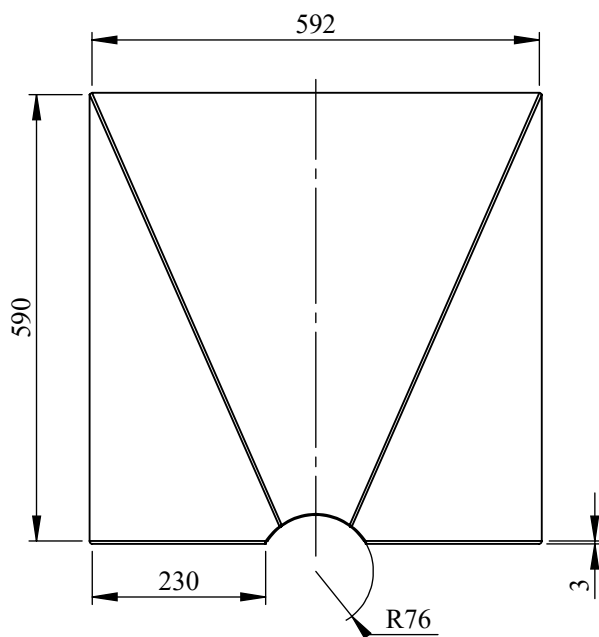
A

B

C

D

E



				Tolerancia:	Peso:	Materiales:	
				±1	14,062 Kg	Acero ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dibujó:	08/09/22	Cisneros C, Salinas A.	
				Revisó:	08/09/22	Ing. Peña F, MSc.	
				Aprobó:	08/09/22	Ing. Peña F, MSc.	Escala:
				UTA Ingeniería Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Número del dibujo:
						(Sustitución)	

1

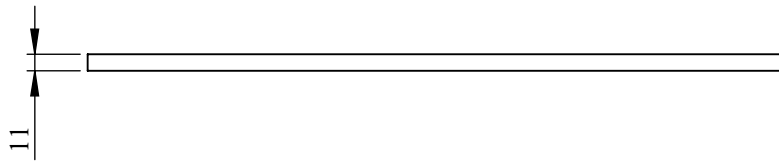
2

3

4

N12

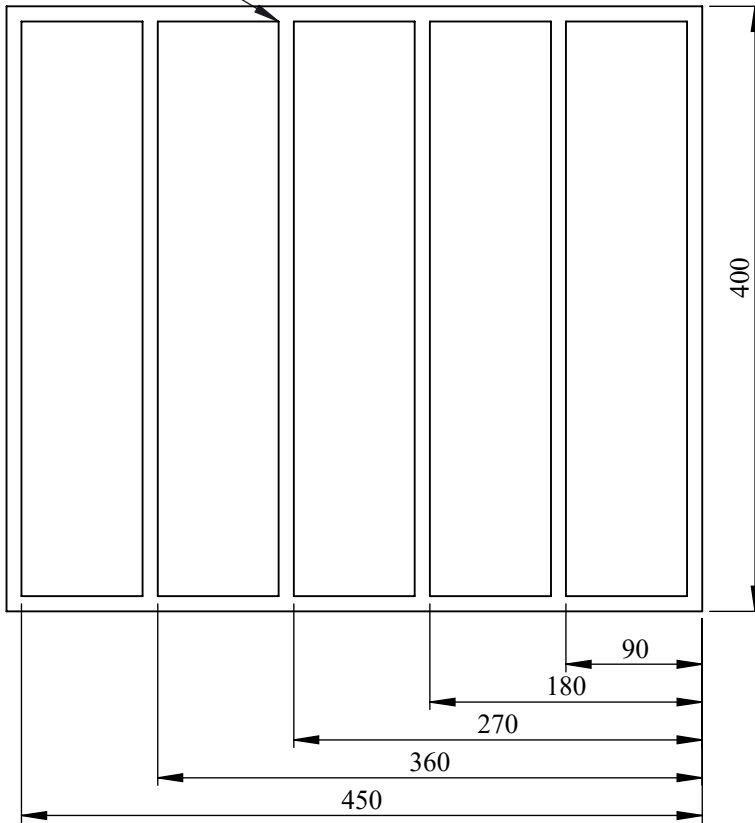
A



B

SMAW E 6011 $\begin{matrix} \nearrow 3 \\ \searrow 3 \end{matrix}$

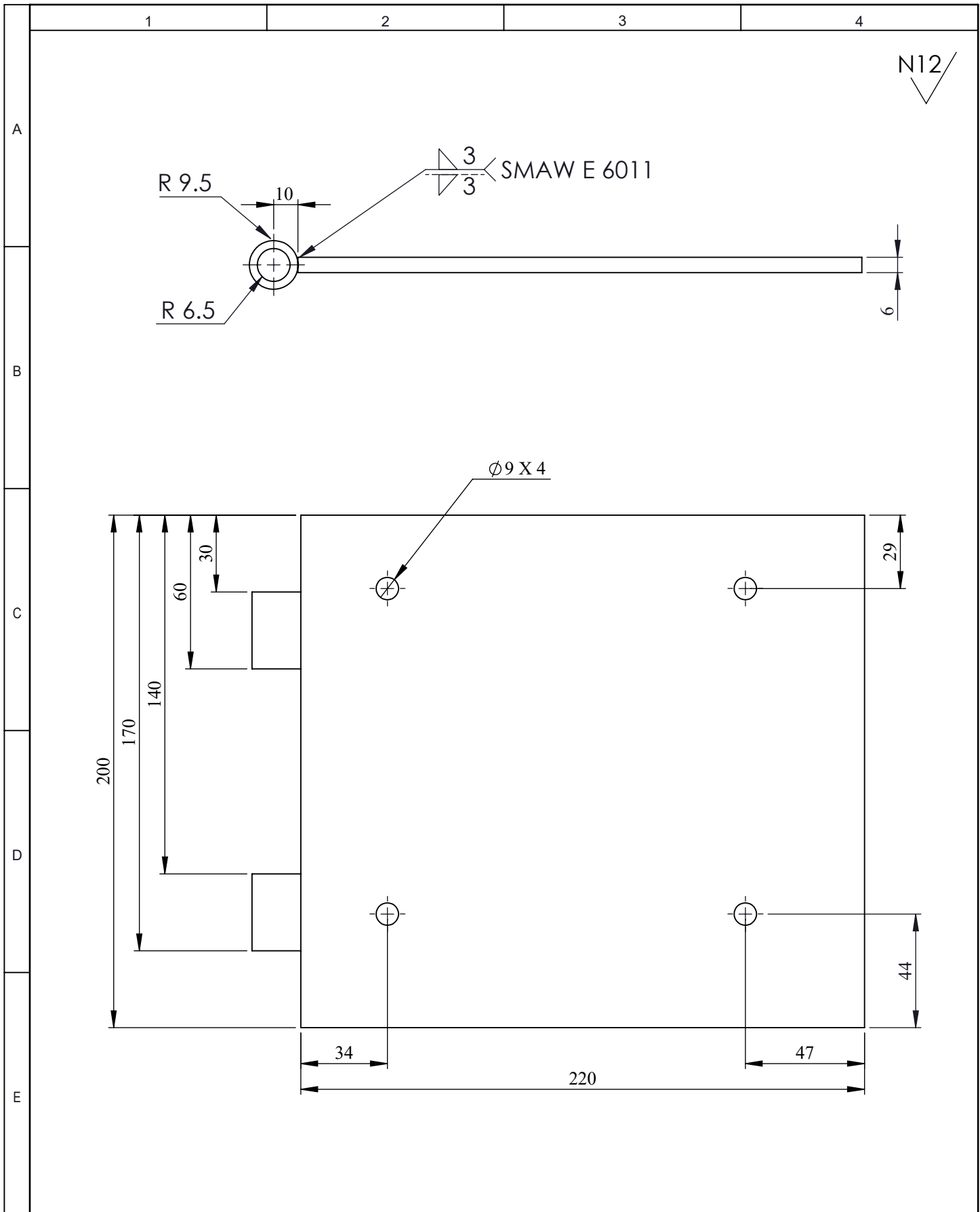
C



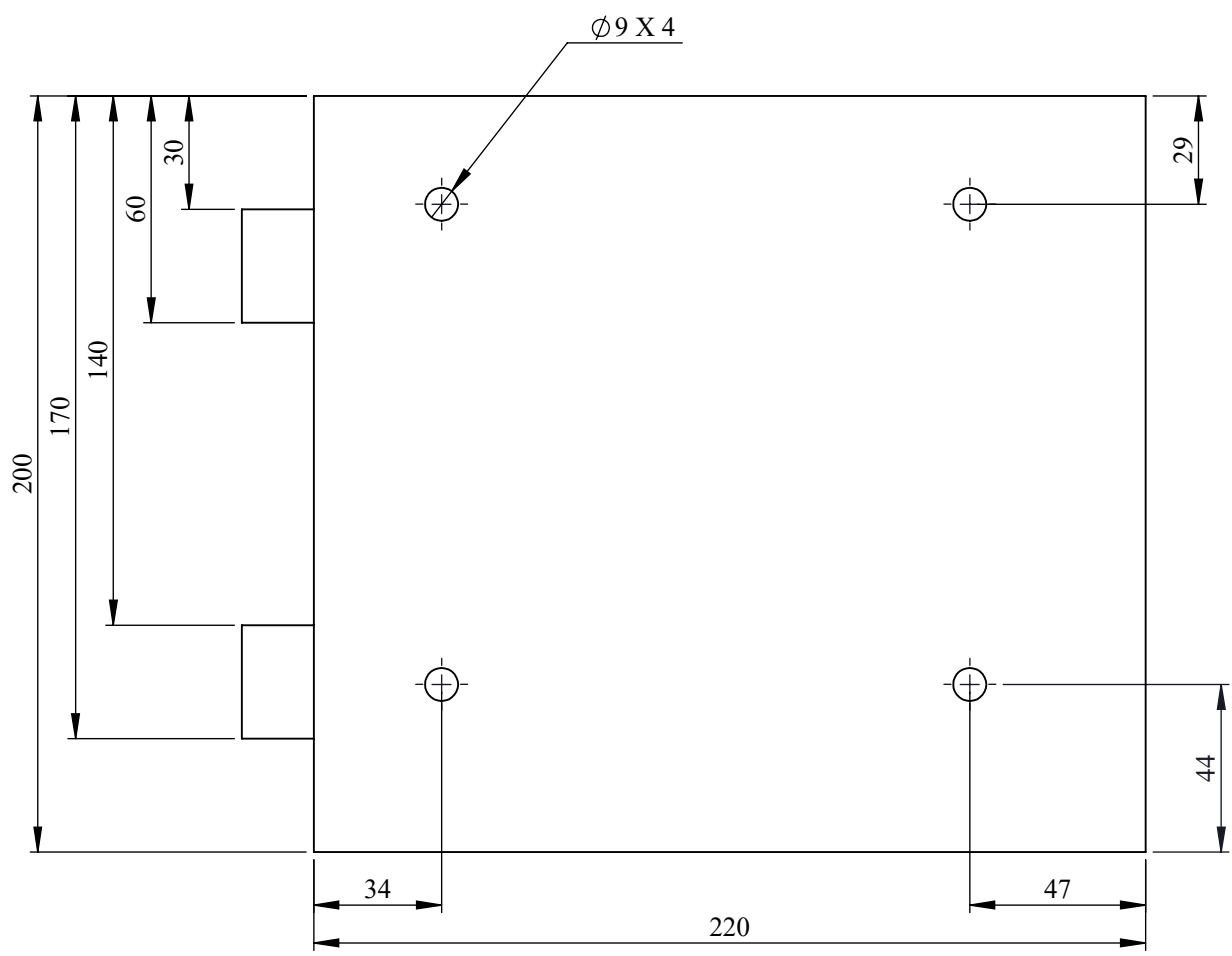
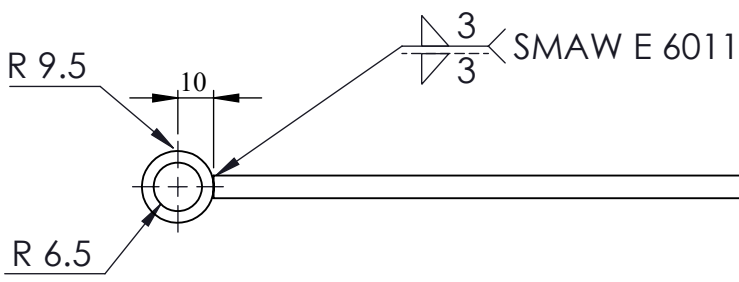
D

