	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA LA FABRICACIÓN DE AREPAS

Autores:

Estevinson Arley Castaño Sánchez
Alex Andrés Gallego Giraldo

Proyecto para optar al título de Ingeniero Electromecánico

Director del trabajo de grado:

Luis Alfonso Loaiza Upegui
Msc.

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

FACULTAD DE INGENIERIA

MEDELLIN

2019

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto fue diseñar el proceso de fabricación de arepas de maíz, utilizando conceptos de ingeniería en el diseño de los equipos que forman parte de cada una de las etapas del proceso y la cantidad de arepas a producir generando mayores ingresos para el productor, aumentando la calidad del producto y cumpliendo las condiciones de salubridad exigidas por el gobierno colombiano.

Este proceso en la actualidad se realiza de forma rudimentaria en la gran mayoría de fábricas del departamento de Antioquia, generando pérdidas innumerables de materia prima (masa) y bajos ingresos, por no poseer los equipos idóneos para esta función.

La metodología empleada fue la siguiente: Primero se realizó un estudio detallado sobre las etapas del proceso de producción, las cuales son: cocción, molienda, conformado y precocido. Luego se establecieron los criterios para el diseño de cada uno de los equipos utilizados en las diferentes etapas del proceso de fabricación basados en los conocimientos durante la ingeniería y fundamentalmente en las materias de diseño mecánico y resistencias de materiales.

Con la fabricación de los componentes mecánicos se espera mejorar la productividad, la calidad del producto e incrementar la seguridad del personal.

Palabras claves: molienda, cocción, producción, productividad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

A nuestros familiares que siempre estuvieron a nuestro lado apoyándonos, brindándonos su amor incondicional y paciencia, formando parte del camino recorrido para lograr esta anhelada meta.

Finalmente, a Dios y a nuestros compañeros que, como un buen equipo, forjamos nuestro rumbo para llevar a cabo los objetivos propuestos, aprendimos de los errores y aprendimos a hacer las cosas de la mejor manera posible, para ser profesionales íntegros que le aporten a la sociedad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRONIMOS

A_b = área proyectada del elemento (m²)

σ_y = esfuerzo de fluencia del material (Mpa)

σ' = esfuerzo de Vonn-Mises (Mpa)

σ_1 : esfuerzo principal máximo (Mpa)

σ_3 : esfuerzo principal mínimo (Mpa)

I = momento de inercia (m⁴)

V = fuerza cortante paralela al área (N)

$T_{\text{máximo}}$ = cortante o radio del círculo de Mohr (Mpa)

S_y = resistencia de fluencia del material (Mpa)

N = factor de seguridad

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	9
1. OBJETIVOS	10
1.1 Objetivo general	10
1.2 Objetivos específicos	10
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Historia de las arepas.....	11
2.2 La arepa en Colombia	11
2.3 Proceso de fabricación.....	12
2.4 Etapas del proceso.....	13
2.4.1 Cocción del maíz	13
2.4.2 Proceso de molienda.....	14
2.4.3 Conformado de la masa	18
2.4.4 Banda transportadora	19
3. METODOLOGÍA	22
3.1 Formulas para los esfuerzos producidos.....	22
3.2 Teoría de cortante máximo.....	26
3.3 Teoría de energía distorsión o Vonn-Mises.....	26
Donde:	28
3.4 Formulas para los sistemas de transmisión de potencia	28
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1. Características de la materia prima	31
4.1.2 Tipos de molinos	32
4.1.3 Molino fricción.....	34
4.2 Diseño del molino de fricción.....	35
4.2.1 Dimensiones del tanque para el molino.....	35
4.2.2 Características a considerar para el transporte de material	37

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2.3 Tamaño del tornillo	39
4.2.4 Consideraciones para el diseño del tornillo	39
4.2.6 Resultados preliminares del diseño:	40
4.2.7 Potencia requerida.....	43
4.2.8 Selección del motor impulsor	45
4.2.9 Análisis de esfuerzos en el tornillo.....	46
4.2.10 Diseño del agitador de mezcla.....	48
4.2.11 Planos y componentes eléctricos.....	57
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	59
6. REFERENCIAS.....	60
4.3 Cotizaciones del Diseño	62

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de Fabricación de Arepas.	12
Figura 2. Ollas de cocción de maíz.	13
Figura 3. Cocción de maíz en agua.	14
Figura 4. Vista de molino de tornillo sinfín con mezclador.....	14
Figura 5. Primeros molinos de grano que funcionaban con agua.....	15
Figura 6. Principio de molienda de los molinos.	15
Figura 7. Molino de grano de disco manual.....	16
Figura 8. Molino de rodillos.	16
Figura 9. Molino de martillos.	17
Figura 10. Molino de bolas.....	17
Figura 11. Proceso de troquelado o conformado de la arepa.	18
Figura 12. Esfuerzos normales.	23
Figura 13. Esfuerzo de aplastamiento.	23
Figura 14. Esfuerzos cortantes.....	24
Figura 15. Esfuerzo de flexión.	24
Figura 16. Formación del esfuerzo de flexión.	24
Figura 17. Esfuerzo de torsión.....	25
Figura 18. Distribución del esfuerzo cortante.....	25
Figura 19. Teoría de cortante máximo.	26
Figura 20. Teoría de Energía de Distorsión o Vonmises.	27
Figura 21. Molino de Fricción, a) molino de un solo disco, b) molino de doble disco.	34
Figura 22. Tornillo de transporte y molienda.	34
Figura 23. Mezclador.	35
Figura 24. Dibujo de las dimensiones en mm del tanque (solid Edge ST10).	36
Figura 25. Área de relleno de un tornillo de transporte.....	40
Figura 26. Motoreductor impulsor del tornillo de transporte.....	45
Figura 27. Tornillo de transporte diseñado.	47
Figura 28. Diseño de acople motorreductor y tornillo.	47
Figura 29. Isométrico del tornillo transportador diseñado.....	48
Figura 30. Dibujo del diseño del agitador del molino.....	49
Figura 31. Vista superior del Molino con el Mezclador.	50
Figura 32. Isométrico del molino de maíz para arepas.....	53
Figura 33. Vista de corte del molino.....	54
Figura 34. Plano eléctrico de control y potencia.....	57

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Densidad de un grano de maíz.....	31
Tabla 2. Densidad del agua a diferentes temperaturas.....	32
Tabla 3. Características de molinos disponibles.....	33
Tabla 4. Criterios de selección del molino a utilizar.	33
Tabla 5. Tipo y características de la hélice del tornillo según material a transportar.....	38
Tabla 6. Diámetro del tornillo (eje + hélice), según velocidad de trabajo en rpm.....	39
Tabla 7. Coeficiente de relleno según tipo de carga.	40
Tabla 8. Coeficiente i de disminución de transporte de material según el ángulo de inclinación del Canalón.	42
Tabla 9. Coeficiente de Resistencia en función del Material.	44
Tabla 10. Factores de servicio para cadenas.....	50
Tabla 11. Cadena N. 50 Seleccionada.	51
Tabla 12. Cadena seleccionada para el sistema de transmisión motorreductor-tornillo de transporte. ..	55
Tabla 13. Listado de componentes mecánicos	69

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

INTRODUCCIÓN

Cada cultura o región tiene sus gustos gastronómicos y el departamento de Antioquia no es la excepción. La gran mayoría de Antioqueños consume al desayuno arepa de maíz, esto ha impulsado que muchos de sus habitantes vean como una forma de sustento su fabricación. En el departamento existen innumerables empresas dedicadas a su fabricación y comercialización, pero gran parte de estas trabajan de forma artesanal o con equipo no adecuados para su producción ocasionándoles pérdidas económicas haciendo que el negocio no se tan rentable.

En este trabajo se realizó el diseño de una máquina para la fabricación de arepas, fundamentado en los conocimientos adquiridos durante la ingeniería, principalmente en materias como resistencia de materiales, diseño mecánico y control. El objetivo principal fue mejorar el proceso de fabricación, disminuyendo las pérdidas de material y mejorar los ingresos de las personas dedicadas a esta labor.

El trabajo está dividido en cinco capítulos: El primero es la introducción, donde se habla o da una pequeña introducción al problema a resolver, como se piensa resolver y los beneficios que se obtendrán. En el siguiente capítulo se realizó una investigación detallada de las etapas del proceso como de los equipos utilizados en cada una de estas.

En el tercer capítulo se habla de la metodología utilizada, con la cual se logró el objetivo general que era diseñar una máquina para la producción de arepas de maíz y se menciona cada una de las actividades realizadas para alcanzarlo. También se referencian los principios para su diseño y las fórmulas utilizadas para calcular sus variables fundamentales.

En el capítulo cuatro se muestran los resultados obtenidos en el diseño, tales como: dimensiones de los equipos, materiales con los cuales serán fabricados, características de funcionamiento, costos de fabricación, entre otros. Por último, se realizan análisis donde se comparan los resultados obtenidos en función del tamaño de los equipos y de la cantidad de arepas a producir.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Diseñar una máquina de fabricación de arepas de maíz

1.2 Objetivos específicos

- Realizar un estudio profundo de las diferentes etapas que conforman el proceso de elaboración de arepas y de los componentes que intervienen en su elaboración.
- Proponer soluciones y seleccionar la mejor opción para diseñar un molino de maíz, utilizando una matriz de filtrado y evaluación.
- Seleccionar y dimensionar los componentes mecánicos, eléctricos y de control del molino de maíz; además elaborar los planos de fabricación de la parte mecánica y eléctrica.
- Elaborar el informe final y realizar el presupuesto del proyecto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Historia de las arepas

El consumo de maíz en el mundo presenta índices muy elevados y tiene inicios desde hace por lo menos 7000 años, comenzando con tribus indígenas como los Incas, Mayas y Aztecas que molían el maíz con los dientes para realizar diferentes alimentos y bebidas.

La arepa era el pan de nuestros indígenas de los Andes. Su agricultura era fundamentada en la siembra de maíz; este fue traído de Mesoamérica unos dos mil años antes de cristo e inclusive Jesucristo ofrecía pan a sus discípulos en la comunión; se dice que cuando los españoles encontraron América, calmaron su hambre con cazabe de yuca y pan de maíz (Bejarano, 2001). Algunos pensadores como Marco Fidel Suarez piensan que el nombre de arepa proviene del vocablo indígena erepa dado por las tribus cumanagotas del caribe.

Algunos historiadores dicen que Simón Bolívar prefería la arepa que el pan proveniente de Europa, pero otros como Pablo Morillo, conocido como el pacificador, decía que la arepa solo era para los estómagos de los negros y para las aves.

2.2 La arepa en Colombia

En muchas regiones del territorio colombiano se consume arepa: en la costa Atlántica se elabora la arepa de huevo, en Antioquia se consuman de maíz blanco y amarillo preferiblemente sin sal, en el Valle del Cauca se han consumido con sal, queso, mantequilla, delgadas o gruesas. En total se tienen 71 tipos de arepas a nivel nacional (Rodriguez, 2015).

En el departamento de Antioquia la arepa es el pan de cada día y símbolo de una cultura tradicionalista. La arepa Antioquia por excelencia no constituye en sí misma un plato, sino el acompañamiento ideal de otros sabores igualmente representativos, como el de los frisoles.

Pero no todas las arepas antioqueñas son de maíz blanco, también las hay de granos amarillos y dulces, como la de chόcolo (maíz tierno). Estas también pueden estar rellenas con chorizo, carne asada, huevos

revueltos o lo que el país quiera; otra variedad de arepa es la de tela o arepa plana, celestial con el chocolate (Rodríguez, 2015).

2.3 Proceso de fabricación

El proceso de fabricación de la arepa empieza con la cocción del grano de maíz, este puede ser blanco o amarillo, el cual es hervido en agua durante determinado tiempo, hasta que se forma una especie de pasta. Luego esta pasta es llevada al molino para su molienda, generando una especie de masa, la cual es amasada para darle uniformidad. Posteriormente es vaciada en moldes y luego asada preferiblemente al carbón, pero con el cambio de los tiempos y el aumento de la cobertura se han desarrollado diferentes formas de producción, ver figura 1.

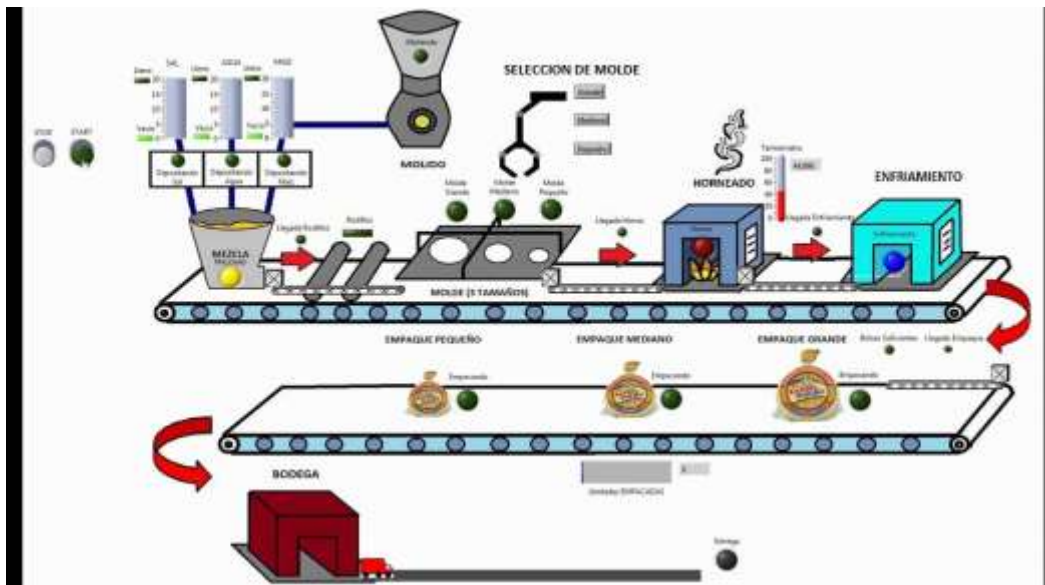


Figura 1. Proceso de Fabricación de Arepas.
Fuente: (Melo, 2016).

Existen muchas formas de preparar la arepa en Colombia y cada una representa la cultura de todos los rincones del país, pero las más conocidas son las siguientes comunes según las tendencias gastronómicas (FERNÁNDEZ, 2014):

- **Arepas costeñas:** Son típicas de la Costa Caribe, se comen fritas o azadas, generalmente como desayuno o comida rápida, y pueden ser acompañada con queso costeño. También pueden ser endulzadas con melaza de panela o azúcar y con anís.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **En el Cesar** se preparan las arepuelas, arepas dulces a cuya masa se le adiciona leche.
- **En la Guajira** se preparan con el maíz chichiguare o carriaco que les da su característico color morado.
- La más representativa de las arepas de la **Costa** es la arepa de huevo, originaria de Luruaco, Atlántico.
- **Arepas paisas:** Son típicas de la región paisa y se sirven solas o rellenas con algún ingrediente. Existe la arepa de maíz blanco (Arepa blanca, se prepara sin sal y se sirve sin relleno para acompañar cualquier comida), de chócolo, la de arriero (de maíz trillado remojado en agua por varios días) y la de mote (preparada sin retirarle el afrecho al maíz).