E

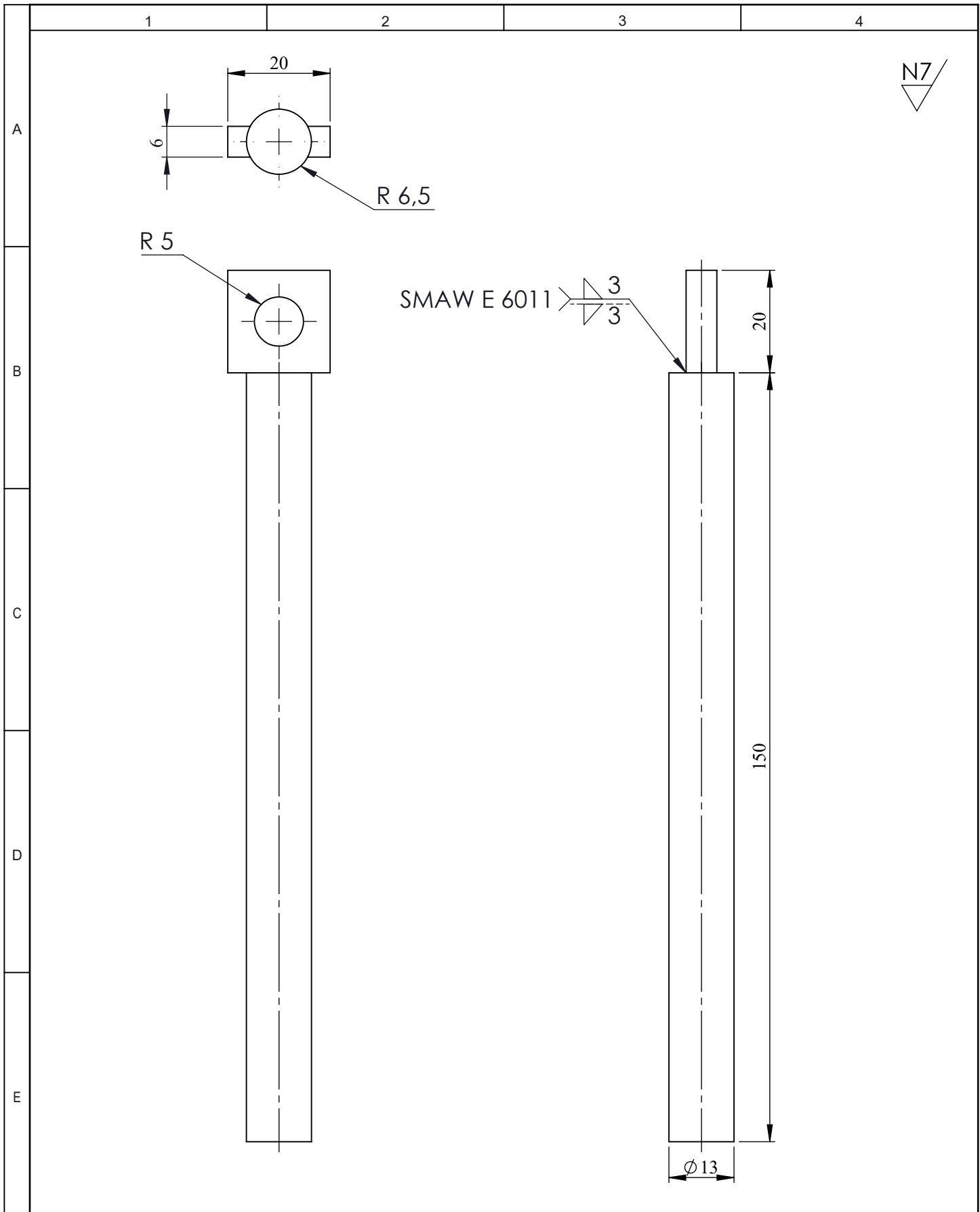
				Tolerancia:	Peso:	Materiales:		
				±1	2,710 Kg	Acero ASTM A36		
					Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó:	15/09/22	Cisneros C, Salinas A		Reja de seguridad
				Revisó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.		
				Aprobó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.		
				UTA		Número del dibujo:	Escala:	
				Ingeniería Mecánica		09 de 33		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		



N12



				Tolerancia:	Peso:	Materiales:		
				±1	2,094 Kg	Acero ASTM A36		
					Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	15/09/22	Cisneros C, Salinas A			
			Revisó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.			
				Aprobó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.		
				UTA		Número del dibujo:	10 de 33	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica		(Sustitución)		



N7

A
B
C
D
E

				Tolerancia:	Peso:	Materiales:	
				±0,1	0,162 kg	Acero ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dibujó:	15/09/22	Cisneros C, Salinas A	
				Revisó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.	
				Aprobó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.	Escala:
				UTA Ingeniería Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Número del dibujo:			
				11 de 33 (Sustitución)			

1

2

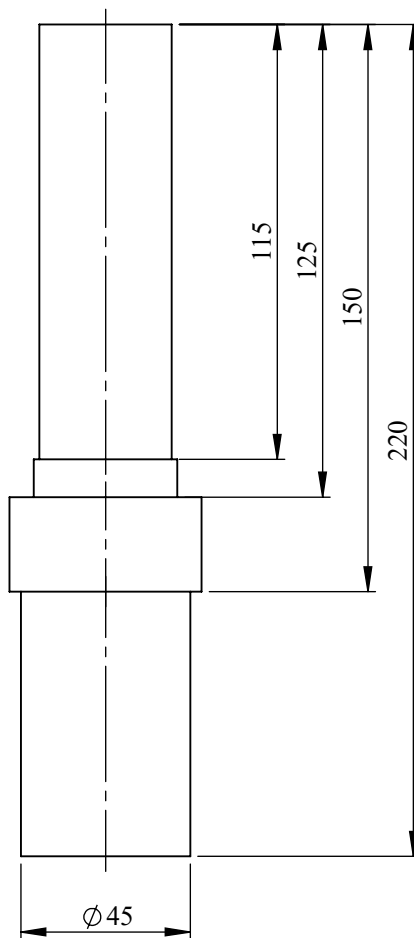
3

4

A

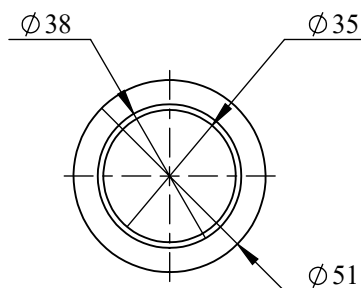
N7

B



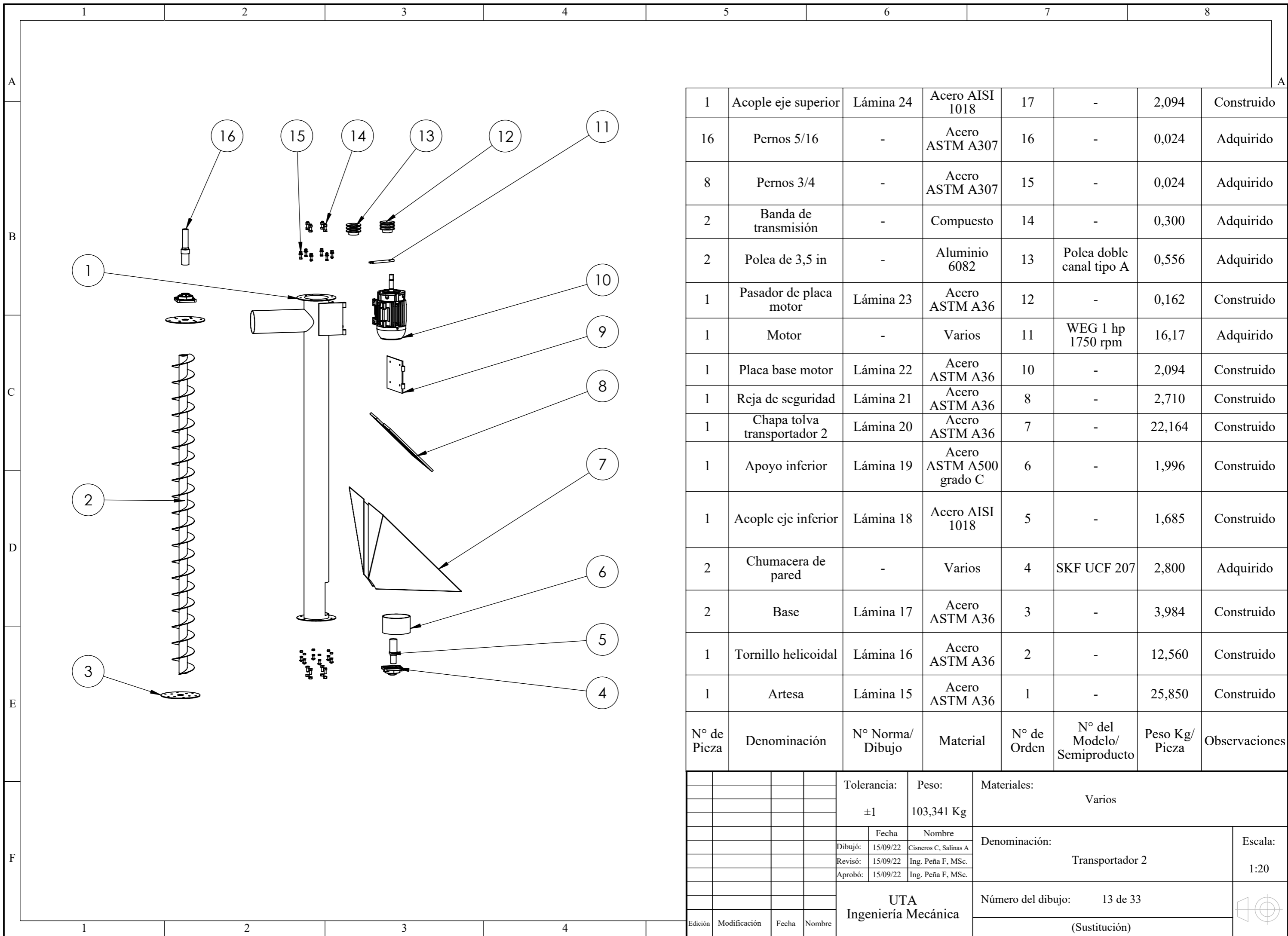
C

D



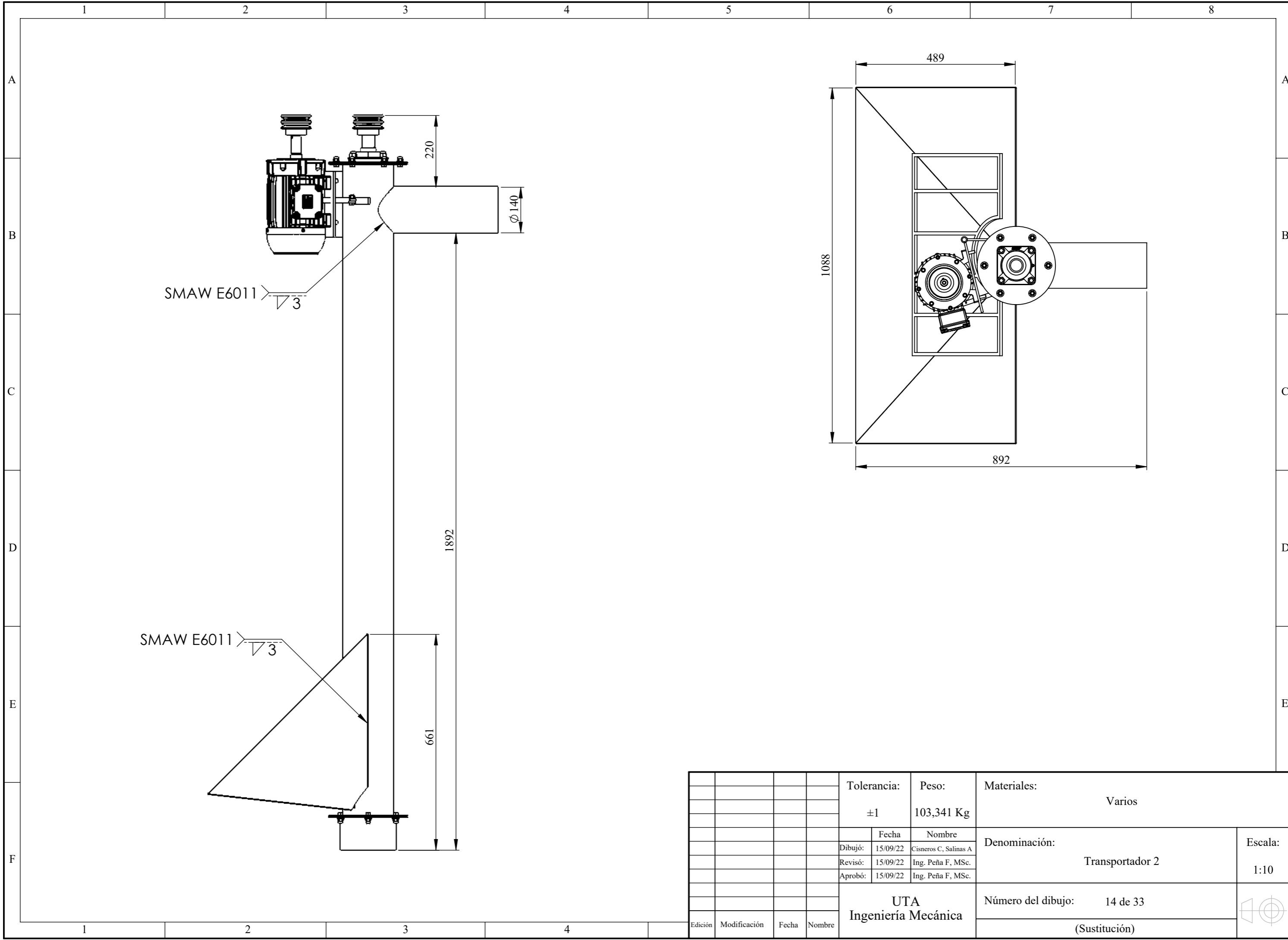
E

				Tolerancia: $\pm 0,1$	Peso: 2,094 Kg	Materiales: Acero AISI 1018		
						Denominación: Acople eje superior	Escala: 1:2	
				Dibujó:	Fecha			Nombre
				Revisó:	15/09/22			Ing. Peña F, MSc.
				Aprobó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo:	12 de 33	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		

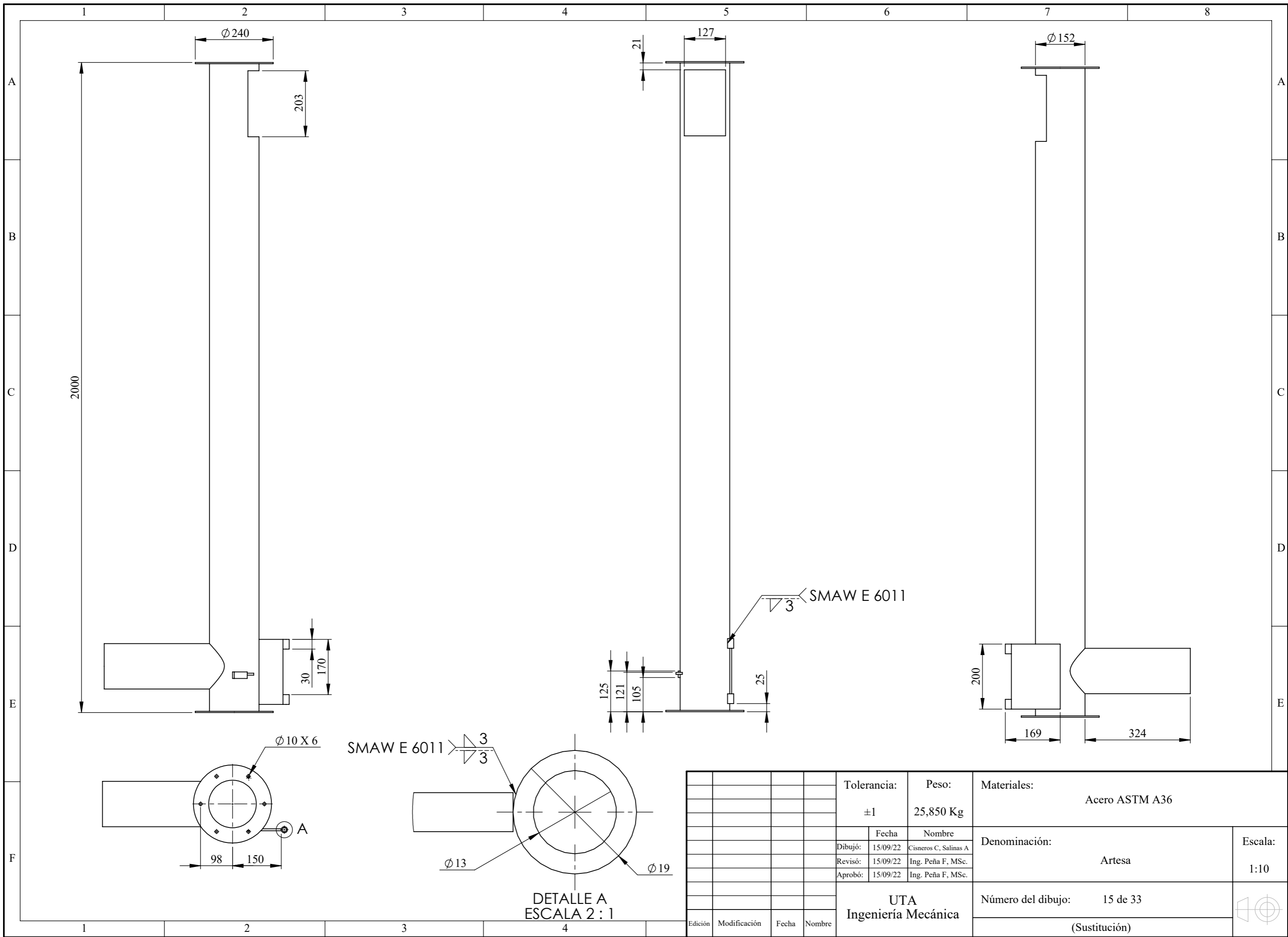


1	Acople eje superior	Lámina 24	Acero AISI 1018	17	-	2,094	Construido
16	Pernos 5/16	-	Acero ASTM A307	16	-	0,024	Adquirido
8	Pernos 3/4	-	Acero ASTM A307	15	-	0,024	Adquirido
2	Banda de transmisión	-	Compuesto	14	-	0,300	Adquirido
2	Polea de 3,5 in	-	Aluminio 6082	13	Polea doble canal tipo A	0,556	Adquirido
1	Pasador de placa motor	Lámina 23	Acero ASTM A36	12	-	0,162	Construido
1	Motor	-	Varios	11	WEG 1 hp 1750 rpm	16,17	Adquirido
1	Placa base motor	Lámina 22	Acero ASTM A36	10	-	2,094	Construido
1	Reja de seguridad	Lámina 21	Acero ASTM A36	8	-	2,710	Construido
1	Chapa tolva transportador 2	Lámina 20	Acero ASTM A36	7	-	22,164	Construido
1	Apoyo inferior	Lámina 19	Acero ASTM A500 grado C	6	-	1,996	Construido
1	Acople eje inferior	Lámina 18	Acero AISI 1018	5	-	1,685	Construido
2	Chumacera de pared	-	Varios	4	SKF UCF 207	2,800	Adquirido
2	Base	Lámina 17	Acero ASTM A36	3	-	3,984	Construido
1	Tornillo helicoidal	Lámina 16	Acero ASTM A36	2	-	12,560	Construido
1	Artesa	Lámina 15	Acero ASTM A36	1	-	25,850	Construido
Nº de Pieza	Denominación	Nº Norma/ Dibujo	Material	Nº de Orden	Nº del Modelo/ Semiproducto	Peso Kg/ Pieza	Observaciones

Tolerancia:		Peso:		Materiales:							
±1		103,341 Kg		Varios							
Fecha		Nombre		Denominación:			Escala:				
Dibujó: 15/09/22		Cisneros C, Salinas A						Transportador 2			1:20
Revisó: 15/09/22		Ing. Peña F, MSc.									
Aprobó: 15/09/22		Ing. Peña F, MSc.		Número del dibujo: 13 de 33							
Edición		Modificación		Fecha		Nombre					
UTA Ingeniería Mecánica				(Sustitución)							

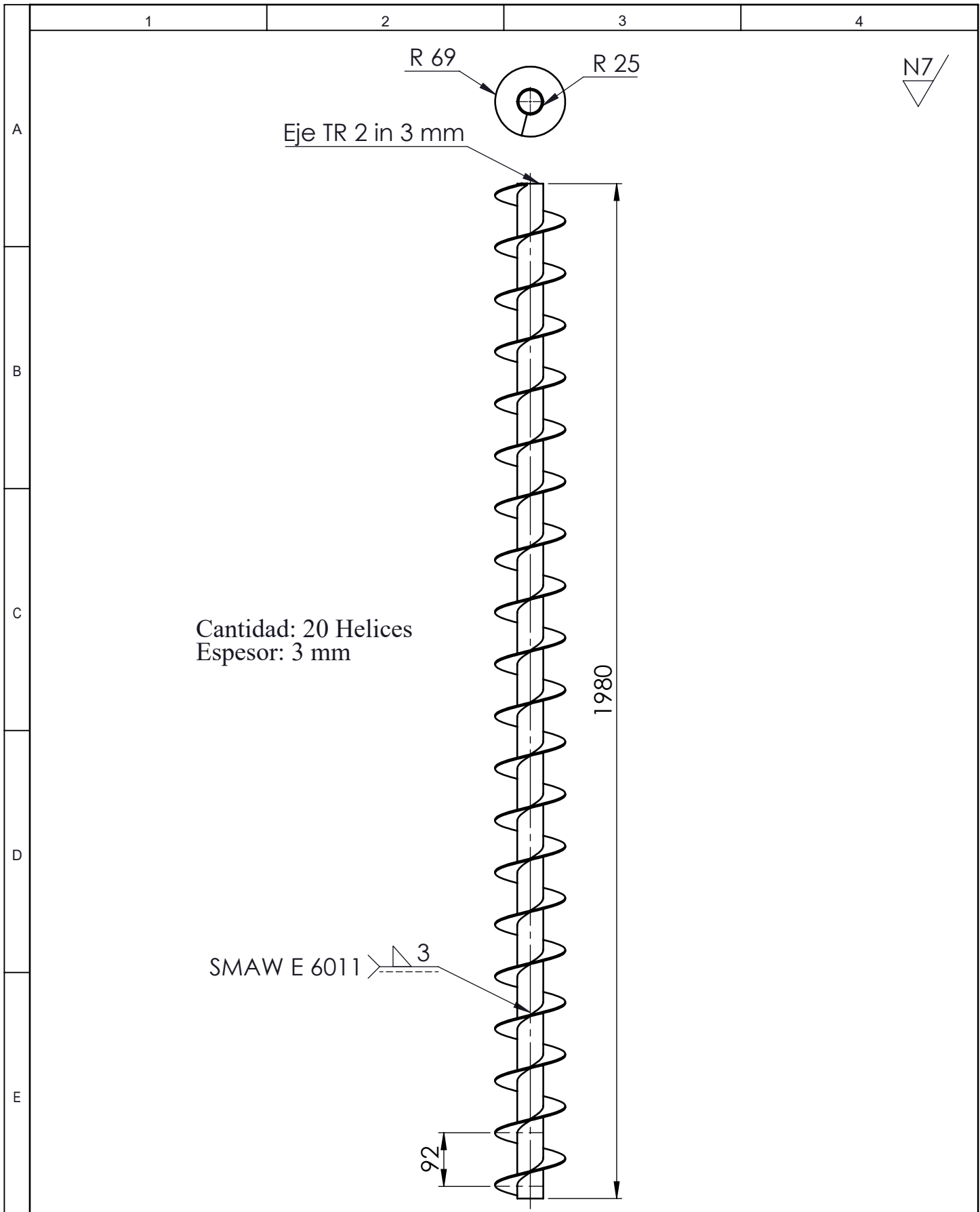


				Tolerancia:	Peso:	Materiales:	
				± 1	103,341 Kg	Varios	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dibujó:	15/09/22	Cisneros C, Salinas A	
				Revisó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.	
				Aprobó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.	Transportador 2
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo:	14 de 33
						(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Escala: 1:10