2.4 Etapas del proceso

2.4.1 Cocción del maíz

La primera etapa consiste en la cocción del maíz, este se realiza en ollas de gran tamaño, en las cuales se depositan los granos de maíz con cierta cantidad de agua y se deja hervir hasta que la mezcla tenga una consistencia pastosa, ver figura 2.



Figura 2. Ollas de cocción de maíz.
Fuente: (Melo, 2016).

Esta mezcla con forma pastosa se logra después de hacer hervir la mezcla de agua y maíz durante unos 80 minutos, ver figura 3.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 3. Cocción de maíz en agua.
Fuente: (Rareseeds, 2018).

2.4.2 Proceso de molienda

Luego de hervir el agua, esta mezcla se lleva al molino encargado de moler los granos de maíz y darle uniformidad a la mezcla mediante unas aspas, ver figura 4.

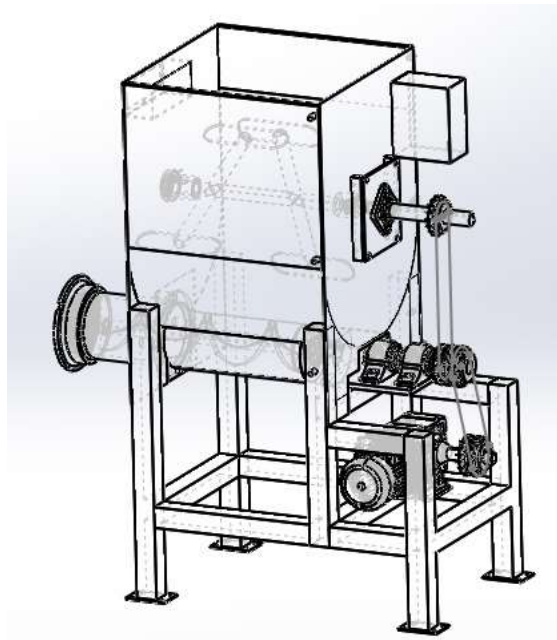


Figura 4. Vista de molino de tornillo sinfín con mezclador.
Fuente: (Propia).

Existen varios tipos de molinos para granos. Se dice que el primer molino de la historia se creó en Cabiera Asia menor en el año 71 A.C, el cual funcionaba con agua. Estos antiguos molinos de agua poseían ruedas de paletas horizontales, conectadas por un eje a una piedra de molino llamada corredera la cual giraba contra una piedra estática, poseía una gran desventaja porque la velocidad de giro dependía de la velocidad de la corriente del río, ver figura 5. Estos sistemas solo se podían instalar en lugares donde existieran montañas con ríos de corriente rápida.

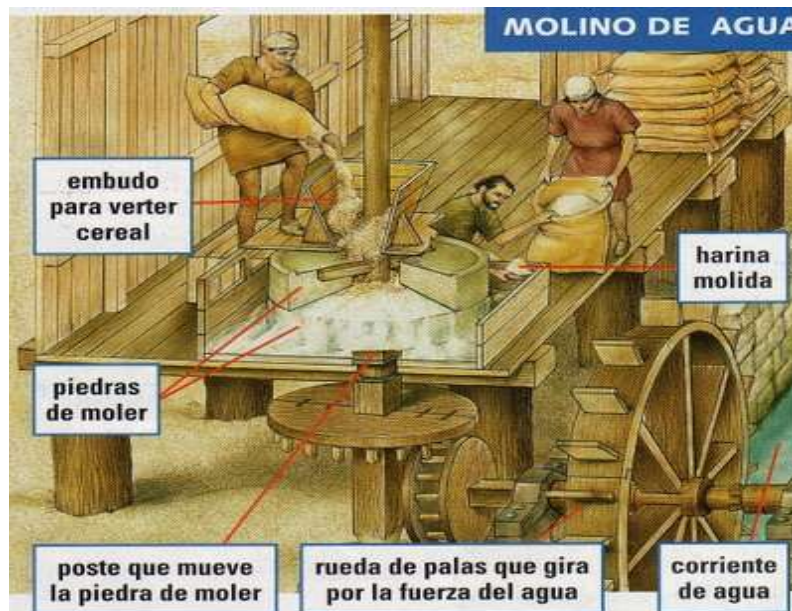


Figura 5. Primeros molinos de grano que funcionaban con agua.
Fuente: (Acevedo, 2013).

En la actualidad existen diferentes tipos de molinos para granos, lo cual depende de la técnica de molienda: trituración o de impacto. Los de trituración más conocidos son los de disco, tornillo, bolas y los de impacto más conocidos son los de martillos o pines (Cordova, 2012), ver Figura 6.



Figura 6. Principio de molienda de los molinos.
Fuente: (Cordova, 2012).

A continuación, se muestran los diferentes tipos de molinos existentes en la actualidad, el más común es el molino de tornillo, ver Figura 7.

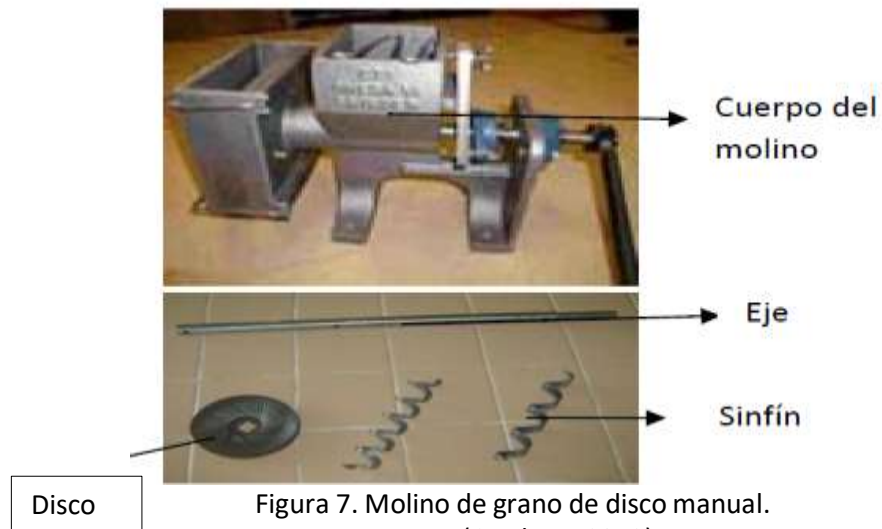


Figura 7. Molino de grano de disco manual.
Fuente: (Cordova, 2012).

Estos tipos de molinos son los más utilizados en los hogares, pero existen también los molinos de rodillos, ver figura 8.

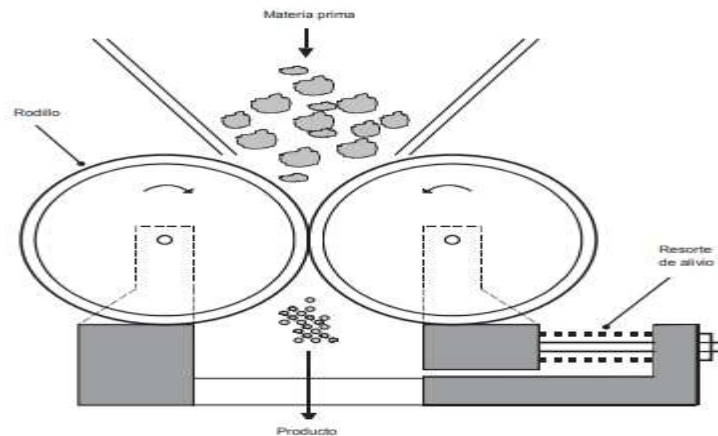


Figura 8. Molino de rodillos.
Fuente: (Barreno, 2015).

Estos tipos de molinos cuentan con dos o más rodillos de acero que giran en sentidos contrarios, en los cuales los granos quedan atrapados y son obligados a pasar por ellos, siendo triturados y sometidos a esfuerzos de cizalladura (Dialnet, 2008).

En la Figura 9, se puede apreciar un tornillo de martillos, los cuales forman parte de los molinos de impacto, los cuales son muy comunes en la industria alimenticia. Este equipo posee un eje rotatorio que gira a gran velocidad, posee un collar con varios martillos en su contorno, encargados de reducir el tamaño del material debido a las fuerzas de impacto (Barreno, 2015).

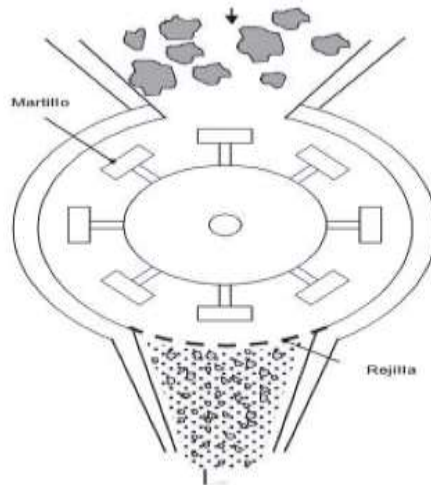


Figura 9. Molino de martillos.
Fuente: (Barreno, 2015).

En la Figura 10 se muestra un molino de bolas. Estos molinos poseen un tambor giratorio horizontal que se mueve a poca velocidad y en cuyo interior se encuentra una cierta cantidad de bolas en acero. A medida que el cilindro gira, estas bolas suben por las paredes del cilindro y caen sobre el material a triturar (Dialnet, 2008).

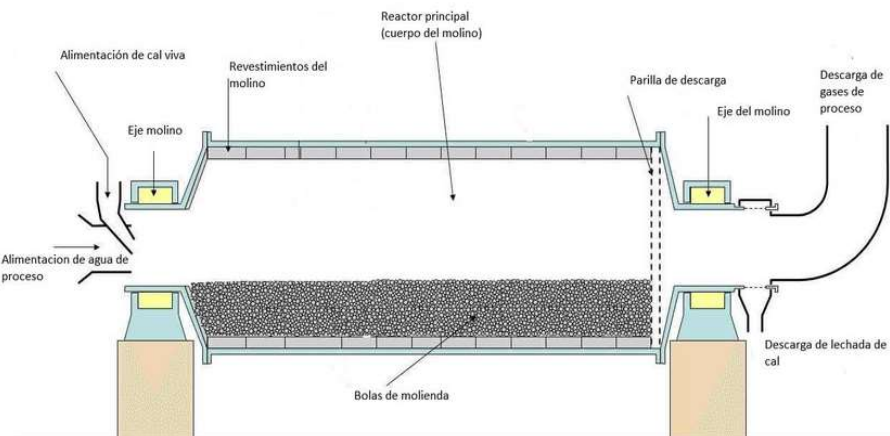


Figura 10. Molino de bolas.
Fuente: (Barreno, 2015).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.4.3 Conformado de la masa

Se denomina troquelado o conformado a la operación mecánica que se utiliza para realizar agujeros en chapas de metal, laminas plástica, papel o cartón. Para realizar esta labor se utiliza desde mecanismos simples de operación manual hasta sofisticadas prensas de acción automática.

Para este proceso se utiliza un software para evitar desperdicio de material, además de ser un proceso sin fabricación de viruta (Americarumo, 2010). Este troquelado y corte generalmente siempre se realiza en frío. Para procesos de alta producción, normalmente se utiliza un punzón encargado de separar la pieza de fabricación de la materia prima, ver figura 11.



Figura 11. Proceso de troquelado o conformado de la arepa.
Fuente: (Americarumo, 2010).

Existen 2 tipos básicos de troquelado: el troquelado plano y el rotativo; el primero se realiza en un perfil plano y posee comúnmente una base metálica y su movimiento es perpendicular a la plancha para un corte más preciso. En el rotativo el troquel es cilíndrico y la base opuesta se debe estar hecha de un material flexible, este proceso es continuo pero el corte no es tan preciso (Wikipedia, 2011).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.4.4 Banda transportadora

Uno de los sistemas de transporte continuo más utilizados son las bandas, las cuales garantizan un suministro continuo de materia prima. Son muy utilizadas en la industria agraria, minera, alimenticia y en cualquiera que se fabriquen productos en grandes cantidades. Algunas de las razones por las cuales son utilizadas son las siguientes (Madrid, 2017):

- La gran distancia a la que puede efectuarse el transporte de material, ya sea como una sola cinta o con varias, una a continuación de otras.
- Su facilidad de adaptación al perfil del terreno.
- Su gran capacidad de transporte de carga.
- La posibilidad de transportar materiales muy variados en clase y granulometría.

El sistema de transporte correcto está justificado por la banda que transporte mayor cantidad de material al menor costo de operación. Para esto se tiene en cuenta variables fundamentales como: ancho de banda, velocidad, capacidad, altura, distancia entre centros, material a transportar, máquina impulsora (Ramirez, 2017).

Las bandas de transporte continuo son muy utilizadas en la industria, tanto para el transporte de cargas aisladas o bultos, como para materiales a granel. El procedimiento consiste en una cinta sin fin más o menos flexible, accionada por un motor, sobre la que se transportan las cargas de forma horizontal y con cierta inclinación.

Otras razones por las cuales las cintas o bandas transportadoras gozan de un lugar privilegiado al momento de seleccionar un sistema de transporte, son las siguientes:

- Marcha suave y silenciosa.
- Posibilidad de realizar la descarga en cualquier punto de su trazado.
- Posibilidad de desplazamiento de las mismas ya sea en trayectorias fijas y horizontales o en movimiento de vaivén.

2.4.4.1 Tipos de transportadores.

Entre los diferentes tipos de transportadores se encuentran los siguientes:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Fajas transportadoras.
- Elevadores o transportadores de cangilones.
- Tornillo sin-fin.
- Transportadores neumáticos.
- Transportadores por gravedad (USMP, 2019).

2.4.4.2 Partes fundamentales.

El transportador de banda consta de una banda sin fin que es el elemento portador del transportador; de la estación accionadora que pone en movimiento el tambor impulsor; de la estación tensora, con el tambor tensor extremo y el dispositivo tensor; de los rodillos de apoyo en los ramales de trabajo y libres de la banda (en algunos casos, en lugar de los rodillos de apoyo se emplea un revestimiento continuo de madera o metálico). Además, se necesitan dispositivos de carga y descarga, tambores desviadores y dispositivos para limpiar la banda. Todos los elementos del transportador van montados en un bastidor metálico.