					Tolerancia:	Peso:	Materiales:	
					± 1	25,850 Kg	Acero ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación:	
					Dibujó: 15/09/22	Cisneros C, Salinas A	Artesa	
					Revisó: 15/09/22	Ing. Peña F, MSc.		
					Aprobó: 15/09/22	Ing. Peña F, MSc.		
					UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 15 de 33	
							(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					





Cantidad: 20 Helices
Espesor: 3 mm

SMAW E 6011 $\sqrt{3}$

1980

3

N7

				Tolerancia:	Peso:	Materiales:			
				$\pm 0,1$	125,6 Kg	Acero ASTM A36			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
			Dibujó:	15/09/22	Cisneros C, Salinas A			Tornillo helicoidal	1:10
			Revisó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.				
			Aprobó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.				
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo:	16 de 33		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)			



1

2

3

4

N7

A

 $\varnothing 240$

4

B

 $\varnothing 240$ $\varnothing 39$ $\varnothing 10 \times 6$

C

98

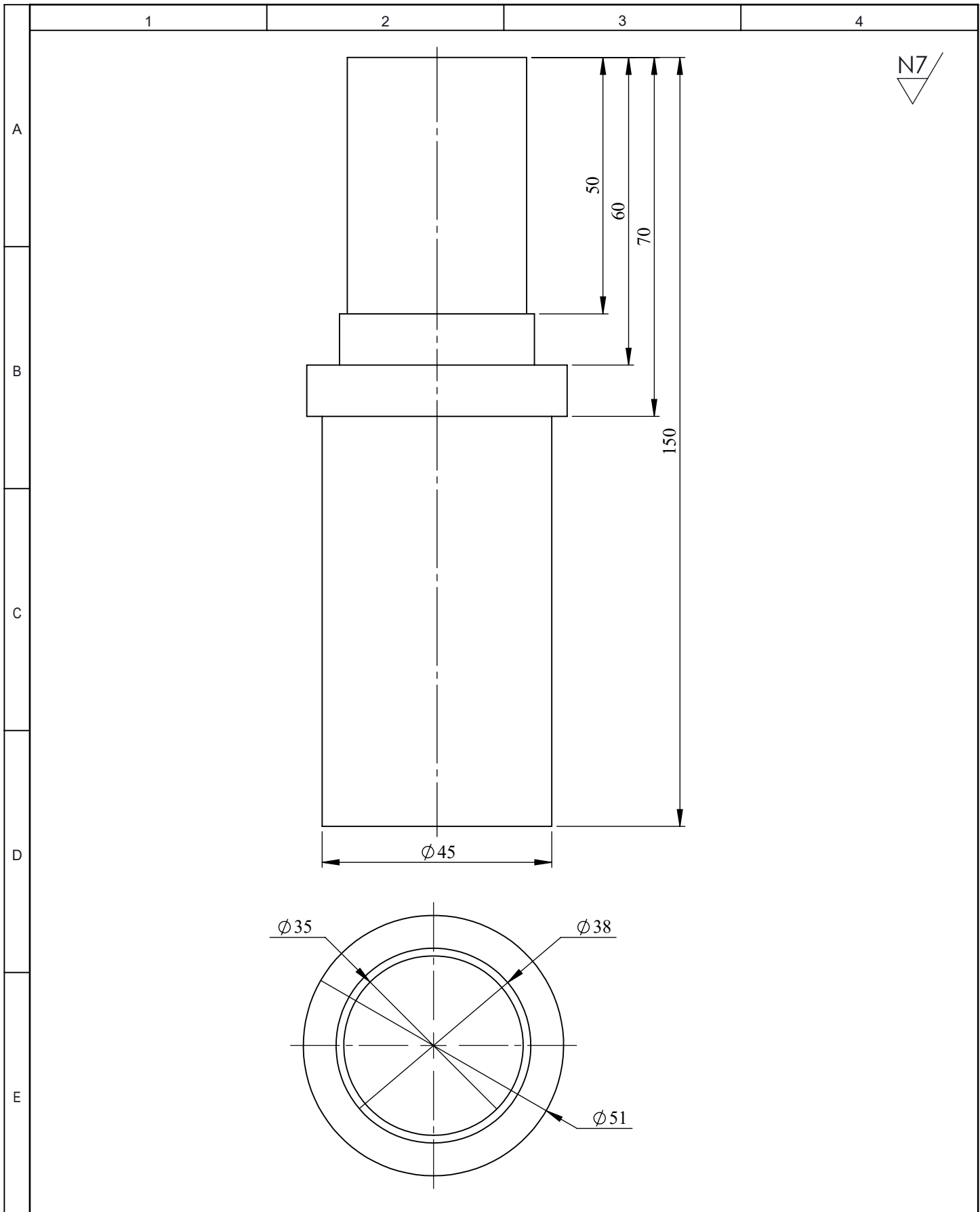
D

46

E

 $\varnothing 13 \times 4$

				Tolerancia:	Peso:	Materiales:		
				$\pm 0,1$	3,984 Kg	Acero ASTM A36		
					Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó:	15/09/22	Cisneros C, Salinas A		Base
				Revisó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.		
				Aprobó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.	1:2	
				UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo:	17 de 33
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)	



N7

A

B

C

D

E

				Tolerancia:	Peso:	Materiales:			
				±0,1	1,685 Kg	Acero AISI 1018			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
			Dibujó:	15/09/22	Cisneros C, Salinas A			Acople eje inferior	1:1
			Revisó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.				
				Aprobó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.			
				UTA		Número del dibujo:	18 de 33		
				Ingeniería Mecánica		(Sustitución)			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre						

1

2

3

4

N9

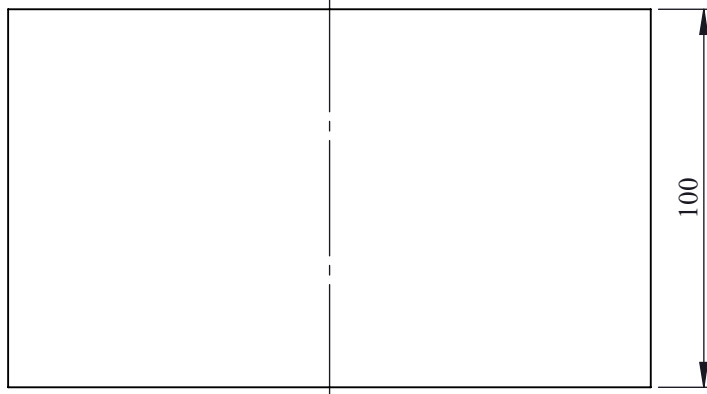
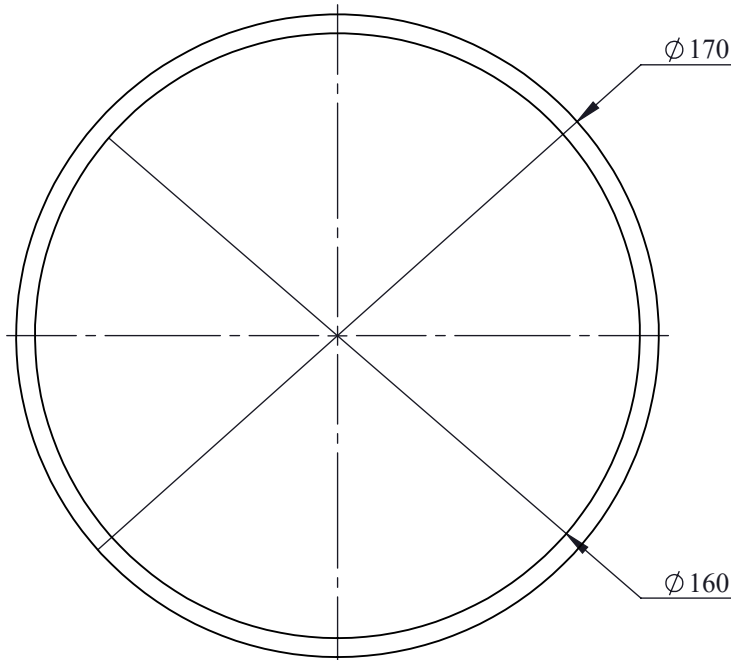
A

B

C

D

E



				Tolerancia:	Peso:	Materiales:		
				±1	1,996 Kg	Acero ASTM A500 grado C		
					Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó:	15/09/22	Cisneros C, Salinas A		Apoyo inferior
				Revisó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.		
				Aprobó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.		
				UTA		Número del dibujo:	Escala:	
				Ingeniería Mecánica		19 de 33		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	1:2	

1

2

3

4

A

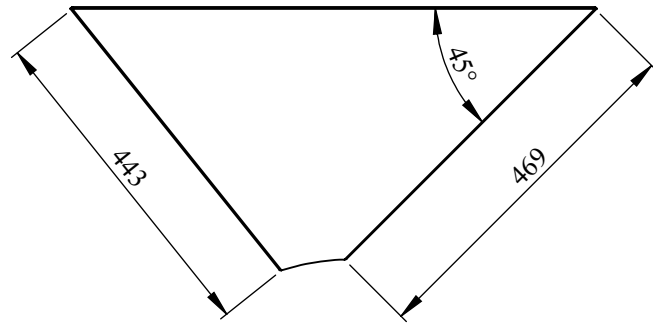
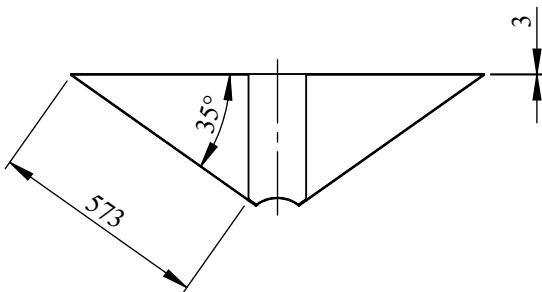
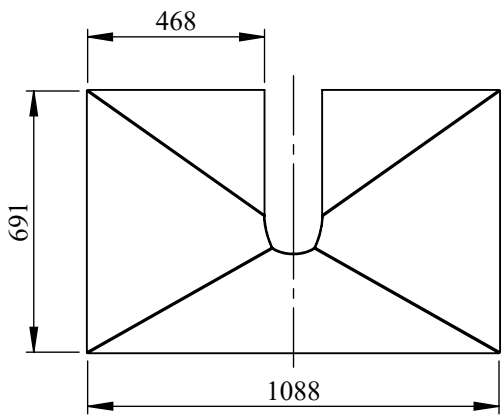
B

C

D

E

N12



				Tolerancia:	Peso:	Materiales:		
				±1	22,164 Kg	Acero ASTM A36		
					Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó:	15/09/22	Cisneros C, Salinas A		Chapa tolva transportador 2
				Revisó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.		
				Aprobó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.		
				UTA		Número del dibujo:	Escala:	
				Ingeniería Mecánica		20 de 33		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	1:20	

1

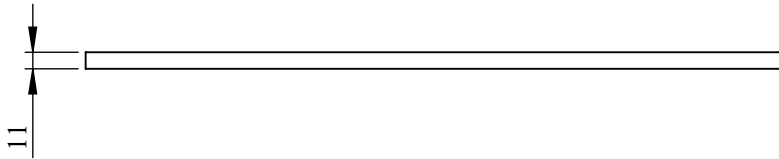
2

3


4

N12

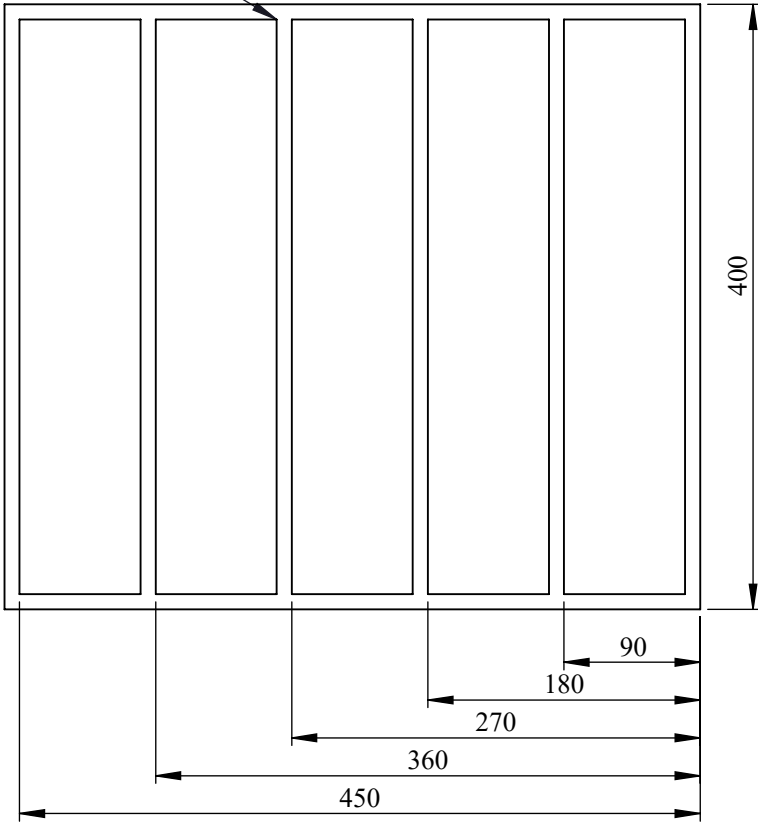
A



B

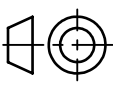
SMAW E 6011 

C



D

E

				Tolerancia:	Peso:	Materiales:	
				±1	2,710 Kg	Acero ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dibujó:	15/09/22	Cisneros C, Salinas A	
				Revisó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.	
				Aprobó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.	Reja de seguridad
				UTA Ingeniería Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)
							Escala: 1:5
							

1

2

3

4

N12

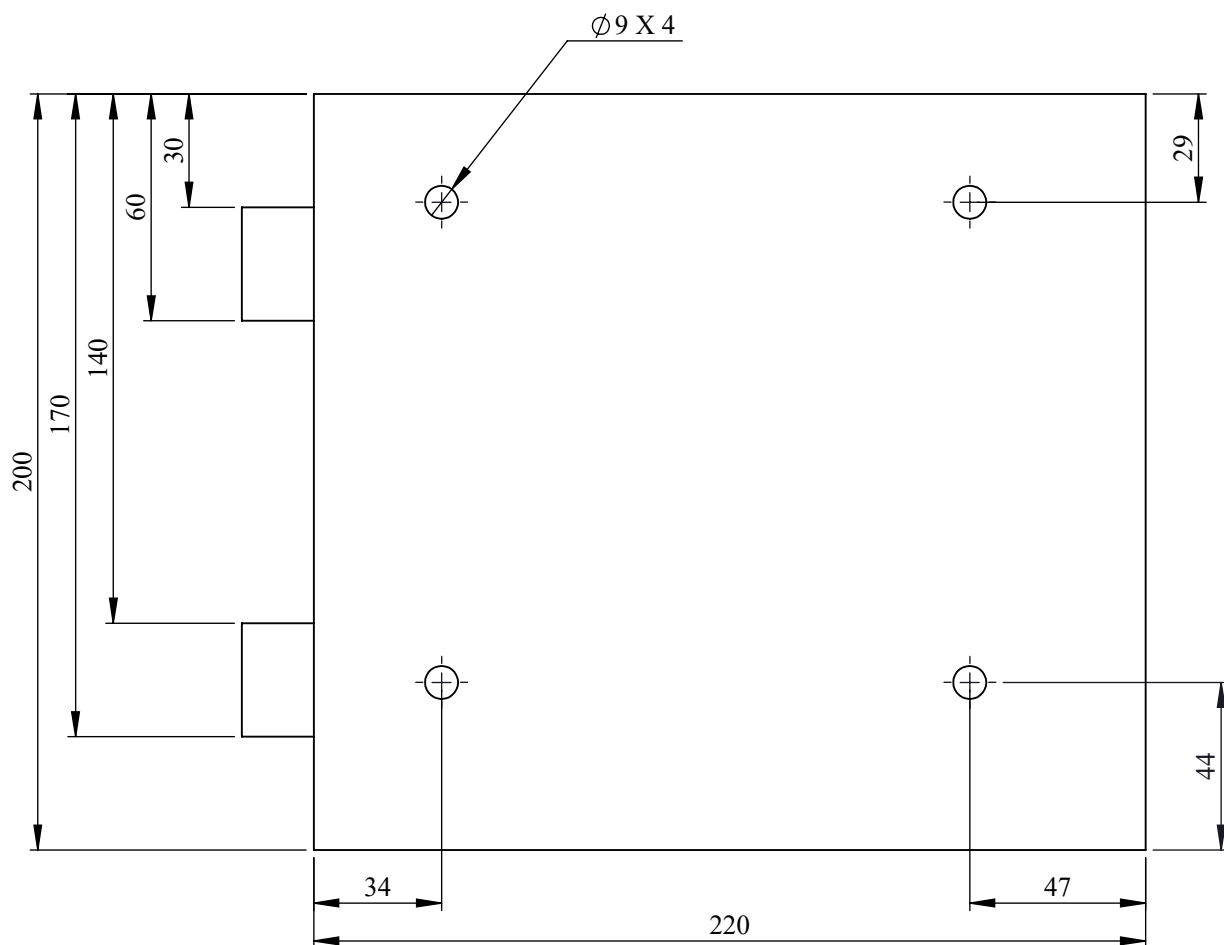
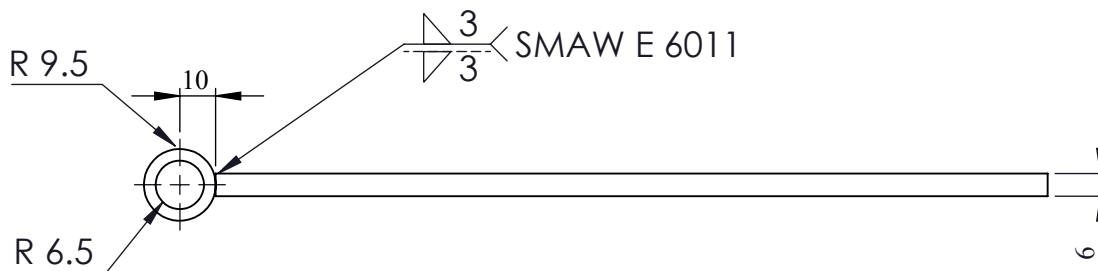
A

B

C

D

E



				Tolerancia:	Peso:	Materiales:			
				±1	2,094 Kg	Acero ASTM A36			
					Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:	
			Dibujó:	15/09/22	Cisneros C, Salinas A	Placa base motor			
			Revisó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.	1:2			
				Aprobó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.			
				UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo:	22 de 33	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)		

1

2

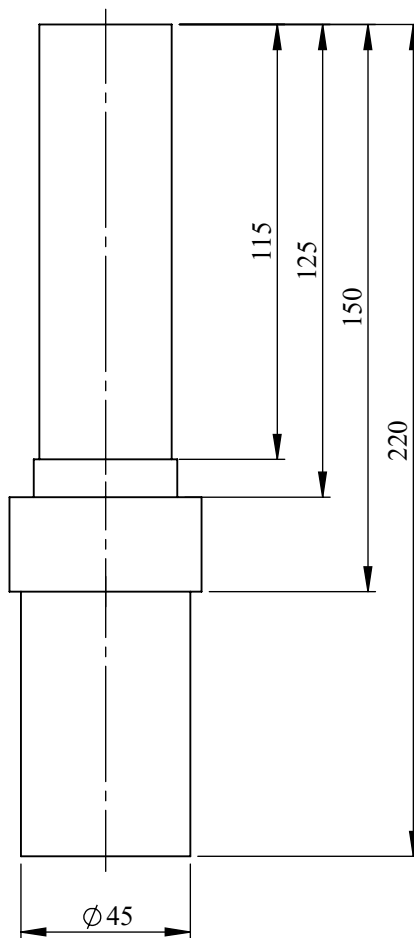
3

4

A

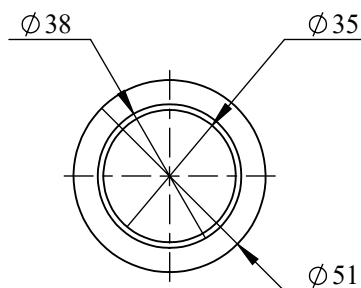
N7

B



C

D



E

				Tolerancia:	Peso:	Materiales:	
				$\pm 0,1$	2,094 Kg	Acero AISI 1018	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dibujó:	15/09/22	Cisneros C, Salinas A	
				Revisó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.	
				Aprobó:	15/09/22	Ing. Peña F, MSc.	Escala:
				UTA Ingeniería Mecánica			
				Número del dibujo:			24 de 33
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			

1

2

3

4

N12

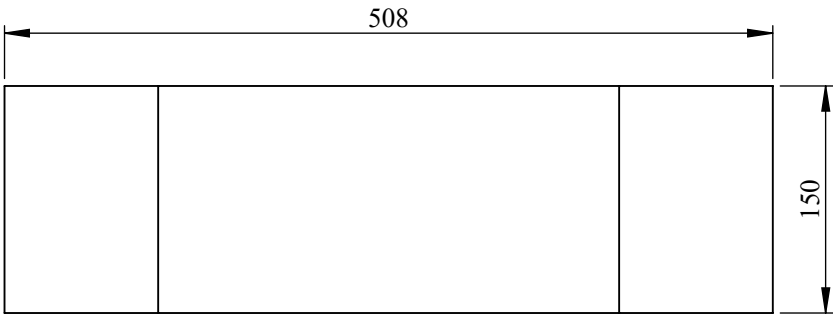
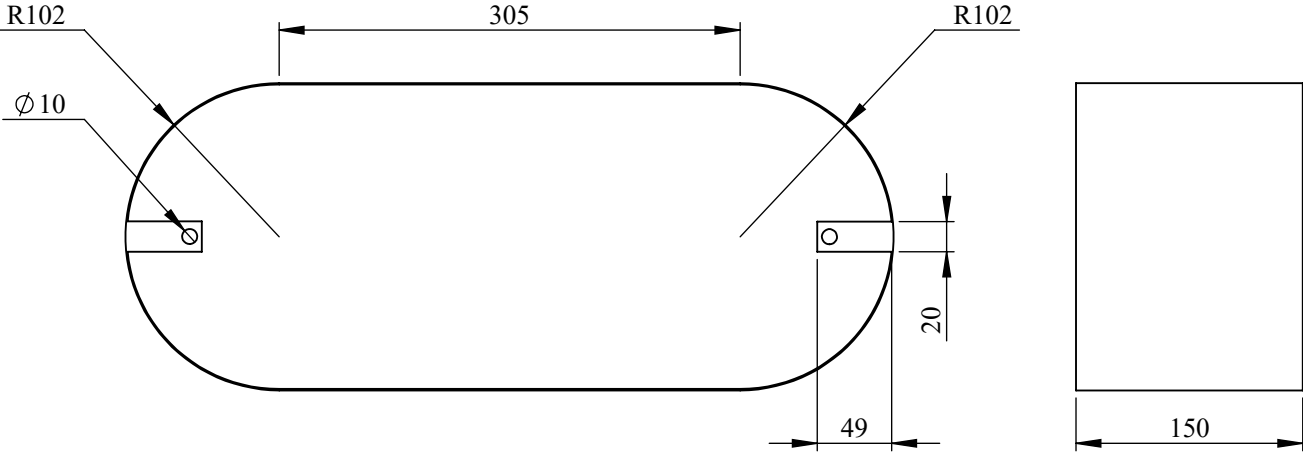
A