2.4.4.2.1 Tambores.

En los transportadores de banda se distinguen tambores accionadores y tensores o de reenvío.

2.4.4.2.2 Accionadores.

La cinta es arrastrada por uno de los tambores extremos accionado a su vez por un motor. La transmisión del movimiento se consigue por adherencia entre la banda y el tambor.

2.4.4.2.3 Tensores.

Son necesarios para poder tensar las bandas. Mediante un desplazamiento de estos tambores que van montados en el extremo opuesto a aquel donde se instala el tambor de accionamiento, se consigue un

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

tensado que tiene como misión facilitar el retorno de la banda, una vez que ha realizado el recorrido de trabajo.

2.4.4.2.4 Rodillos de apoyo.

Para que la banda no se combe bajo la influencia del propio peso y de la carga, entre los tambores se colocan rodillos de apoyo, pudiendo ser rodillos de ejes horizontales o rodillos formando artesa.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

Inicialmente se realizó una investigación sobre el proceso de fabricación de las arepas, comprobando que existían 3 etapas fundamentales: molienda, conformado y precocido; se enfatizó sobre las variables que controlan cada uno de estos, como también los equipos utilizados. Esta información se obtuvo de internet, artículos de revistas, tesis de grado y patentes.

Luego con la información obtenida, se plantearon las posibles soluciones que se le pueden dar al proceso de molienda. En este proceso se tuvo en cuenta las características de la materia prima a moler a la hora de escoger el molino a diseñar, en este caso maíz, por eso se escogió un molino de tornillo que es el más indicado según la información encontrada. Sus aspas estarán ubicadas de forma horizontal, la cantidad de estas dependerán de lo fino del material resultante y el motor a utilizar quedando definido por la cantidad de masa a moler por día.

Después de obtener los resultados de la matriz de ponderación creada, se procedió a realizar el diseño de cada uno de los componentes del molino de maíz fundamentados en los conocimientos adquiridos durante la ingeniería y más específicamente en las materias de resistencias de materiales, diseño mecánico y control. Para esto se utilizaron fórmulas de los libros de Diseño de Elementos de Máquinas de Robert Mott y el libro de resistencia de materiales de Beer Johnston 6 edición.

3.1 Formulas para los esfuerzos producidos

La mayoría de elementos en la vida diaria están sometidos a una combinación de esfuerzos.

A continuación, se describen algunas de las fórmulas utilizadas para el diseño de los equipos:

Esfuerzo normal (σ): es el esfuerzo al que están sometidos los elementos debido a cargas axiales de tensión o en dirección del eje del elemento, estas son unidades de fuerza sobre unidades de superficie o área. N/m^2 o pascales. Sin embargo, como los pascales son una unidad muy pequeña es frecuente usar Mpa (mega pascal) que equivale a 10^6 pascales o $1 N/m^2$. Ver figura 12.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

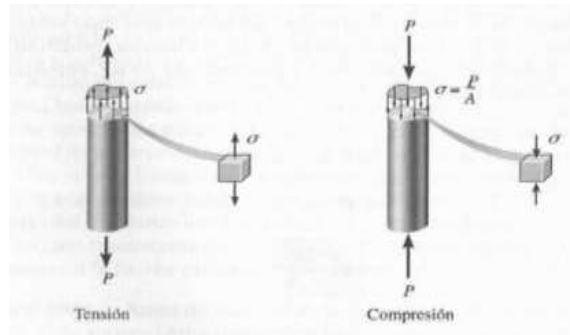


Figura 12. Esfuerzos normales.
 Fuente: (Hibbeler, 2006).

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 1}$$

F = fuerza de tensión (N)

A = área transversal del elemento o perpendicular a la fuerza (m^2, in^2)

Esfuerzos de aplastamiento (σ_b): son los esfuerzos generados por cargas axiales de compresión en los elementos. Ver figura 13.

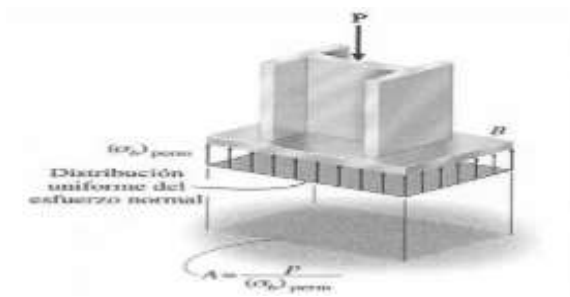


Figura 13. Esfuerzo de aplastamiento.
 Fuente: (Hibbeler, 2006).

$$\sigma_b = \frac{F}{A_b} \quad \text{Ecuación 2}$$

F = fuerza de compresión (N)

A_b = área proyectada del elemento (m^2, in^2)

Esfuerzos cortantes (T): son los esfuerzos generados en elementos sometidos a cizalladura o fuerzas en direcciones contrarias, comúnmente ocurre en pernos, remaches, pasadores y barras, ver figura 14.

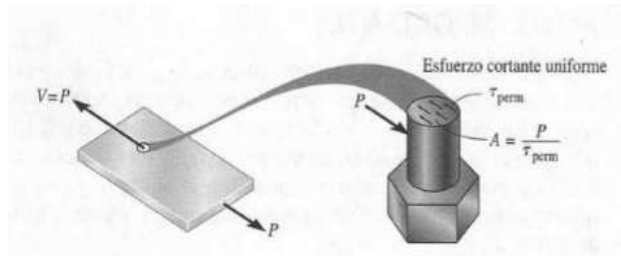


Figura 14. Esfuerzos cortantes.
Fuente: (Hibbeler, 2006).

$$\tau = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 3}$$

F= fuerza paralela al área de corte (N)

A= área paralela a la fuerza, si el elemento la sujeción es doble el área será el doble también Y soportara mayor carga. (m^2, in^2)

Esfuerzos normales por flexión (σ): son los esfuerzos generados por momentos flectores en los elementos, los cuales tienden a doblar el elemento, ocurren en vigas, barras, etc. ver figuras 15 y 16.

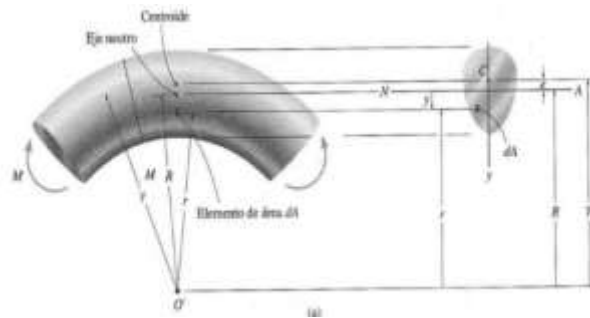
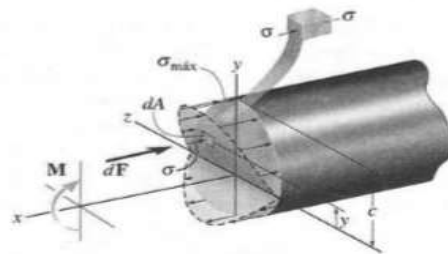


Figura 15. Esfuerzo de flexión.
Fuente: (Hibbeler, 2006).



Variación del esfuerzo de flexión

Figura 16. Formación del esfuerzo de flexión.
Fuente: (Hibbeler, 2006).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$\sigma = \frac{M \cdot C}{I} \quad \text{Ecuación 4}$$

M= momento flexionante o generado por una fuerza a cierta distancia del punto de análisis. Nm

C= distancia del eje neutro al punto de análisis. m

I= momento de inercia del elemento los cuales aparecen en una tabla dependiendo del tipo de figura. Kg^m²

Esfuerzos cortantes de torsión (T): son los esfuerzos cortantes generados por un torque que es aplicado al elemento, ver figura 17.

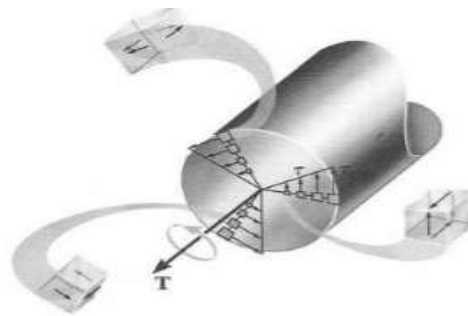


Figura 17. Esfuerzo de torsión.

Fuente: (Hibbeler, 2006).

$$\tau = \frac{T \cdot r}{J} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

T= torque al cual se somete el elemento (N.m)

C= distancia desde el centro al punto de análisis (m)

J= momento polar de inercia (m⁴)

Existe otro tipo de esfuerzo cortante, ver figura 18:

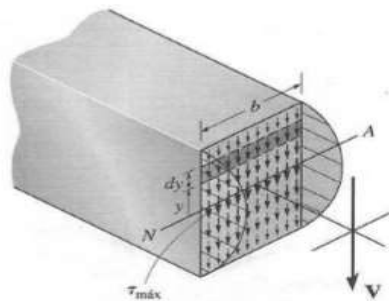


Figura 18. Distribución del esfuerzo cortante.

Fuente: (Hibbeler, 2006).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

V= fuerza cortante paralela al área (N)

Q= Área que está por encima del punto analizar multiplicada por el Y barra del área (m³)

I= momento de inercia de la figura completa (m⁴)

t= espesor del elemento (m)

3.2 Teoría de cortante máximo

La teoría de cortante máximo dice que un material empezara su fluencia cuando su esfuerzo cortante sea mayor que el esfuerzo cortante para el cual fue diseñado. Ver figura 19.

$$\tau_{\max} < \tau_d = \frac{0,5 S_y}{N} = \frac{s_y}{\sigma_1 - \sigma_3} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

$\tau_{\text{máximo}}$ = cortante o radio del círculo de Mohr (Mpa)

S_y = resistencia de fluencia del material (Mpa)

N= factor de seguridad

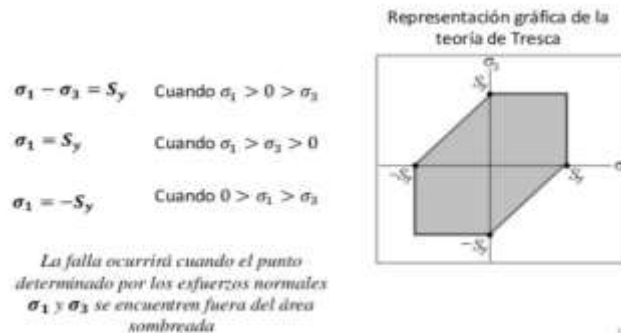


Figura 19. Teoría de cortante máximo.

Fuente: (Mott, 2006).

3.3 Teoría de energía distorsión o Vonn-Mises

La teoría de Von-Mises predice que la falla ocurrirá cuando el mayor de los esfuerzos principales sea mayor que el esfuerzo (σ') o esfuerzo de Von-Mises.

$$\sigma' < \sigma_d = \frac{\sigma_y}{N} \quad \text{Ecuación 8}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

σ_y = esfuerzo de fluencia del material (Mpa)

N = factor de seguridad

σ' = esfuerzo de Von-Mises (Mpa)

Para el esfuerzo de Von-Mises hay tres fórmulas dependiendo del estado de esfuerzos al cual estará sometido el material, ver figura 20.

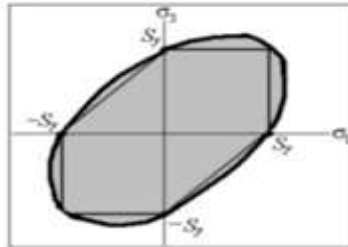


Figura 20. Teoría de Energía de Distorsión o Vonn-mises.
Fuentes: (Mott, 2006).

El esfuerzo de Von-Mises se calcula con las siguientes formulas:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 * \sigma_2}$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

Si existen esfuerzos principales en las tres direcciones σ_1, σ_2 y σ_3

$$\sigma' = \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right) \sqrt{[(\sigma_2 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_2)^2]}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Donde:

σ' : esfuerzo de Von-Mises (Mpa)
 σ_1 : esfuerzo principal máximo (Mpa)
 σ_3 : esfuerzo principal mínimo (Mpa)

3.4 Formulas para los sistemas de transmisión de potencia

Por economía, las transmisiones de potencia serán diseñadas con correas y cadenas y se utilizarán algunas de las siguientes formulas:

$$P_{\text{diseño}} = P_{\text{entregada}} * FS \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

P_d = potencia de diseño (hp o KW).

$P_{\text{entregada}}$ = potencia que entrega el motor que alimenta el sistema (hp o KW).

FS: factor de servicio, que depende de las horas de trabajo, lugar a trabajar y tipo de máquina a impulsar.

Se debe calcular la relación de transmisión (R_t) y la velocidad de la correa para calcular el diámetro de la polea impulsora:

$$R_t = \frac{w_1}{w_2} = \frac{D_{p2}}{D_{p1}} = \frac{Z_2}{Z_1} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

w_1 y w_2 = velocidades angulares a la entrada y salida del sistema (rpm)

D_{p2} y D_{p1} = diámetros de paso de las poleas conductora y conducida (in)

Z_2 y Z_1 = número de dientes cuando son piñones o catarinas

La velocidad lineal de la correa por recomendación debe estar en el siguiente rango de velocidades (Mott, 2006):

$$2500 \text{ ft/min} \leq V_l \leq 6500 \text{ ft/min}$$

Esta velocidad de la banda también se puede calcular con:

$$V_{\text{lineal}} = \frac{\pi * D_{p1} * \omega_1}{12} \quad \text{Ecuación 11}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

O una fórmula más general sería:

$$V_{lineal} = \omega_1 * rp_1 \quad \text{Ecuación 12}$$

La distancia entre centros debe ser la menor posible para evitar fenómenos de oscilación y la utilización de tensores, los cuales aumentan el costo del diseño; el siguiente paso es calcular la longitud de la banda o de la cadena (L), la cual se da en metros.

$$L = 2C + 1,57(Dp_2 + Dp_1) + \frac{(Dp_2 - Dp_1)^2}{4 * C} \quad \text{Ecuación 13}$$

Se recalcula el valor de C, primero se determina el valor de la constante B:

$$B = 4 * L - 6,28 * (Dp_2 - Dp_1) \quad \text{Ecuación 14}$$

La distancia entre centros (c) está en metros.

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32 * (Dp_2 - Dp_1)^2}}{16} \quad \text{Ecuación 15}$$

Por último, se calcula el ángulo de contacto (θ), siendo este los grados que la correa arroje a la polea, este debe ser mayor a 120°

$$\theta = 180 - 2 * \text{sen}^{-1} \left(\frac{Dp_2 - Dp_1}{2 * C} \right) \quad \text{Ecuación 16}$$

Para el torque transmitido será:

$$P = T * \omega \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

P= potencia (hp o kW)

T= torque transmitido (N.m o Lbf.ft)

ω = velocidad angular de la banda (rpm)

Después de realizar los cálculos y obtener los datos de cada uno de los equipos, se procede a realizar la selección de los demás componentes que harán parte del diseño como: rodamientos a utilizar, chavetas o elementos de sujeción. Para el proceso de precocido es indispensable una plancha con capacidad de 10 arepas, la cual es la encargada de darle estabilidad a la forma de la arepa y además alargar su vida útil,

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

esta plancha será muy convencional: en donde se cocine la arepa por un lado después se voltea para cocinarla por el otro, funcionara con gas que es más económico y por último se realizaron los planos de fabricación y un ensamble completo de la máquina utilizando el software SolidWorks, el cual también se utilizó para validar los cálculos de diseño.

Finalmente se realizaron alrededor de 3 cotizaciones para conocer el valor aproximado del costo de la máquina.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características de la materia prima

Las características promedio del maíz colombiano se pueden apreciar en la tabla 1.

Tabla 1. Densidad de un grano de maíz

PRODUCTOS AGRICOLAS SOLIDOS	DENSIDAD (kg/m ³)
Alfalfa, granos	750 - 800
Algodón, granos con su fibra	420
Algodón, granos no apretados	100 - 120
Arroz cáscara	500 - 630
Arroz, gavillas	80 - 120
Arroz blanqueado	800 - 850
Arroz de embarque (descascarado)	700 - 750
Avena	500 - 540
Cacahuete con cáscara para aceite	370 - 400
Cacahuete sin cáscara	600 - 620
Cacahuete con cáscara para consumo directo	270 - 300
Cacao (granos frescos)	900
Cacao (granos fermentados)	775
Cacao (granos secos)	635
Café (granos frescos)	620
Café comercial	715
Café (granos secos)	450
Cebada	550 - 690
Frijoles o habichuelas, granos	750 - 850
Guisantes	800 - 880
Lino	600 - 680
Maíz, granos	700 - 820
Maíz, mazorcas peladas	450
Malta	530 - 600
Mijo	700
Soja, granos	720 - 800

Fuente: (Fao, 2019).

De la tabla se toma una densidad promedio del grano de maíz seco:

$$\rho_{maiz} = \frac{820 + 700}{2} = 760 \frac{kg}{m^3}$$

Otras propiedades importantes:

- Maíz blanco y amarillo.
- Masa diaria a moler de 40 kg de maíz, necesitándose también 40 litros de agua, siendo esta la proporción promedio según los fabricantes de arepas de Antioquia.
- La densidad del agua a diferentes temperaturas se puede apreciar en la Tabla 2, la temperatura promedio del agua de Medellín es de 22 °C.

Tabla 2. Densidad del agua a diferentes temperaturas.

Presión externa: 1 atm = 101 325 Pa

Temperatura °C	Densidad kg / m ³	Temperatura °C	Densidad kg / m ³	Temperatura °C	Densidad kg / m ³
0 (hielo)	917,00	33	994,76	67	979,34
0	999,82	34	994,43	68	978,78
1	999,89	35	994,08	69	978,21
2	999,94	36	993,73	70	977,63
3	999,98	37	993,37	71	977,05
4	1000,00	38	993,00	72	976,47
5	1000,00	39	992,63	73	975,88
6	999,99	40	992,25	74	975,28
7	999,96	41	991,86	75	974,68
8	999,91	42	991,46	76	974,08
9	999,85	43	991,05	77	973,46
10	999,77	44	990,64	78	972,85
11	999,68	45	990,22	79	972,23
12	999,58	46	989,80	80	971,60
13	999,46	47	989,36	81	970,97
14	999,33	48	988,92	82	970,33
15	999,19	49	988,47	83	969,69
16	999,03	50	988,02	84	969,04
17	998,86	51	987,56	85	968,39
18	998,68	52	987,09	86	967,73
19	998,49	53	986,62	87	967,07
20	998,29	54	986,14	88	966,41
21	998,08	55	985,65	89	965,74
→ 22	997,86	56	985,16	90	965,06

Fuente: (Merle C. Potter, 2015).

4.1.2 Tipos de molinos

Los molinos más utilizados y sus características, se pueden ver en la Tabla 3, la cual sirve como base para la selección del molino a utilizar en el proceso.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 3. Características de molinos disponibles.

TIPO DE MOLINO	FUERZA	VARIABLES	CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO	ELEMENTOS MOLIENTES	APLICACION
MOLINO DE MARTILLO	Impacto y Cizalla	Velocidad de operación y alimentación, número de martillos, tamaño de grano.	Uso general Plato de ruptura Control de humedad para evitar aglomeraciones.	Martillos: lisos, colgantes, fijos, dentados y afilados.	Sólidos cristalinos duros, productos fibrosos.
MOLINO DE DISCOS	Cizalla	Separación entre los discos, velocidad de alimentación, mayor fuerza de cizalladura.	Discos de cizalla estirados y de dientes.	Reducción de sólidos, productos blandos y cristalinos.	Alginatos, pimientas, verduras deshidratadas, pectina.
MOLINO DE RODILLOS	Compresión y Cizalla	Velocidad de rotación de los rodillos y alimentación, separación entre los rodillos.	Dos o más rodillos de acero giran uno hacia el otro.	Lisos Estriados Corrugados	Molienda fina, intermedia, cascara de cacahuates o almidones.
MOLINO DE BOLAS	Impacto, cizalla y centrifugado	Velocidad de operación, alimentación y tiempo de molienda.	Molino giratorio, vibratorio, bolas grandes, fuerza de impacto, bolas pequeñas fuerza de cizalladura.	Bolas de acero Bolas de cerámica Piedras	Molienda fina y ultrafina, para alimentos duros y abrasivos.
MOLINO DE FRICCIÓN	Cizalla y compresión	Velocidad de rotación, separación entre discos, velocidad de alimentación.	Discos giratorios, grandes fuerzas de cizalladura y compresión.	Discos estriados, discos con orificios	Molienda fina y ultrafina, para alimentos blandos, granos.

Fuente: Propia.

El proceso consiste en moler el maíz después de ser cocido, creándose una mezcla blanda y fina, la cual influye en la calidad de la arepa a producir. Para la selección del molino, se utilizaron los siguientes criterios de evaluación establecidos en la tabla 4.

Tabla 4. Criterios de selección del molino a utilizar.

CRITERIOS	MOLINO DE MARTILLO	MOLINO DE DISCOS	MOLINO DE RODILLOS	MOLINO DE BOLAS	MOLINO DE FRICCIÓN
Espacio	Considerable	Moderado	Considerable	Considerable	Reducido
Costo	Alto	Moderado	Alto	Alto	Bajo
Eficiencia	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Mantenimiento	Alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo
Cantidad de Material a Moler	Alta	Considerable	Alta	Alta	Moderada

Fuente: Propia.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Según la Tabla 4, con los criterios de selección establecidos, se determinó que el molino más indicado para el proceso es un molino de fricción.

4.1.3 Molino fricción

Este molino tiene la capacidad de aprovechar el esfuerzo generado por cizalladura entre dos discos. El disco fijo posee orificios y es por donde sale la materia prima ya molida, también cumple la función de sellar herméticamente el sistema, ver figura 21.

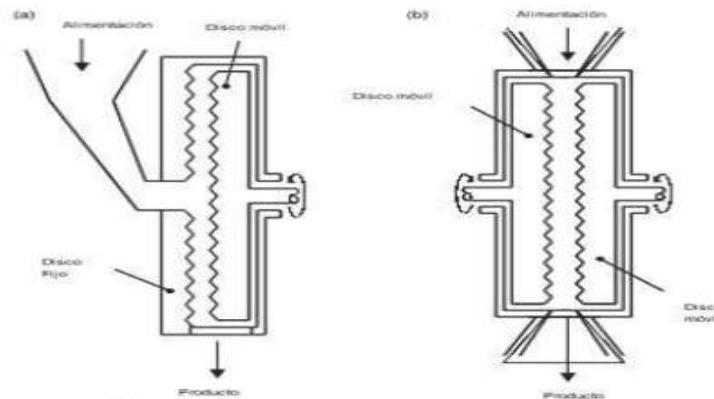


Figura 21. Molino de Fricción, a) molino de un solo disco, b) molino de doble disco.
Fuente: (Sanchez, 2015).

El otro disco gira constantemente y es el encargado de comprimir la materia contra el fijo, este posee partes sobresalientes que ayudan en el proceso de molienda. La materia prima llega al sistema de discos de forma axial por el centro del disco móvil y este tiene la capacidad de ser graduado dependiendo del tamaño final necesario de la materia prima (Perez, 2014). Esta materia prima es transportada por un tornillo helicoidal de hélice, ver figura 22.

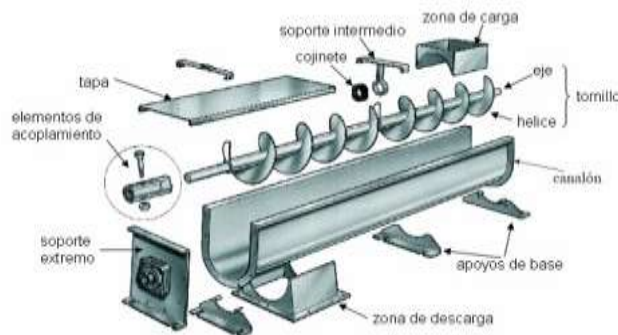


Figura 22. Tornillo de transporte y molienda.
Fuente: (Perez, 2014).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El tornillo también es el encargado de aplicar la primera molienda a la mezcla cocida, para luego transportarla hasta el sistema de discos, donde se realiza la segunda molienda; de manera conjunta, se utiliza un sistema de aspas encargado de homogenizar la mezcla al mismo tiempo que el tornillo la transporta, ver figura 23.

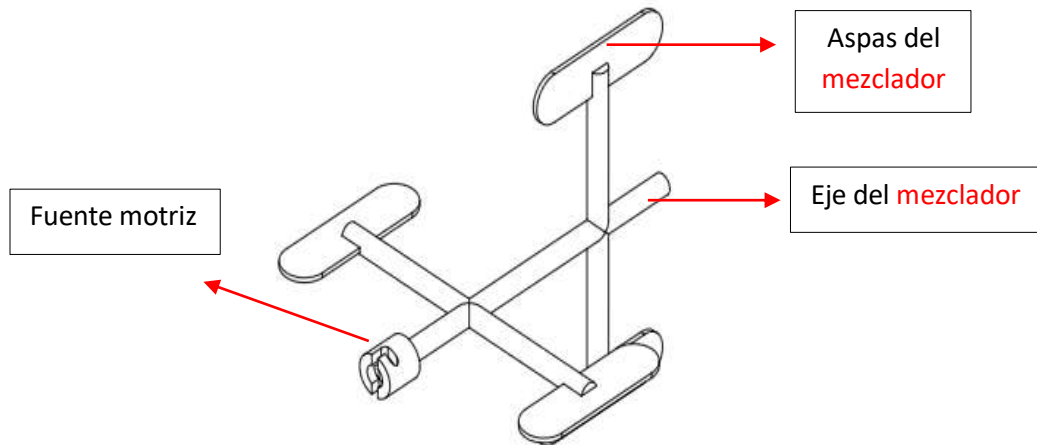


Figura 23. Mezclador.
Fuente: propia.

4.2 Diseño del molino de fricción

El diseño del molino de fricción se realizó en tres etapas: Primero, se diseñó y calculó las dimensiones del tanque de almacenamiento de la mezcla; segundo, se seleccionó y diseño el tornillo de transporte a utilizar y por último se diseñó el mezclador.

4.2.1 Dimensiones del tanque para el molino

Para la cocción de 40 kg de maíz, se necesitan 40 litros de agua, entonces la olla tiene que tener una capacidad:

$$\tilde{V}_{total} = \tilde{V}_{masa\ de\ maíz} + \tilde{V}_{agua} \quad \text{Ecuación 18}$$

El volumen que ocupa 40 kg de maíz es:

$$\tilde{V} = \frac{m}{\rho} \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

m: masa (kg)

\tilde{V} : volumen (m^3)

ρ : densidad del maíz es $997,86 \frac{kg}{m^3}$, sacada de la Tabla 2.

$$\tilde{V}_{masa\ de\ maiz} = \frac{40\ kg}{760\ \frac{kg}{m^3}} = 0,05263\ m^3$$

$$40\ Litros * \frac{1\ m^3}{1000\ Litros} = 0,04\ m^3$$

El volumen total es:

$$\tilde{V}_{total} = 0,05263\ m^3 + 0,04\ m^3 = 0,09263\ m^3$$

Las dimensiones del tanque son:

$$\tilde{V} = \text{ancho} * \text{alto} * \text{largo} \quad \text{Ecuación 20}$$

Las dimensiones del molino fueron obtenidas de molinos estándar vistos en las diferentes empresas (ver figura 24) dedicadas a su comercialización (Shavanna, 2014), pero teniendo en cuenta el volumen necesario para el proceso, utilizando la ecuación 20, las dimensiones del tanque en mm fueron las siguientes:

$$\tilde{V} = 500\ mm * 506\ mm * 641\ mm = 162173000\ mm^3\ o\ 0,162173\ m^3$$

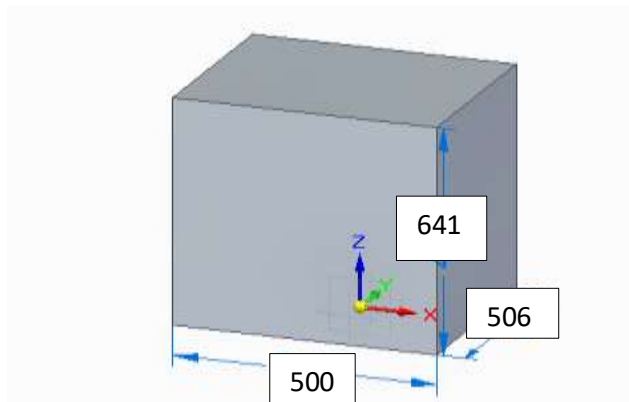


Figura 24. Dibujo de las dimensiones en mm del tanque (solid Edge ST10).

Fuente: Propia.

Se diseñó un tanque con el doble de sus dimensiones pensando en posibles aumentos de la producción.