B

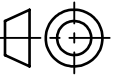
C

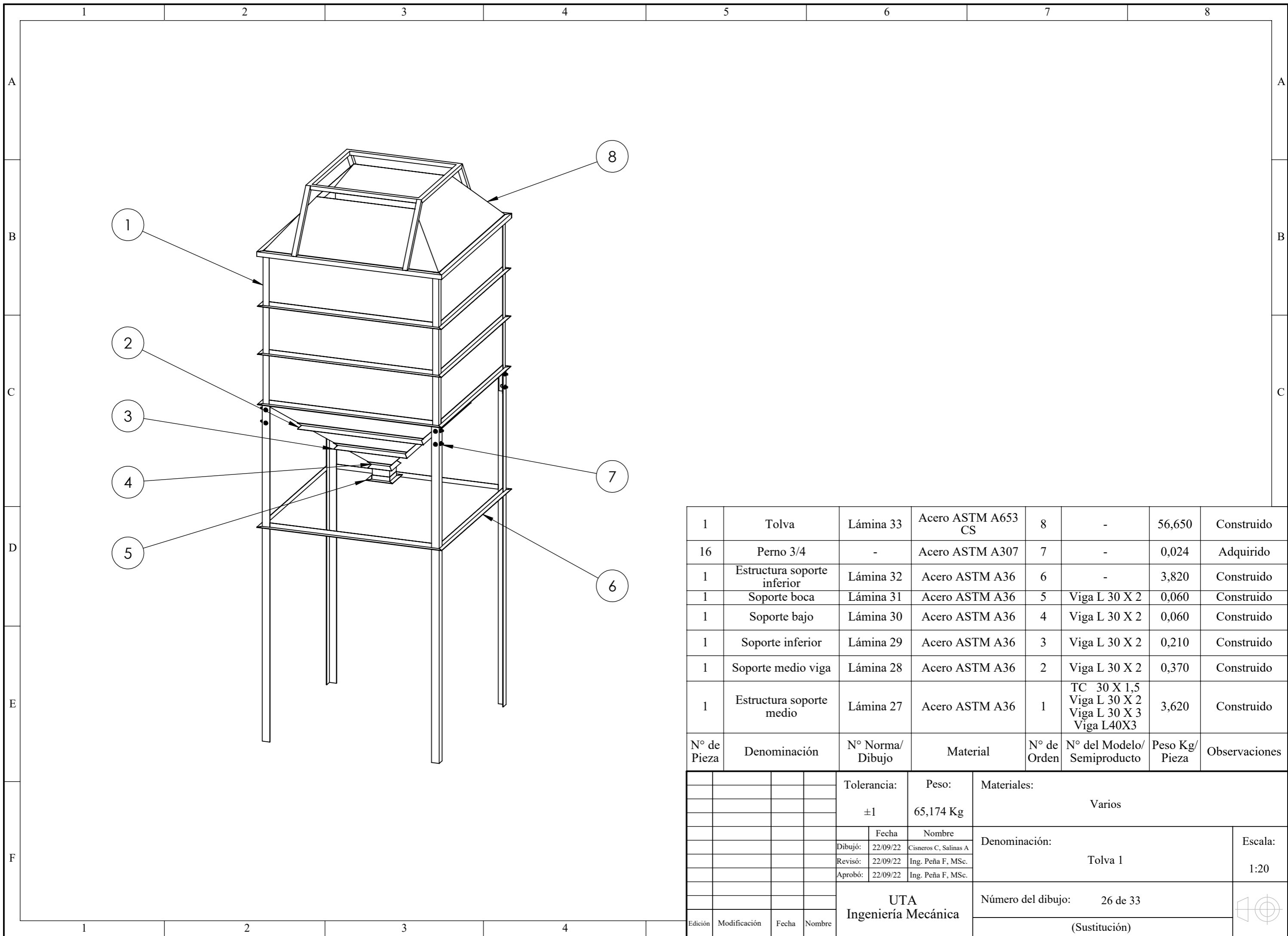
D

E



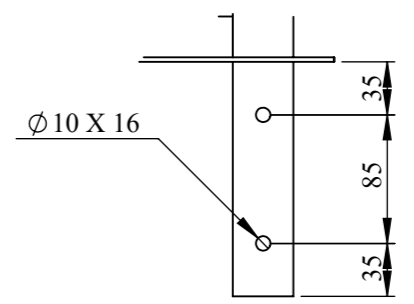
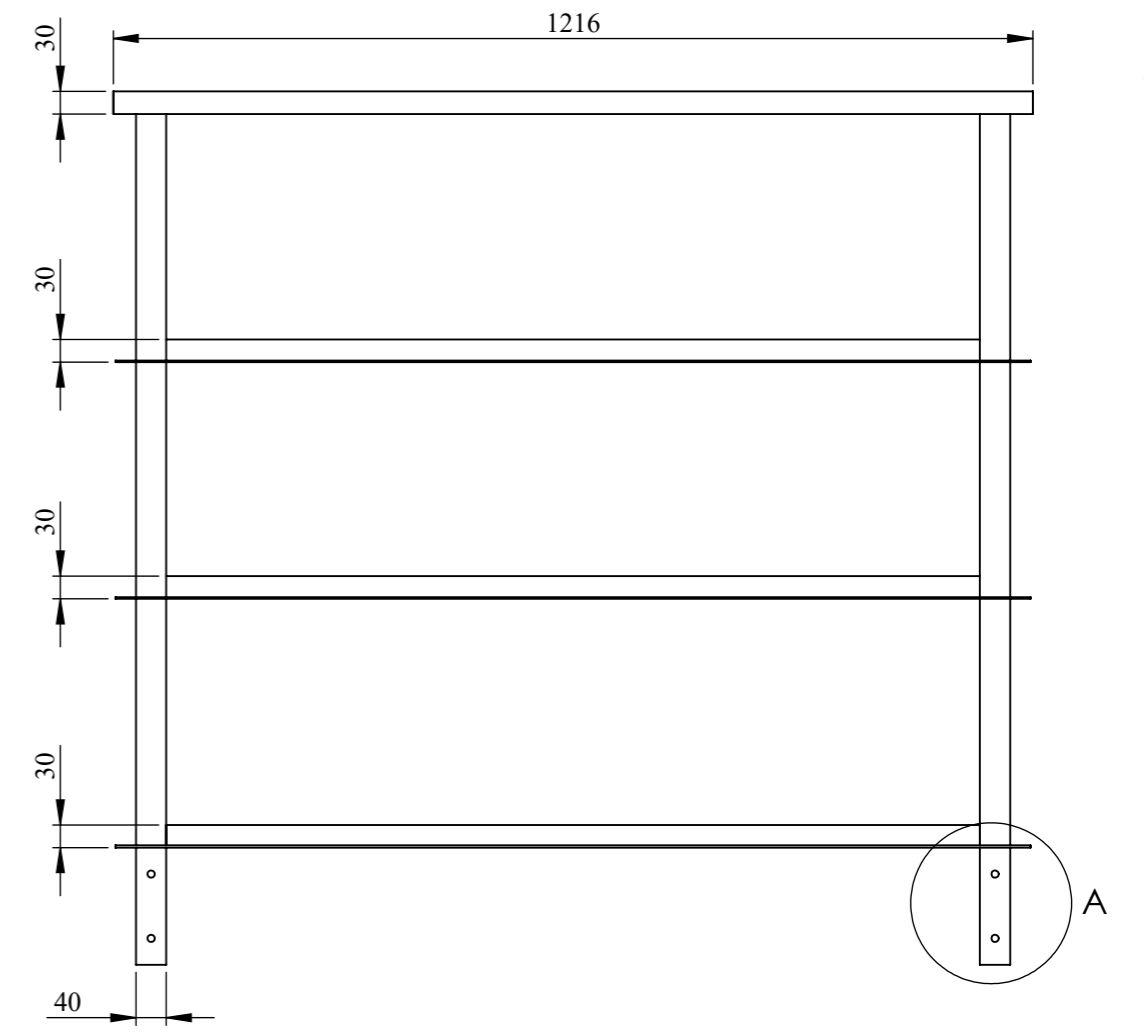
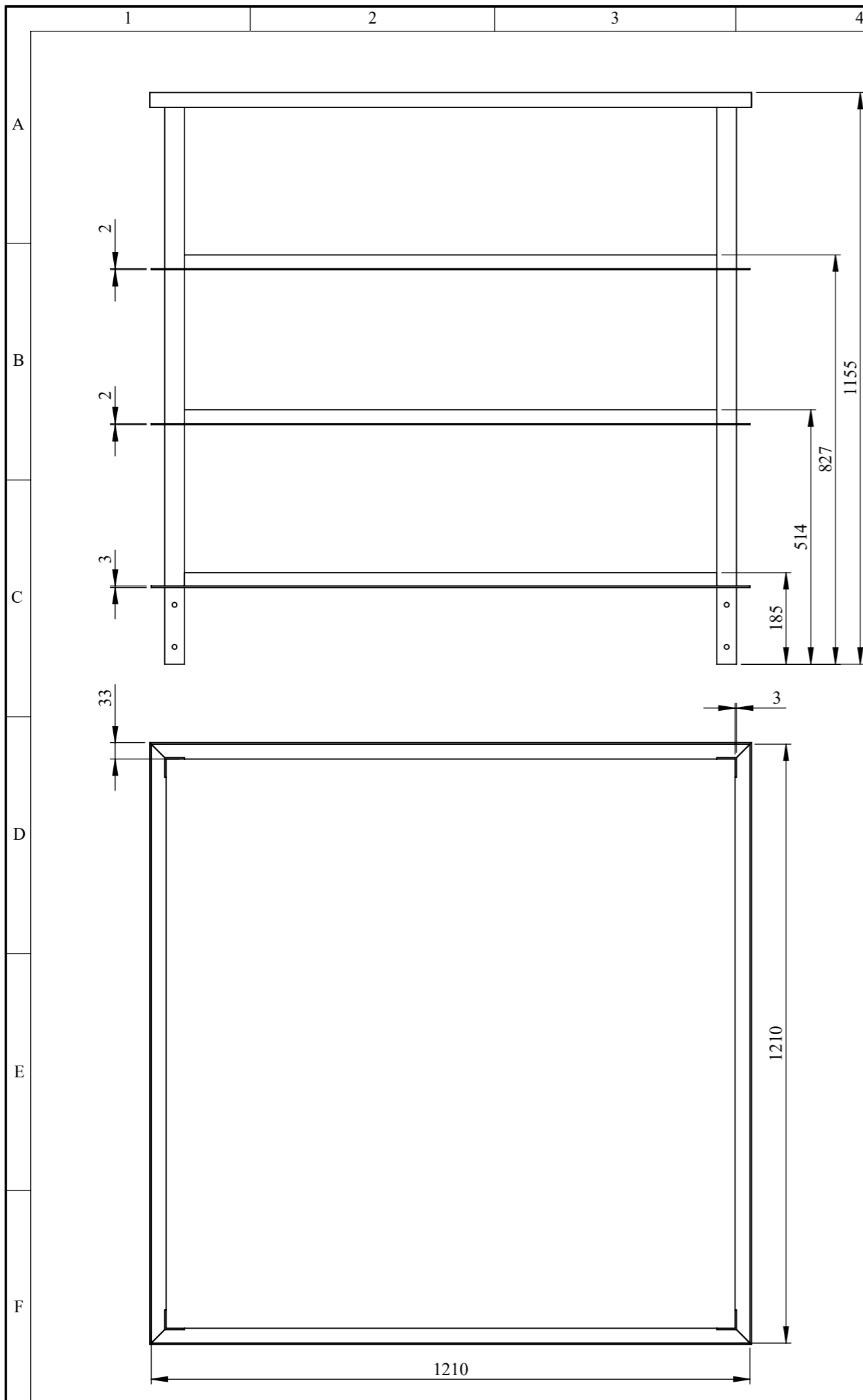
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				±0,1	1,9 Kg	Acero ASTM A36		
					Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó:	15/09/22	Cisneros C, Salinas A.		Protector de bandas
				Revisó:	15/09/22	Ing. Msc. Peña F.		
				Aprobó:	15/09/22	Ing. Msc. Peña F.		
				UTA		Número del dibujo:	Escala:	
				Ingeniería Mecánica		25 de 33		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	1:5	