El volumen total es $0,095\ m^3$ y su equivalente en masa es:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$m_{total} = m_{maiz} + m_{agua} \quad \text{Ecuación 21}$$

El volumen de agua de 0,04 m³ posee una masa:

$$m = \rho * \tilde{V}$$

Entonces la masa se calcula utilizando la ecuación 2:

$$m = 997,86 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,04 \text{ m}^3 = 39,9144 \text{ kg}$$

$$m_{total} = 40 \text{ kg} + 39,9144 \text{ kg} \cong 80 \text{ kg} \quad \text{Masa a moler/día}$$

Para saber la cantidad de arepas producidas con esta masa, se procedió a pesar una arepa maíz, marca Don maíz, encontrando un peso promedio de 90 gr/arepa.

$$N_{arepas} = \frac{80000 \text{ gr}}{90 \text{ gr}} = 888,88 \text{ arepas}$$

4.2.2 Características a considerar para el transporte de material

Para la selección y diseño del tornillo transportador, se consideraron varios parámetros existentes en la información encontrada (Odar, 2014):

- Clase y característica del material a ser manejado, tales como: tamaño, fluidez, abrasividad, etc.
- El peso específico del material (lb/ft³).
- El flujo volumétrico manejado por el molino esta dado en ft³/h o en m³/h.
- Tamaño máximo de los trozos, tamaño promedio del material y porcentaje de trozos en el volumen total, porque esto puede aumentar la fricción del sistema y por lo tanto se necesitaría mayor potencia.
- Longitud del transportador en pies o metros.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2.2.1 Clasificación del material a transportar

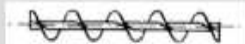

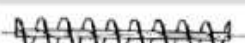





El maíz húmedo y cocido queda identificado como un material Clase II, que son materiales que se presentan en granos o pequeños tamaños y pueden ser mezclados y pulverizados, son de naturaleza no abrasiva, fluyen fácilmente y su peso específico se sitúa entre 0,6 - 0,8 Toneladas/m³ (Ingemecanica, 2018). Entre los materiales pertenecientes a esta clase están:

- Alumbre en polvo
- Haba de soja.
- Granos de café, cacao y maíz.
- Carbón de hulla en finos y menudos.
- Cal hidratada.

4.2.2.2 Selección del tipo de tornillo y características

Según la clasificación del material a transportar y su fluidez, se selecciona el tipo de tornillo a utilizar en la Tabla 5.

Tabla 5. Tipo y características de la hélice del tornillo según material a transportar.

Tipo de Hélice	Tipo de Material para Transportar / Aplicación	Figura
Hélice continua, de paso igual al diámetro	Tipo de hélice normal para transporte de sólidos	
Hélice de gran paso, de 1,5 a 2 veces el diámetro	Se utiliza para productos que fluyen muy bien	
Hélice de pequeño paso, normalmente la mitad del diámetro	Se utiliza en tornillos sin fin inclinados hasta unos 20-25°, o cuando se quiere un prolongado tiempo de permanencia del producto en el transportador con el objeto de enfriarlo, secarlo, etc	
Hélice de paso variable	Utilizado para compresión de productos, como es el caso de las prensas de tornillo.	
Hélice de diámetro variable	Se utiliza como extractor dosificador de sólidos de tolvas.	
Hélice de cinta	Tipo de hélice adecuada para productos que producen atascamiento.	
Hélice mezcladora, con dos hélices tipo cinta, uno a derecha y otro a izquierda	Se utiliza como equipo mezclador	
Hélice mezcladora, con eje provisto de paletas	Se utiliza como equipo mezclador	

Fuente: (Ingemecanica, 2018).

Como el material a transportar es considerado como un producto que fluye bien, el tornillo a diseñar fue un tipo 2, con las siguientes características: Tornillo horizontal helicoidal de hélice continua, el cual tendrá un paso de 1,5 o 2 veces su diámetro exterior.

4.2.3 Tamaño del tornillo

El diámetro del tornillo dependerá del tipo, tamaño y cantidad de material a transportar. Para empezar el diseño, se asume un diámetro exterior de 100 mm sacado de la Tabla 6, como el material a procesar está en la clasificación II su velocidad será de 120 rpm.

Tabla 6. Diámetro del tornillo (eje + hélice), según velocidad de trabajo en rpm.

Diámetro del tornillo (mm.)	Velocidad máxima (r.p.m.) según la clase de material (*)				
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V
→ 100	180	<u>120</u>	90	70	30
200	160	110	80	65	30
300	140	100	70	60	25
400	120	90	60	55	25
500	100	80	50	50	25
600	90	75	45	45	25

Fuente: (Ingemeccanica, 2018).

Según lo recomendado, el diámetro de canalón debe ser mayor que el diámetro del tornillo, esta separación se asume como de 2 mm por cada lado, evitando que parte de la mezcla se quede atrapada y más bien fluya con el movimiento del tornillo (Ingemeccanica, 2018).

4.2.4 Consideraciones para el diseño del tornillo

Para el paso, longitud y velocidad del tornillo, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se diseñó un tornillo de hélice helicoidal continua sacado de la Tabla 5.
- El molino se fabricará totalmente en acero inoxidable UNS S30400 recocido, sacado del apéndice 6, la Tabla A.12 (Mott, 2006).
- La separación entre el diámetro exterior del tornillo y la carcasa será de 2 mm, para evitar la fricción y los atascamientos de material.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Se utilizó una lámina de acero inoxidable de 3 mm de espesor para la hélice.
- El paso debe estar entre 1,5 veces su diámetro exterior, pudiendo aumentar según la ligereza de la carga.

4.2.6 Resultados preliminares del diseño:

Para calcular el área de relleno del Tornillo (A_{relleno}), ver Figura 25:

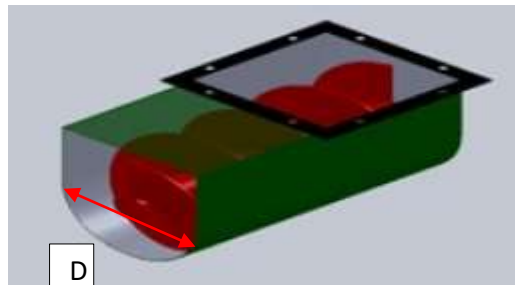


Figura 25. Área de relleno de un tornillo de transporte.
Fuente: (Slideplayer, 2019).

- El área de relleno del canalón que ocupa el material que mueve el transportador, se puede obtener mediante la siguiente expresión (Cifuentes, 2016):

$$A_{\text{relleno}} = \lambda * \frac{\pi * D^2}{4} \quad \text{Ecuación 22}$$

Donde:

A_{relleno} = Es el área de relleno del transportador, en m^2

D = Es el diámetro del canalón del transportador, en m

λ = Es el coeficiente de relleno de la sección.

Este coeficiente de relleno, debe ser menor que la unidad, para evitar que se produzca amontonamiento del material, evitando el flujo correcto de material, ver Tabla 7.

Tabla 7. Coeficiente de relleno según tipo de carga.

Tipo de carga	Coeficiente de relleno, λ
Pesada y abrasiva	0,125
Pesada y poco abrasiva	<u>0,25</u>
Ligera y poco abrasiva	0,32
Ligera y no abrasiva	0,4

Fuente: (Ingemeccanica, 2018).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Utilizando la ecuación 22 se obtiene el área de relleno:

$$A_{relleno} = 0,25 * \frac{\pi * (104)^2}{4} = 2123,6648 \text{ mm}^2 = 0,002123 \text{ m}^2$$

Otro factor importante es la velocidad lineal con que se desplaza el material transportado por el tornillo en su dirección axial; esta se obtiene con la ecuación 23 (Cifuentes, 2016).

Con la velocidad angular de 120 rpm tomada de la Tabla 6, para un diámetro de 100 mm.

$$V = \frac{P * w}{60} \quad \text{Ecuación 23}$$

Donde:

v = Es la velocidad de desplazamiento del transportador, en m/s

p = Es el paso del tornillo o paso de hélice, en m o mm

w = Es la velocidad de giro del eje del tornillo, en r.p.m.

El paso del tornillo será:

$$P = 1,5 * D_{\text{exterior}} \quad \text{Ecuación 24}$$

Asumiendo un diámetro inicial del tornillo de 10 cm y utilizando la ecuación 24, el paso del tornillo de transporte será:

$$P = 1,5 * 10 \text{ cm} = 15 \text{ cm o } 0,15 \text{ m}$$

Entonces para calcular la velocidad de avance, se utiliza la ecuación 23:

$$V = \frac{0,15 * 120}{60} = 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Esto quiere decir que por cada segundo transcurrido, el tornillo se desplazará 30 centímetros.

La longitud mínima definida para el tornillo es 500 mm o 50 cm, establecida en el diseño del tanque del molino. Sin embargo, este debe ser más largo por sus soportes, además debe conectarse a la fuente motriz, por eso se asume una longitud total de 615 mm o 61,5 cm.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Entonces el número de hélices que tendrá el tornillo serán:

$$N_{\text{helices}} = \frac{500 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 3,3333 \text{ helices}$$

El número de hélices se calcula con la longitud efectiva, porque lo demás es para poder sujetar o soportar el tornillo al molino. La cantidad de material transportado por unidad de tiempo (Q), se calcula con la siguiente expresión, según (Malla, 2005):

$$Q = 3600 * A_{\text{relleno}} * V * \rho * i \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

Q= Es el flujo de material transportado, en toneladas/h

A_{relleno} = Es el área de relleno del transportador, en m², visto en el apartado anterior

V= Es la velocidad de desplazamiento del transportador, en m/s, visto en el apartado anterior

ρ = Es la densidad del material transportado, en toneladas/m³

i = Es el coeficiente de disminución del flujo de material debido a la inclinación del transportador, ver Tabla 5.

T: toneladas o 1000 Kg

Tabla 8. Coeficiente i de disminución de transporte de material según el ángulo de inclinación del Canalón.

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°
<i>i</i>	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Fuente: (Ingemeconica, 2018).

Entonces la cantidad de material transportado se obtiene utilizando la ecuación 25:

$$Q = 3600 * (0,002123 \text{ m}^2) * \left(0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) * \left(0,760 \frac{\text{T}}{\text{m}^3}\right) * (1) = 1,742558 \frac{\text{T}}{\text{h}} \text{ humedo}$$

Para calcular el tiempo que demora el molino en transportar y moler los 80 kg de maíz húmedo será:

$$t = \frac{(0,08 \text{ T})}{1,742558 \frac{\text{T}}{\text{h}}} = 0,04591 \text{ h}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$0,04591 \text{ h} * \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ h}} = 2,7545 \text{ minutos o } 165,27 \text{ s}$$

Como se puede apreciar, con la velocidad angular tomada de la Tabla 5, el tiempo que demora el molino en moler la masa es muy pequeño, por eso tomaremos una velocidad angular inferior de 50 rpm (Malla, 2005).

Entonces la velocidad lineal de la banda se calcula con la ecuación 23:

$$V = \frac{0,15 * 50}{60} = 0,125 \frac{m}{s}$$

La cantidad de material transportado por unidad de tiempo (Q), se recalcula con la ecuación 25:

$$Q = 3600 * (0,002123 \text{ m}^2) * \left(0,125 \frac{m}{s}\right) * \left(0,760 \frac{\text{Tonelada}}{\text{m}^3}\right) * (1) = 0,726066 \frac{\text{Tonelada}}{h} \text{ humedo}$$

El tiempo que demorará en moler la masa de 80 kg será:

$$t = \frac{(0,08 \text{ Tonelada})}{0,726066 \frac{\text{Tonelada}}{h}} = 0,110182 \text{ h}$$

$$0,110182 \text{ h} * \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ h}} = 6,6109 \text{ minutos o } 396,6581 \text{ s}$$

4.2.7 Potencia requerida

La potencia de accionamiento, se calcula de la siguiente manera:

Para el cálculo de la potencia total (P_{Total}) de accionamiento de un transportador de tornillo, se deberá calcular previamente las necesidades de potencia de cada tipo, según lo indicado y posteriormente sumarlas para el cálculo de la potencia total (Rueda, 2011):

- **Potencia para el desplazamiento horizontal del material (PH):**

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La potencia necesaria para realizar el desplazamiento horizontal del material, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_H = C_0 * \frac{Q * L}{367} \quad \text{Ecuación 26}$$

Donde:

Q = flujo de material transportado, en (toneladas/h)

L = longitud del transportador, en (m)

C₀ = Coeficiente de resistencia del material transportado. Para el conocer el valor de este coeficiente, se puede emplear la Tabla 9, la cual se obtuvo empíricamente a partir del ensayo con materiales de distinta naturaleza:

Tabla 9. Coeficiente de Resistencia en función del Material.

Tipo de material	Valor de c ₀
Harina, serrín, productos granulosos	<u>1,2</u>
Turba, sosa, polvo de carbón	1,6
Antracita, carbón, sal de roca	2,5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

Fuente: (Ingemechanica, 2018).

Entonces la potencia necesaria para el desplazamiento horizontal se obtiene con la ecuación 26:

$$P_H = 1,2 * \frac{0,726066 \frac{T}{h} * (0,5 m)}{367} = 0,001187 kW$$

• **Potencia de accionamiento del tornillo en vacío (PN):**

La potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío, se puede calcular con bastante aproximación mediante la siguiente expresión:

$$P_N = \frac{D * L}{20} \quad \text{Ecuación 27}$$

Donde:

D = diámetro de la sección del canalón de la carcasa del transportador, en (m).

L = longitud del transportador, en (m).

Normalmente, el valor nominal de esta potencia es muy pequeña en comparación con la potencia necesaria para el desplazamiento del material del punto anterior, esta se obtiene utilizando la ecuación 27.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$P_N = \frac{(0,104) * (0,5)}{20} = 0,0026 \text{ kW}$$

Finalmente, la potencia total (P_{Total}) necesaria para el accionamiento de un transportador de tornillo resulta de la suma de las distintas necesidades de potencias calculadas anteriormente:

$$P_{Total} = P_H + P_N \quad \text{Ecuación 28}$$

Entonces la potencia total se calcula con la ecuación 28:

$$P_{Total} = (0,001187 \text{ kW}) + (0,0026 \text{ kW}) = 0,003787 \text{ kW}$$

4.2.8 Selección del motor impulsor

Como la potencia necesaria es de 0,003787 kW, se podría utilizar un motor eléctrico con una potencia de 0,66 kW y que entregue una velocidad angular de 50 rpm, el cual será acoplado al tornillo mediante acople directo, ver figura 26.

Motorreductores
Motorreductores de ejes paralelos

Motorreductores de hasta 200 kW

Datos para selección y pedidos (continuación)

Potencia P_{motor} kW	Velocidad de salida		Par de salida T_2 Nm	Factor de servicio f_s	Índice de reducción i_{tot}	Referencia	Código (n.º polos)	Peso ^{*)} kg
	n_2 (50 Hz) min ⁻¹	n_2 (60 Hz) min ⁻¹						
0,55 (50 Hz)	FD.48B-LA71ZMP4							
0,66 (60 Hz)	16,8	20	313	1,7	81,73 *	2KJ1402 - CG13 - G1		27
	18,5	22	284	1,9	74,10	2KJ1402 - CG13 - F1		27
	20	24	259	2,1	67,43 *	2KJ1402 - CG13 - E1		27
	23	28	229	2,4	59,62	2KJ1402 - CG13 - D1		27
	FZ.48B-LA71ZMP4							
	23	28	233	1,7	60,71 *	2KJ1302 - CG13 - B2		27
	25	30	212	2,4	55,19	2KJ1302 - CG13 - A2		27
	FZ.28-LA71ZMP4							
	31	37	171	0,88	44,66	2KJ1300 - CG13 - A2		11
	35	42	150	1,0	39,15 *	2KJ1300 - CG13 - X1		11
	39	47	134	1,1	35,04	2KJ1300 - CG13 - W1		11
	44	53	119	1,3	31,10 *	2KJ1300 - CG13 - V1		11
	50	60	104	1,4	27,25	2KJ1300 - CG13 - U1		11
	57	68	92	1,6	23,96 *	2KJ1300 - CG13 - T1		11
	63	76	83	1,8	21,64	2KJ1300 - CG13 - S1		11
	73	88	72	2,1	18,86 *	2KJ1300 - CG13 - R1		11

Figura 26. Motorreductor impulsor del tornillo de transporte.

Fuente: (Motox, 2008).

El motorreductor seleccionado, es uno marca Motox, con una potencia de 0,66 kW y una velocidad de salida de 53 rpm, referenciado como FZ_28-LA71ZMP4 en la figura 26.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2.9 Análisis de esfuerzos en el tornillo

Primero se calcula el torque al que estará sometido el eje del tornillo, utilizando la ecuación 17:

$$T = \frac{0,66 \text{ kW}}{53 \frac{\text{rev}}{\text{minuto}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ s}}} = 0,1189 \text{ kN.m o } 118,9186 \text{ N.m}$$

El esfuerzo cortante sobre el eje del tornillo transportador dependerá del diámetro base. Asumiendo un factor de seguridad de N=3 y tomando un acero inoxidable recocido con una resistencia de fluencia $S_y = 241 \text{ Mpa}$, sacado del apéndice 6, la Tabla A.6 (Mott, 2006), el esfuerzo cortante máximo se obtiene con la ecuación 7:

$$\tau_{max} = \frac{0,5 * 241 \text{ Mpa}}{3} = 40,16 \text{ Mpa}$$

El diámetro mínimo que debe tener el eje, se calcula con la ecuación 5:

$$\tau_{max} = \frac{T * r}{J}$$

Pero J es el momento polar de inercia y está dado:

$$J = \frac{\pi * r^4}{2} \text{ Ecuación 29}$$

Despejando el radio:

$$r = \sqrt[3]{\frac{2 * T}{\pi * \tau_{maximo}}}$$

El radio mínimo que debe tener el eje es:

$$r = \sqrt[3]{\frac{2 * (118,9186 \text{ N.m})}{\pi * (40,16 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2})}} = 0,01235 \text{ m}$$

Por lo tanto, el diámetro mínimo del eje será de 24,7 mm; como comercialmente este valor no existe se toma uno de 1 pulgada.

Entonces el tornillo transportador tendrá las siguientes especificaciones, ver Figura 27.

- Trabaja a 53 rpm
- Potencia de 0,66 kW
- Longitud total de 615 mm
- El eje tendrá un diámetro de 1 pulgada o 25,4 mm.
- Tendrá un diámetro exterior o con hélice de 10 cm o 100 mm

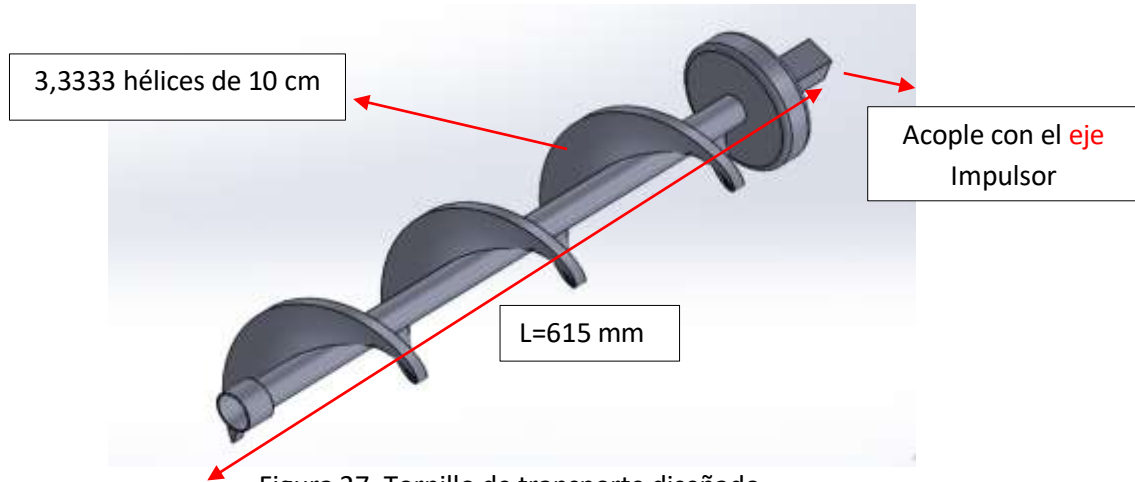


Figura 27. Tornillo de transporte diseñado.
Fuente: Propia.

Para la conexión entre el eje del impulsor y el tornillo transportador, se realizó un acople cuadrado, ver Figura 28.

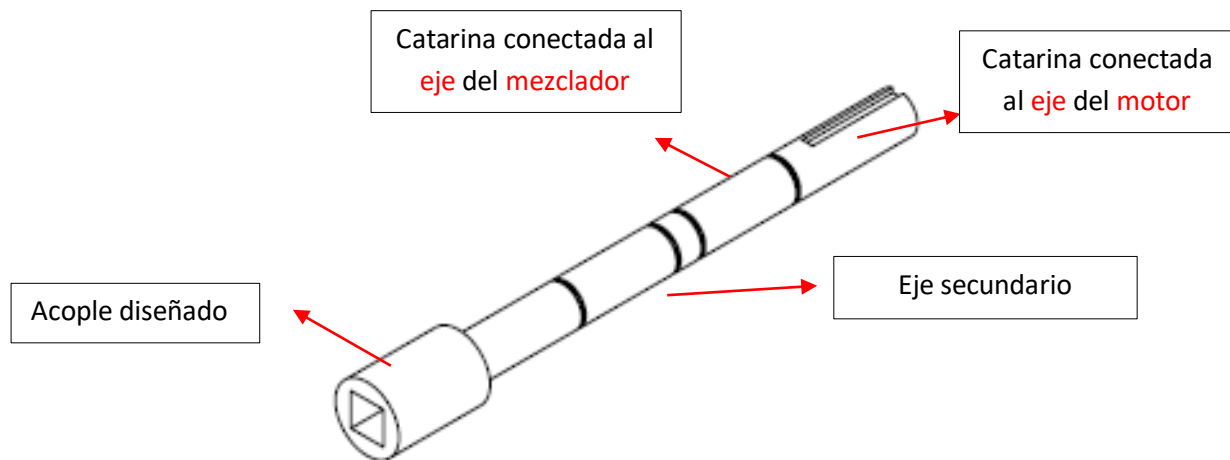


Figura 28. Diseño de acople motorreductor y tornillo.
Fuente: Propia.

Figura 29 en la cual se muestra el tornillo transportador montado en el chasis.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

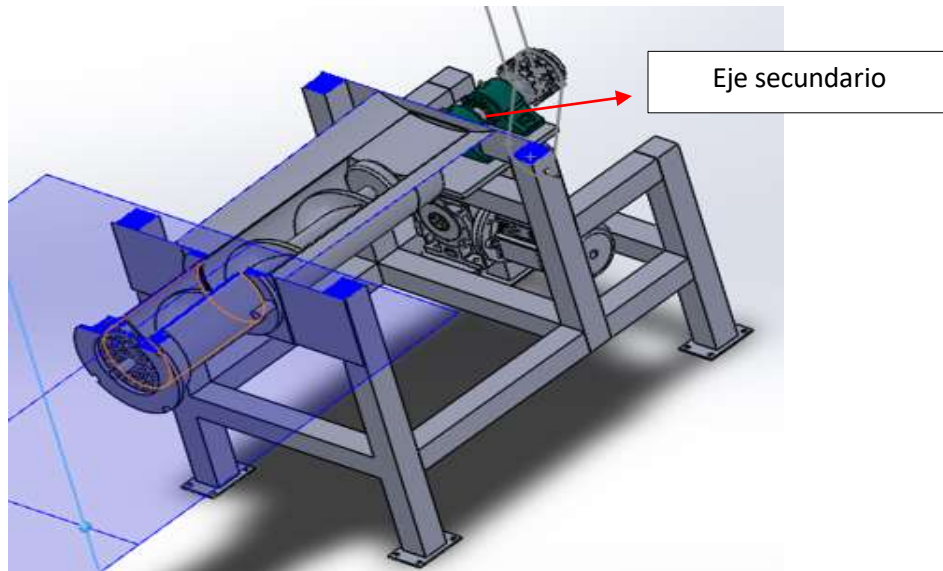


Figura 29. Isométrico del tornillo transportador diseñado.
Fuente: Propia.

4.2.10 Diseño del agitador de mezcla

La función principal de un mezclador es homogenizar el producto; existen varios tipos entre los cuales se encuentra:

- Mezcladores de flujo o corrientes
- Mezclador de paletas o brazos
- Mezcladores de hélice o helicoidales
- Mezclador de turbina o de impulsos centrífugos

El mezclador indicado para el proceso es uno de paletas debido a las características de la materia prima, muy utilizado para mezclar productos a granel con alta viscosidad como el yeso; está compuesto por un eje principal y varias paletas horizontales, verticales o inclinadas unidas a él (Martillo, 2013).

Para el agitador, se utilizó un eje macizo de 615 mm o 61,5 cm de longitud, igual al del tornillo transportador, pero lleva incluido paletas horizontales encargadas de agitar la mezcla; estas se ubicaron cada 90° para mejorar su efecto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

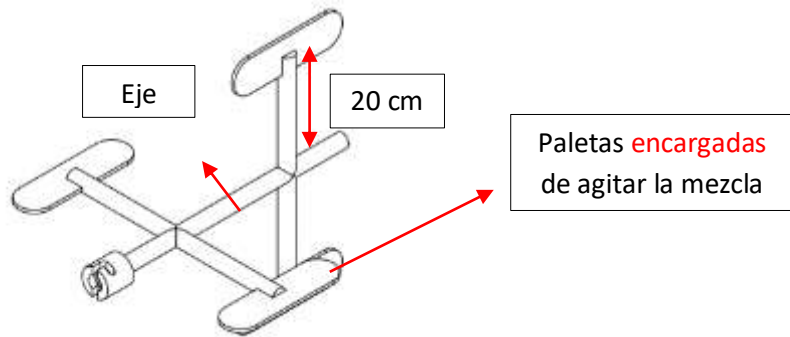


Figura 30. Dibujo del diseño del agitador del molino.
Fuente: Propia.

Para su funcionamiento, se tomará la mitad de la potencia suministrada por el motorreductor al tornillo transportador de material (0,33 kW). Para esto, al eje del tornillo transportador se le acoplo una catarina por medio de una cuña, alimentando al eje del mezclador.

Como el eje del mezclador está sometido a torsión, el esfuerzo principal a considerar para el diseño será un esfuerzo cortante, el cual será calculado con la ecuación 7:

$$\tau_{max} = \frac{0,5 * 241 \text{ Mpa}}{3} = 40,16 \text{ Mpa}$$

La velocidad angular del eje del motorreductor es:

$$53 \frac{rev}{minuto}$$

Convirtiendo la velocidad angular de rpm a rad/s:

$$53 \frac{rev}{minuto} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ s}} = 5,55 \frac{rad}{s}$$

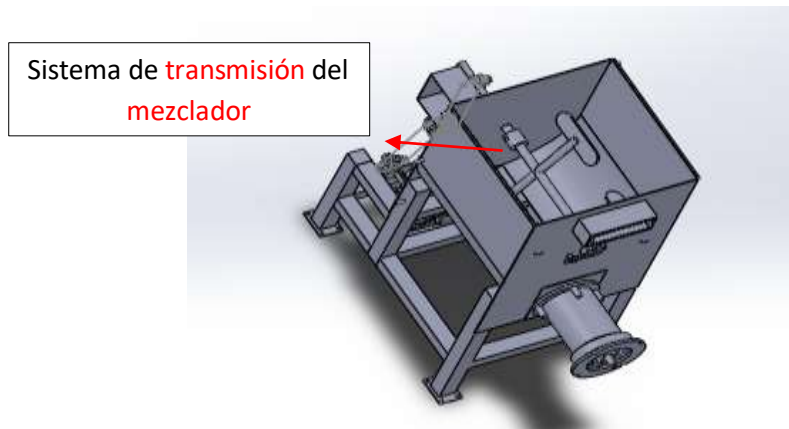


Figura 31. Vista superior del Molino con el Mezclador.
Fuente: Propia.

Entonces para el diseño del sistema de transmisión por cadena entre el eje del tornillo transportador de material y el mezclador se tiene:

P: potencia suministrada por la fuente 0,33 kW
 ω_1 : velocidad angular de entrada 53 rev/min
 Máquina a impulsar mezclador

4.2.10.1 Diseño del sistema de transmisión por cadena del mezclador

El factor de servicio (FS) para un sistema de transmisión por cadena depende de la máquina a impulsar y fuente motriz, ver Tabla 10.

Tabla 10. Factores de servicio para cadenas.

Tipo de carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con transmisión mecánica
Uniforme (agitadores, ventiladores, transportadores con carga ligera y uniforme)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (máquinas herramienta, grúas, transportadores pesados, mezcladoras de alimento y molinos)	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de troquelado, molinos de marillos, transportadores alternos, accionamientos de molino de rodillos)	1.4	1.5	1.7

Fuente: (Mott, 2006).