1	Tolva	Lámina 33	Acero ASTM A653 CS	8	-	56,650	Construido
16	Perno 3/4	-	Acero ASTM A307	7	-	0,024	Adquirido
1	Estructura soporte inferior	Lámina 32	Acero ASTM A36	6	-	3,820	Construido
1	Soporte boca	Lámina 31	Acero ASTM A36	5	Viga L 30 X 2	0,060	Construido
1	Soporte bajo	Lámina 30	Acero ASTM A36	4	Viga L 30 X 2	0,060	Construido
1	Soporte inferior	Lámina 29	Acero ASTM A36	3	Viga L 30 X 2	0,210	Construido
1	Soporte medio viga	Lámina 28	Acero ASTM A36	2	Viga L 30 X 2	0,370	Construido
1	Estructura soporte medio	Lámina 27	Acero ASTM A36	1	TC 30 X 1,5 Viga L 30 X 2 Viga L 30 X 3 Viga L40X3	3,620	Construido
N° de Pieza	Denominación	N° Norma/ Dibujo	Material	N° de Orden	N° del Modelo/ Semiproducto	Peso Kg/ Pieza	Observaciones

Tolerancia:		Peso:		Materiales:			
±1		65,174 Kg		Varios			
Fecha		Nombre		Denominación: Tolva 1			Escala: 1:20
Dibujó:	22/09/22	Cisneros C, Salinas A					
Revisó:	22/09/22	Ing. Peña F, MSc.					
Aprobó:	22/09/22	Ing. Peña F, MSc.					
UTA Ingeniería Mecánica				Número del dibujo: 26 de 33			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			



DETALLE A
ESCALA 1 : 5

				Tolerancia:	Peso:	Materiales:			
				±1	3,690 Kg	Acero ASTM A36			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
				Dibujó: 22/09/22	Cisneros C, Salinas A			Estructura soporte medio	1:10
				Revisó: 22/09/22	Ing. Peña F, MSc.				
				Aprobó: 22/09/22	Ing. Peña F, MSc.				
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo:	27 de 33		
						(Sustitución)			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre						

1

2

3

4

N7

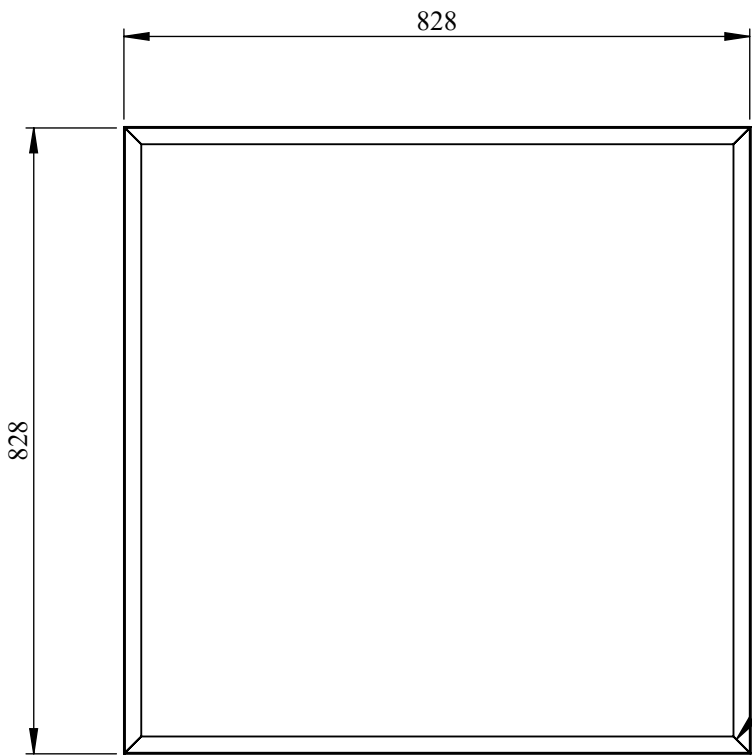
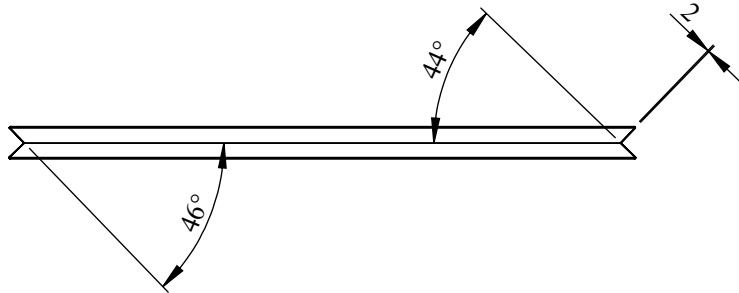
A

B

C

D

E



				Tolerancia:	Peso:	Materiales:		
				±1	0,370 Kg	Acero ASTM A36		
					Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó:	22/09/22	Cisneros C, Salinas A		
				Revisó:	22/09/22	Ing. Peña F, MSc.		
				Aprobó:	22/09/22	Ing. Peña F, MSc.	Soporte medio	
				UTA Ingeniería Mecánica				Número del dibujo: 28 de 33
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)	Escala: 1:10

1

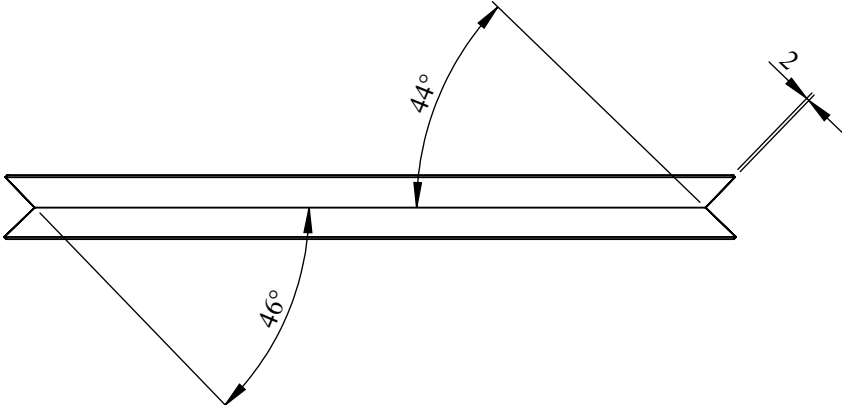
2

3

4

N7

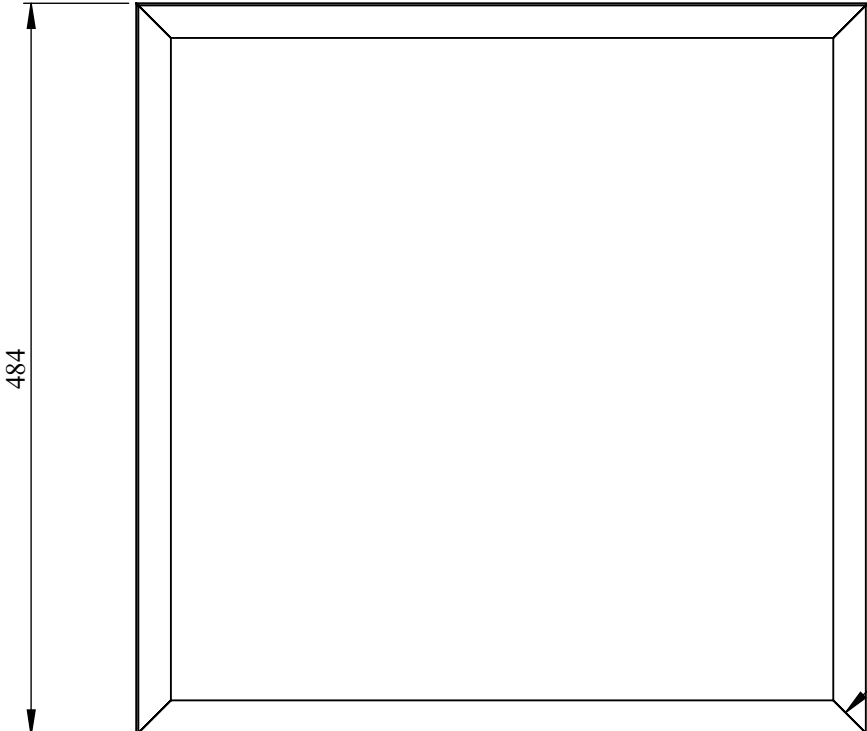
A



B

484

C



D

3 SMAW E 6011

E

				Tolerancia:	Peso:	Materiales:	
				±1	0,210 Kg	Acero ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dibujó:	22/09/22	Cisneros C, Salinas A	
				Revisó:	22/09/22	Ing. Peña F, MSc.	
				Aprobó:	22/09/22	Ing. Peña F, MSc.	Escala:
				UTA Ingeniería Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Número del dibujo:
						(Sustitución)	

1

2

3

4

N7

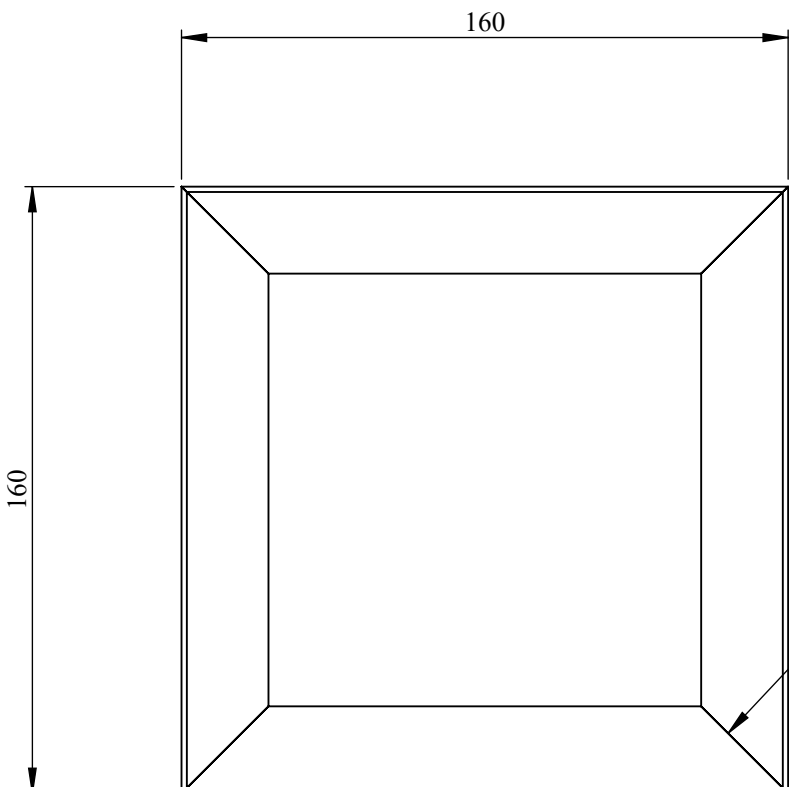
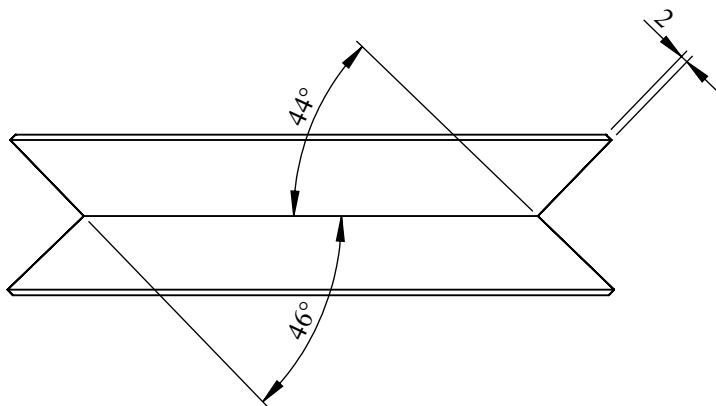
A

B

C

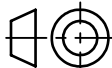
D

E



3 SMAW E 6011

				Tolerancia:	Peso:	Materiales:			
				±1	0,060 Kg	Acero ASTM A36			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
			Dibujó:	22/09/22	Cisneros C, Salinas A			Soporte bajo	1:2
			Revisó:	22/09/22	Ing. Peña F, MSc.				
				Aprobó:	22/09/22	Ing. Peña F, MSc.			
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo:	30 de 33		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)			



1

2

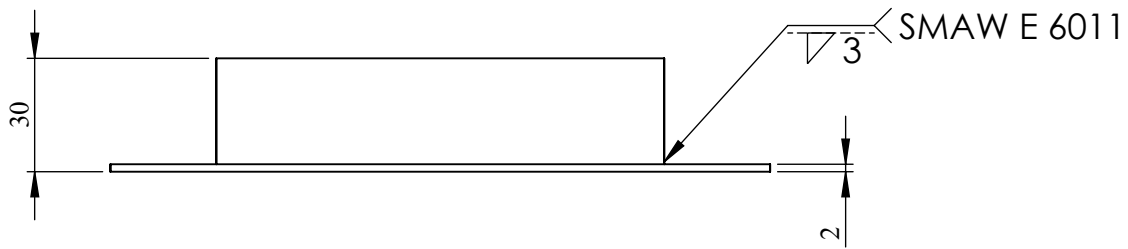
3

4

A

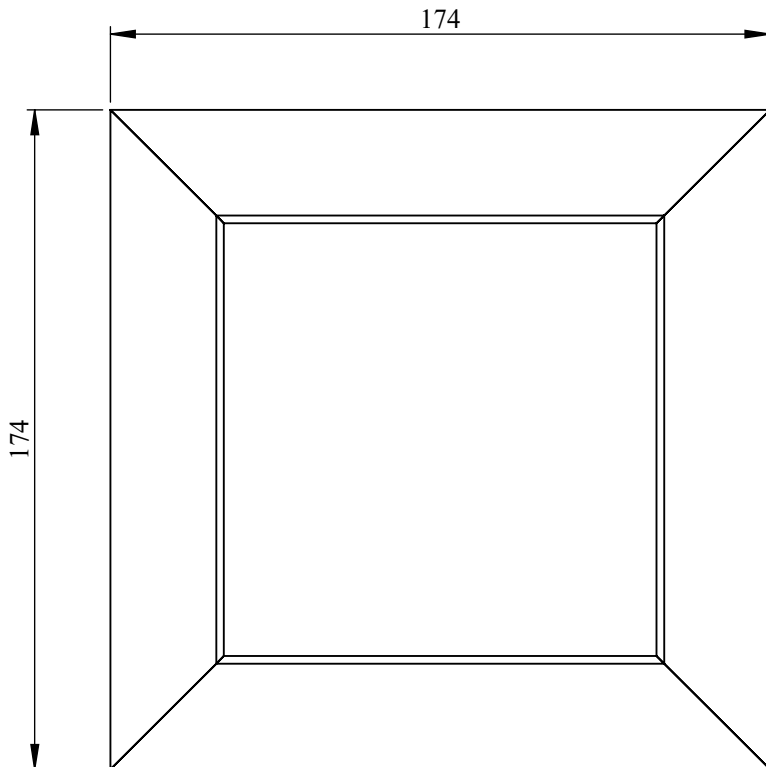
N7

B



C

174

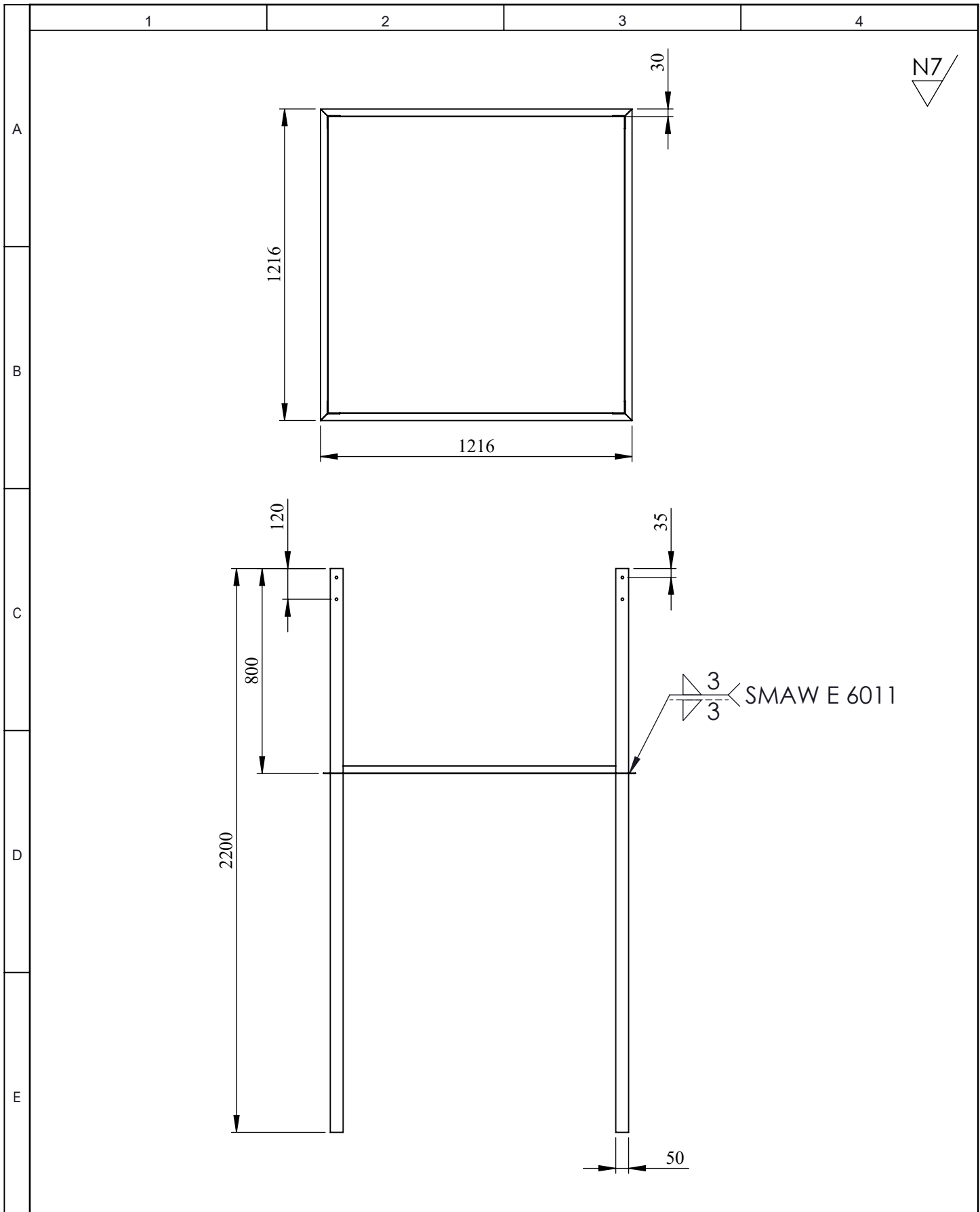


D

174

E

				Tolerancia:	Peso:	Materiales:	
				±1	0,060 Kg	Acero ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dibujó:	22/09/22	Cisneros C, Salinas A	
				Revisó:	22/09/22	Ing. Peña F, MSc.	
				Aprobó:	22/09/22	Ing. Peña F, MSc.	Escala:
				UTA Ingeniería Mecánica			
				Número del dibujo:			31 de 33
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			



N7

				Tolerancia:	Peso:	Materiales:	
				±1	3.820 Kg	Acero ASTM A36	
				Dibujó:	Fecha	Nombre	Denominación:
				22/09/22	22/09/22	Cisneros C, Salinas A	
				Revisó:	22/09/22	Ing. Peña F, MSc.	
				Aprobó:	22/09/22	Ing. Peña F, MSc.	Escala:
				UTA Ingeniería Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Número del dibujo:			
				32 de 33 (Sustitución)			

1

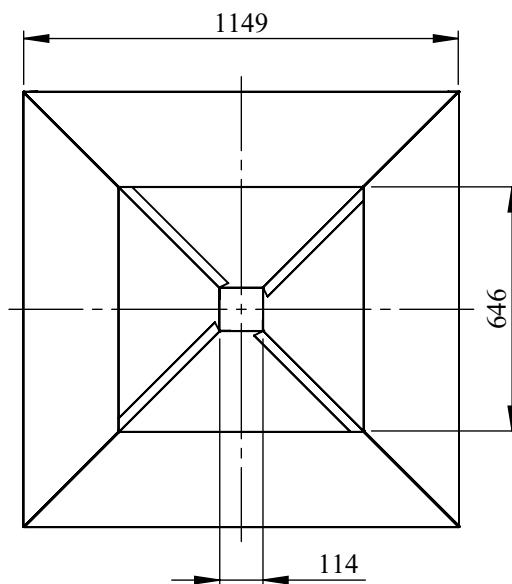
2

3

4

A

N12

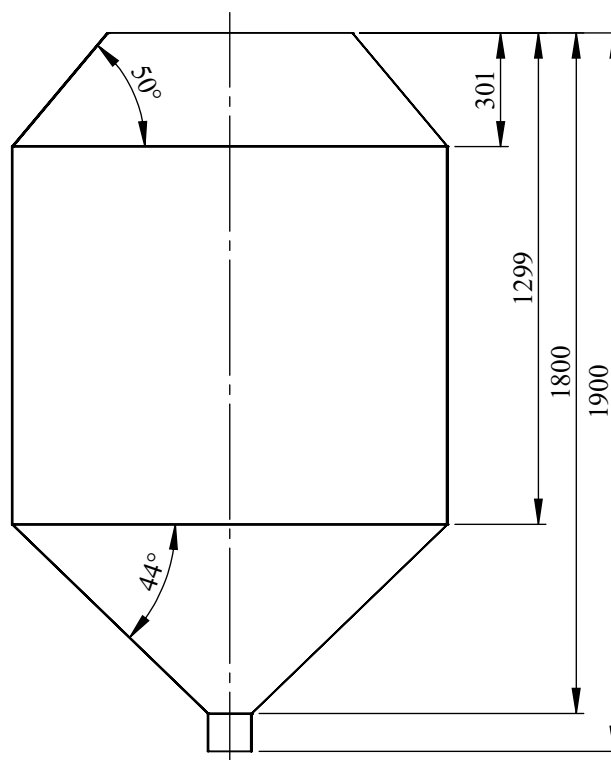


B

C

D

E



Tolerancia:

Peso:

Materiales:

 ± 1

56,650 Kg

Acero ASTM A653

Fecha

Nombre

Denominación:

Escala:

Dibujó: 22/09/22

Cisneros C, Salinas A

Tolva

1:20

Revisó: 22/09/22

Ing. Peña F, MSc.

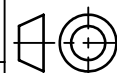
Aprobó: 22/09/22

Ing. Peña F, MSc.

UTA
Ingeniería Mecánica

Número del dibujo: 33 de 33

(Sustitución)



Edición

Modificación

Fecha

Nombre