Primero se calcula la potencia de diseño, utilizando la ecuación 9:

$$P_{\text{diseño}} = 0,33 \text{ kW} * 1,3 = 0,429 \text{ kW o } 0,5751 \text{ hp}$$

Con esta potencia y la velocidad angular de entrada, se busca la cadena que puede servir, ver Tabla 11:

Tabla 11. Cadena N. 50 Seleccionada.
CADENA ESTANDAR SENCILLA DE RODILLOS NO. 50 PASO 5/8"

No. de dientes del conductor	R.P.M. DEL PASO CONDUCTOR																								
	10	25	50	100	200	300	400	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800	2100	2400	2700	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
10	0.00	0.18	0.36	0.67	1.26	1.81	2.35	2.87	3.89	4.88	5.26	6.32	6.92	4.92	4.13	3.27	2.68	2.28	1.92	1.52	1.25	1.04	0.80	0.77	0.98
11	0.10	0.22	0.41	0.76	1.41	2.08	2.63	3.22	4.36	5.46	6.01	7.08	7.66	5.77	4.89	3.84	3.14	2.62	2.20	1.78	1.48	1.22	1.04	0.90	0.79
12	0.12	0.26	0.49	0.92	1.72	2.47	3.21	3.92	5.31	6.65	7.31	8.62	9.29	7.58	6.55	5.04	4.19	3.46	2.95	2.34	1.92	1.61	1.37	1.10	1.04
13	0.13	0.29	0.54	1.00	1.67	2.70	3.50	4.27	5.78	7.25	7.92	9.40	10.4	8.55	7.18	5.69	4.65	3.90	3.33	2.64	2.16	1.81	1.55	1.34	0
14	0.14	0.31	0.58	1.08	2.03	3.02	3.79	4.63	6.27	7.86	8.64	10.2	11.7	9.55	8.01	6.35	5.20	4.30	3.73	2.95	2.42	2.03	1.73	1.50	0
15	0.15	0.34	0.63	1.17	2.19	3.15	4.08	4.99	6.75	8.47	9.31	11.0	12.6	10.0	8.69	7.05	5.77	4.83	4.13	3.27	2.68	2.25	1.92	1.68	0
16	0.16	0.36	0.67	1.26	2.34	3.34	4.37	5.35	7.24	8.98	9.83	11.8	13.5	11.7	9.78	7.76	6.29	5.32	4.58	3.61	2.95	2.47	2.11	1.89	0
17	0.17	0.39	0.72	1.34	2.50	3.51	4.67	5.71	7.73	9.60	10.7	12.6	14.4	12.0	10.7	8.60	6.96	5.83	4.99	3.95	3.25	2.71	2.31	2.01	0
18	0.18	0.41	0.76	1.43	2.65	3.69	4.97	6.07	8.22	10.3	11.3	13.4	15.3	13.0	11.7	9.86	7.98	6.58	5.42	4.20	3.56	2.95	2.52	0	
19	0.19	0.43	0.81	1.51	2.88	4.07	5.27	6.44	8.78	10.9	12.0	14.2	16.3	14.1	12.7	10.0	8.29	6.88	5.69	4.67	3.89	3.20	2.73	0	
20	0.20	0.46	0.86	1.60	3.05	4.50	5.87	6.90	9.21	11.5	12.7	15.0	17.2	15.3	13.7	10.8	8.99	7.44	6.25	5.04	4.13	3.46	2.95	0	
21	0.21	0.48	0.90	1.69	3.14	4.65	6.07	7.17	9.71	12.2	13.4	15.8	18.1	17.8	16.7	11.7	9.55	8.01	6.84	5.42	4.44	3.72	3.18	0	
22	0.22	0.51	0.95	1.77	3.31	4.76	6.17	7.54	10.2	12.9	14.1	16.6	19.1	18.9	18.0	12.5	10.2	8.59	7.33	5.89	4.76	3.99	3.41	0	
23	0.23	0.53	1.00	1.86	3.47	5.00	6.47	7.91	10.7	13.4	14.8	17.4	20.0	20.1	19.0	13.4	11.0	9.18	7.84	6.22	5.09	4.27	0		
24	0.25	0.56	1.04	1.95	3.63	5.23	6.78	8.29	11.2	14.1	15.6	18.2	20.9	21.4	20.0	14.3	11.7	9.79	8.25	6.83	5.42	4.59	0		
25	0.26	0.58	1.09	2.02	3.80	5.47	7.08	8.60	11.7	14.7	16.2	19.0	21.9	22.5	21.1	15.2	12.4	10.4	8.68	7.05	5.77	4.83	0		
26	0.27	0.61	1.14	2.12	3.96	5.70	7.39	9.03	12.2	15.3	16.9	19.9	22.8	24.2	23.3	16.1	13.2	11.0	9.42	7.47	6.12	5.13	0		
28	0.29	0.66	1.23	2.20	4.20	6.16	8.01	9.72	13.2	16.6	18.3	21.5	24.7	27.0	26.6	18.0	14.7	12.3	10.5	8.35	6.64	5.73	0		
30	0.31	0.71	1.33	2.49	4.62	6.66	8.63	10.5	14.3	17.9	19.7	23.2	26.6	30.0	28.1	19.6	16.3	13.7	11.7	9.26	7.56	0			
32	0.33	0.76	1.42	2.66	4.96	7.14	9.25	11.3	15.3	19.2	21.1	24.9	28.6	32.2	29.7	20.0	16.0	15.1	12.9	10.2	8.95	0			
35	0.37	0.84	1.57	2.93	5.45	7.86	10.2	12.5	16.9	21.1	23.6	27.4	31.5	35.5	31.6	21.1	16.6	17.2	14.7	11.7	9.55	0			
40	0.43	0.97	1.81	3.38	6.31	9.08	11.9	14.4	19.5	24.4	26.8	31.6	36.3	41.0	36.7	23.7	18.1	21.0	16.0	14.3	0				
45	0.48	1.10	2.05	3.84	7.18	10.3	13.4	16.3	22.1	27.7	30.5	35.9	41.3	46.5	46.1	26.5	20.0	23.1	17.4	0					

Fuente: (Mott, 2006).

Según la Tabla 11, una cadena N. 50 de paso 5/8 in, puede entregar 0,59 hp con una catarina conductora de 12 dientes y necesita lubricación tipo manual.

La relación de transmisión será:

$$R_{transmisión} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = 1$$

El número de dientes de la catarina conducida serán calculados con la ecuación 10:

$$Z_2 = Z_1 * R_t = (14)(1) = 14 \text{ dientes}$$

Los diámetros de paso serán calculados con la ecuación 30:

$$D_p = \frac{\text{Paso de cadena}}{\text{sen}(180^\circ/Z)} \quad \text{Ecuación 30}$$

Los diámetros de paso de cada una de las catarinas son obtenidos con la ecuación 30:

$$D_{p1} = \frac{5/8 \text{ in}}{\text{sen}(180^\circ/14)} = 2,80 \text{ in o } 7,1341 \text{ cm}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$Dp2 = \frac{5/8 \text{ in}}{\text{sen}(180^\circ/14)} = 2,80 \text{ in}$$

La distancia entre centros por recomendación del libro de Mott, debe estar entre 30 y 50 veces el paso de la cadena, para este diseño se asume la distancia según las dimensiones del presente molino.

$$C = 40 * 0,625 \text{ in} = 25 \text{ in}$$

$$25 \text{ in} * \frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = 63,5 \text{ cm}$$

La distancia entre centros elegida es menor a 30 veces el paso de la cadena

Esto en pasos seria:

$$20 \text{ cm} * \frac{1 \text{ in}}{2,54 \text{ cm}} * \frac{1 \text{ paso}}{0,625 \text{ in}} = 12,6 \text{ pasos}$$

La longitud de la cadena, se calcula con la siguiente formula:

$$L = 2C + \frac{Z_2 + Z_1}{2} + \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{4\pi^2 C} \quad \text{Ecuación 31}$$

Donde:

Z_2 : número de dientes de la catarina conducida

Z_1 : número de dientes de la catarina conductora

C: distancia entre centros.

Utilizando la ecuación 31, se obtiene la longitud de la cadena:

$$L = 2 \times (12,6) + \frac{14 + 14}{2} + \frac{(14 - 14)^2}{4\pi^2(12,6)} = 39,2 \text{ pasos o } 39 \text{ pasos}$$

El ángulo de contacto será calculado con la ecuación 16:

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 * \text{sen}^{-1} \left[\frac{2,80 \text{ in} - 2,80 \text{ in}}{2 \times (7,875 \text{ in})} \right] = 180^\circ \quad \text{ok el Angulo es mayor a } 120^\circ$$

El torque transmitido al eje del mezclador será obtenido con la ecuación 17:

$$0,59 \text{ hp} * \frac{0,7457 \text{ kW}}{1 \text{ hp}} = 0,44 \text{ kW}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$T = \frac{440 \text{ W}}{5,55 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 80 \text{ N. m}$$

El diámetro mínimo del eje será despejado de la ecuación 7:

$$40,16 * 10^6 \text{ Pa} = \frac{80 \text{ N. m} * r}{\frac{\pi * r^4}{2}}$$

El radio mínimo que debe tener el eje es:

$$r = \sqrt[3]{\frac{2 * (80 \text{ N. m})}{\pi * (40,16 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2)}}} = 0,01082 \text{ m o } 0,4261 \text{ in}$$

El diámetro será:

$$D = 2 * 0,4261 \text{ in} = 0,8523 \text{ in} \approx 1 \text{ in}$$

A continuación, se muestra en detalle las características del diseño del molino de maíz para la fabricación de arepas. Ver figura 32.

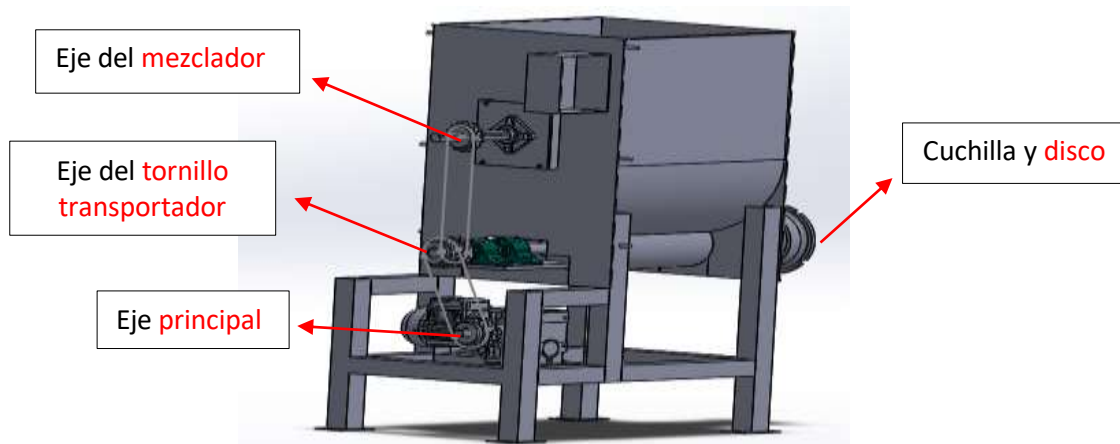


Figura 32. Isométrico del molino de maíz para arepas.
Fuente: Propia.

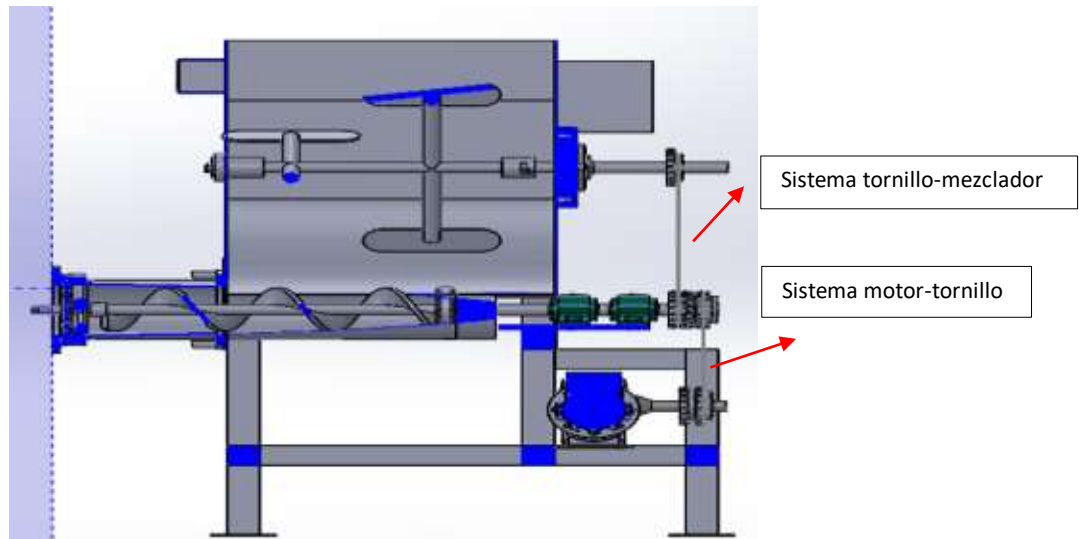


Figura 33. Vista de corte del molino.
Fuente: Propia.

4.2.10.2 Diseño del sistema de transmisión por cadena del motorreductor-tornillo transportador

Para este sistema solo se necesita transmitir la potencia y la velocidad angular por motivos de ubicación del motorreductor.

Primero se calcula la potencia de diseño con la ecuación 9:

$$P_{\text{diseño}} = 0,66 \text{ kW} * FS$$

El factor de servicio (FS) para un sistema de transmisión por cadena depende de la máquina a impulsar y fuente motriz,

La potencia de diseño será:

$$P_{\text{diseño}} = 0,66 \text{ kW} * 1,3 = 0,858 \text{ kW o } 1,15 \text{ hp}$$

- El factor 1,3 es obtenido de la tabla 10

Con esta potencia y la velocidad angular de entrada, se busca la cadena que puede servir:

Tabla 122. Cadena seleccionada para el sistema de transmisión motorreductor-tornillo de transporte.

CADENA ESTANDAR SENCILLA DE RODILLOS NO. 60 PASO 3/4"

Módulo catarina Paso conductor	PASA DEL TIPO DE CONDUCTOR																									
	10	25	50	100	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600	1800	2000	2500	3000	3500	4000	4500	
8	0,15	0,33	0,62	0,16	1,67	2,16	3,12	4,04	4,94	5,82	6,68	7,54	8,38	9,21	9,98	10,77	6,98	5,70	4,77	4,08	3,58	3,12	2,70	2,34	2,01	1,74
10	0,18	0,37	0,70	1,30	1,87	2,43	3,49	4,53	5,53	6,52	7,48	8,44	9,39	10,3	11,2	12,03	8,15	6,87	5,59	4,77	3,82	3,20	2,66	2,19	1,81	1,41
11	0,18	0,41	0,77	1,44	2,07	2,60	3,67	4,68	5,63	6,53	7,38	8,20	9,06	9,94	11,4	12,5	11,9	9,41	7,70	6,45	5,51	4,84	4,20	3,58	2,98	2,53
12	0,20	0,45	0,85	1,58	2,21	2,95	4,25	5,31	6,34	7,34	8,12	9,03	9,94	10,8	11,6	12,4	10,7	8,77	7,35	6,28	5,45	4,65	3,91	3,22	2,62	2,16
13	0,23	0,50	0,92	1,73	2,48	3,32	4,84	6,01	7,14	8,15	8,94	11,2	12,5	13,7	14,9	15,2	13,1	10,88	9,29	7,98	7,08	6,28	5,55	4,84	4,14	3,42
14	0,24	0,54	1,00	1,87	2,68	3,68	5,32	6,51	7,68	8,37	10,8	12,1	13,5	14,8	16,2	17,2	13,5	11,1	9,25	7,91	7,08	6,31	5,58	4,81	4,12	3,40
15	0,25	0,58	1,08	2,01	2,90	3,76	5,47	7,07	8,57	10,1	11,8	13,1	14,5	16,0	17,4	18,8	15,2	12,3	10,3	8,77	8,28	7,78	7,28	6,78	6,28	5,78
16	0,27	0,62	1,16	2,16	3,11	4,03	5,80	7,52	9,19	10,8	12,4	14,0	15,6	17,1	18,7	20,2	16,8	13,5	11,5	9,88	9,21	8,65	8,15	7,65	7,15	6,65
17	0,28	0,66	1,24	2,21	3,28	4,30	6,20	8,03	9,81	11,6	13,3	15,0	16,7	18,3	19,9	21,6	18,1	14,8	12,4	10,6	9,57	8,96	8,46	7,96	7,46	6,96
18	0,31	0,70	1,31	2,45	3,53	4,59	6,68	8,54	10,4	12,3	14,1	15,9	17,7	19,5	21,2	22,9	19,7	16,1	13,5	11,5	10,25	9,68	9,18	8,68	8,18	7,68
19	0,33	0,75	1,39	2,60	3,74	4,85	7,09	9,06	11,1	13,0	15,0	16,9	18,8	20,6	22,5	24,3	21,4	17,5	14,6	12,5	10,9	10,3	9,8	9,3	8,8	8,3
20	0,35	0,79	1,47	2,75	3,96	5,13	7,38	9,57	11,7	13,8	15,8	17,9	19,8	21,8	23,8	25,7	23,1	18,9	15,8	13,5	11,8	11,2	10,7	10,2	9,7	9,2
21	0,38	0,85	1,55	2,90	4,17	5,40	7,78	10,1	12,3	14,5	16,7	18,9	20,9	23,0	25,1	27,1	24,8	20,3	17,0	14,5	12,4	11,8	11,3	10,8	10,3	9,8
22	0,38	0,87	1,63	3,05	4,38	5,67	8,18	10,8	13,0	15,3	17,5	19,6	21,6	23,6	25,6	27,6	25,5	21,0	17,5	15,0	13,1	12,5	12,0	11,5	11,0	10,5
23	0,40	0,92	1,7	3,15	4,60	5,96	8,58	11,1	13,6	16,0	18,4	20,8	23,1	25,4	27,7	29,9	28,4	23,5	19,5	16,7	14,5	13,8	13,3	12,8	12,3	11,8
24	0,42	0,95	1,79	3,35	4,82	6,24	8,89	11,8	14,2	16,8	19,3	21,7	24,2	26,6	29,0	31,2	30,3	24,8	20,6	17,8	15,4	14,7	14,2	13,7	13,2	12,7
25	0,44	1,00	1,87	3,50	5,04	6,52	9,40	12,2	14,9	17,5	20,1	22,7	25,3	27,8	30,3	32,7	32,2	26,4	22,1	19,3	16,8	16,1	15,6	15,1	14,6	14,1
26	0,46	1,05	1,95	3,65	5,25	6,81	9,80	12,7	15,5	18,3	21,0	23,7	26,4	29,0	31,6	34,1	34,2	28,0	23,4	20,6	18,1	17,4	16,9	16,4	15,9	15,4
28	0,50	1,13	2,12	3,95	5,69	7,37	10,6	13,8	16,8	19,8	22,8	25,7	28,5	31,4	34,2	37,0	38,2	31,3	26,2	23,4	20,9	19,2	18,5	17,8	17,1	16,4
30	0,54	1,22	2,38	4,26	6,13	7,94	11,4	14,8	18,1	21,4	24,5	27,7	30,8	33,8	36,8	39,8	42,4	34,7	29,1	26,3	23,8	22,1	21,4	20,7	19,9	19,2
32	0,57	1,31	2,45	4,58	6,57	8,52	12,3	15,8	19,4	22,9	26,3	29,7	33,0	36,3	39,5	42,7	46,7	38,2	32,0	29,2	26,7	25,0	24,3	23,6	22,9	22,2
35	0,63	1,44	2,69	5,03	7,24	9,38	13,5	17,5	21,4	25,2	29,0	32,7	36,3	39,9	43,5	47,1	53,4	43,7	36,6	33,8	31,3	29,6	27,9	26,2	24,5	22,8
40	0,73	1,67	3,11	6,81	10,7	13,8	18,8	22,8	27,7	33,5	39,3	45,1	50,9	56,7	62,5	68,3	80,4	63,4	53,4	48,3	43,2	41,1	39,0	36,9	34,8	32,7
45	0,83	1,89	3,53	8,60	13,2	17,2	23,2	28,1	33,1	39,0	45,0	50,9	56,8	62,7	68,6	74,5	88,4	71,4	60,4	54,3	49,2	47,1	45,0	42,9	40,8	38,7

Fuente: (Mott, 2006).

Según la Tabla 12, una cadena N. 60 de paso 3/4 in, puede entregar 1,16 hp con una catarina conductora de 16 dientes y necesita lubricación manual.

La relación de transmisión será:

$$R_{\text{transmision}} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = 1$$

El número de dientes de la Catarina conducida se obtendrán con la ecuación 10:

$$Z_2 = Z_1 * R_t = (16)(1) = 16 \text{ dientes}$$

Los diámetros de paso de cada Catarina son obtenidos con la ecuación 29:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$Dp1 = \frac{3/4 \text{ in}}{\text{sen}(180^\circ/16)} = 3,8443 \text{ in o } 9,7647 \text{ cm}$$

$$Dp2 = \frac{3/4 \text{ in}}{\text{sen}(180^\circ/16)} = 3,8443 \text{ in}$$

La distancia entre centros por recomendación del libro de Mott, debe estar entre 30 y 50 el paso, para este diseño se asume una distancia según las dimensiones del presente molino.

$$C = 33 \text{ cm}$$

Esto en pasos sería:

$$33 \text{ cm} * \frac{1 \text{ in}}{2,54 \text{ cm}} * \frac{1 \text{ paso}}{0,75 \text{ in}} = 17,32 \text{ pasos}$$

La longitud de la cadena, se calcula con la siguiente ecuación 30:

$$L = 2 \times (17,32) + \frac{16 + 16}{2} + \frac{(16 - 16)^2}{4\pi^2(17,32)} = 50,64 \text{ pasos o } 50 \text{ pasos}$$

$$50 \text{ pasos} * \frac{0,75 \text{ in}}{1 \text{ paso}} = 37,5 \text{ in}$$

Para verificar la conformidad en nuestro diseño el ángulo de contacto debe ser superior a 120° , el cual es calculado con la ecuación 16:

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 * \text{sen}^{-1} \left[\frac{3,8443 \text{ in} - 3,8443 \text{ in}}{2 \times (37,5 \text{ in})} \right] = 180^\circ$$

4.2.11 Planos y componentes eléctricos.

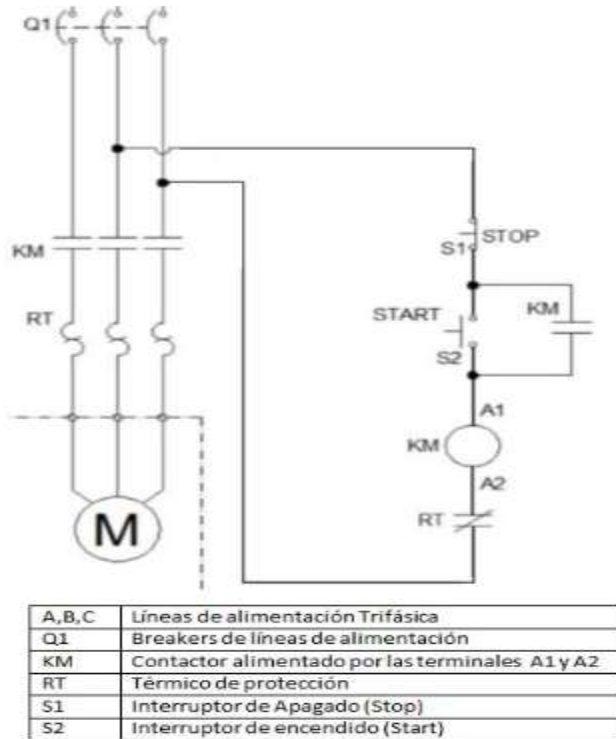


Figura 344. Plano eléctrico de control y potencia

Breaker: Elemento encargado de la protección del sistema eléctrico, es el interruptor que de manera automática abre el circuito eléctrico en caso de que la intensidad de la corriente que circule por la red exceda el valor determinado de este elemento.

Contactador: Elemento electromecánico que realiza la función específica de habilitar o no el flujo de la corriente eléctrica para el encendido de un motor (en este caso), este elemento tiene la posibilidad de ser controlado a distancia por cualquier clase de circuito.

Térmico de Protección: Elemento electromecánico para la protección exclusiva del motor eléctrico usado en el montaje (similar al contactador), este es un relé que se encarga de aislar la corriente eléctrica del motor cuando este está con problemas de temperatura generados por sobrecargas débiles pero prolongadas, temperatura ambiental elevada y/o pérdidas de una fase eléctrica.

Interruptor On/Off: Elemento eléctrico encargado de interrumpir o permitir el paso de la corriente eléctrica. Este elemento es el único que está en contacto con el operador y que realiza el encendido de la máquina descrita en el trabajo presentado.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Motor Eléctrico: Elemento electromecánico encargado de convertir la corriente eléctrica en mecánica por medio de un movimiento rotatorio entre su estator y un rotor, permitiendo realizar diversos trabajos, en este caso usado para el movimiento de un tornillo sin fin y unas aspas.

Cableado lógico: El sistema eléctrico del equipo diseñado para esta propuesta es simple, pensando siempre en el operario y el empresario ahorrando un poco en costos de automatización, el sistema está compuesto por los elementos descritos anteriormente y su funcionamiento es:

Hay una alimentación trifásica que es interrumpida por un elemento eléctrico (Interruptor On/Off), se acciona el interruptor On/Off para encendido y apagado de la máquina, este permite que el contactor se cierre y se energice el motor eléctrico, a través de la energía mecánica generada por este se produce el movimiento del tonillo sinfín y las aspas mediante un sistema acoplado de catarinas y cadena ya descrito en el trabajo adjunto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- En el presente trabajo se diseñó el proceso de molienda en la elaboración de arepas, utilizando un molino de fricción, que permite elaborar la masa para la producción de 888 arepas en 6,6 minutos.
- Las etapas que conforman la elaboración o fabricación de la arepa son: la cocción del maíz, proceso de molienda, conformado de la masa y transporte del producto.
- En el proceso de molienda se idéntico que uno de los elementos más importantes es la selección del molino para obtener una mezcla homogénea.
- Utilizando una matriz de filtrado y evaluación se concluyó que el molino de fricción es el más adecuado para el diseño de la máquina de fabricación de arepas.
- Para el diseño de la máquina selecciono un motorreductor con una potencia de 0,66 KW y una velocidad de salida de 53 rpm con referencia como FZ_28-LA71ZMP4
- Para el diseño del sistema eléctrico, se optó por un sistema sencillo de Star/Stop para su arranque o detención, además cuenta con un breaker totalizador principal y una protección térmica. El costo de fabricación del sistema de molienda tiene un costo aproximado de \$60000000.
- Se recomienda como trabajo futuro, diseñar la fase dos del proceso de fabricación de arepas o conformado.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

6. REFERENCIAS

- Acevedo. (17 de junio de 2013). Recuperado el 21 de febrero de 2018, de <https://elblogdeacebedo.blogspot.com.co/2013/06/los-molinos-de-agua-asturianos.html>
- Americarumo, U. (2010). Obtenido de <http://descom.jmc.ut fsm.cl/sgeywitz/dctos/Matrices/troquelado.pdf>
- Barreno, R. (10 de marzo de 2015). Recuperado el 20 de enero de 2018, de bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10381/4/CD-6179.pdf
- Bejarano, B. G. (10 de MARZO de 2001). *EL TIEMPO*. Recuperado el 20 de febrero de 2018, de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-594376>
- Cifuentes, D. (2016). Obtenido de <http://repositorio.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6038/1/CifuentesCastroDanielAlberto2017.pdf>
- Cordova, E. A. (13 de enero de 2012). Recuperado el 20 de febrero de 2018
- Dialnet. (2008). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/144590.pdf>.
- Fao. (7 de enero de 2019). Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/x5041s/x5041S09.htm>
- FERNÁNDEZ, B. M. (2014). Recuperado el 15 de febrero de 2018, de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4434/65811R934F.pdf;jsessionid=4B4928F38B117BBE699D1AB67D8FA7B1?sequence=1>
- Hibbeler. (2006). *Mecanica de Materiales 6 edicion*. Mexico: Pearson.
- InfoFics. (s.f.). Obtenido de http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info16/transporte_materiales.htm
- Ingemecanica. (11 de Diciembre de 2018). Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>
- Madrid. (18 de octubre de 2017). *Departamento de Ingenieria Mecanica Universidad Carlos III Madrid*. Obtenido de http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/bandas_transportadoras.pdf
- Malla, J. (2005). Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/34336>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Martillo, R. (junio de 2013). Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5312/1/UPS-GT000436.pdf>
- Melo. (2016). Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=GN5CtOMV2Vw>
- Motox. (2008). Obtenido de <http://www.rodamientos.com/catalogos/moto/sie01es.pdf>
- Mott. (2006). *Diseño de Elementos de Maquinas*. Mexico: Pearson.
- Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Maquinas 4 edicion*. Mexico: Pearson.
- Odar, M. (20 de Mayo de 2014). *Scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/225215174/Diseno-Del-Tornillo-Helicoidal-Para-El-Transporte-de-Azucar>
- Perez, V. (2014). Molinos y Molienda. *Dialnet*, 189-214. Recuperado el 12 de diciembre de 2018, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4948508>
- Portafolio. (5 de julio de 2016).
- Ramirez, R. (5 de octubre de 2017). *CONTITECH*. Obtenido de <https://rafaelramirezr.files.wordpress.com/2015/03/manual-ingenieria-bandas-transportadoras.pdf>
- Rareseeds. (2018). Obtenido de <https://www.rareseeds.com/corn-recipes/>
- Rodriguez, G. (2015). Recuperado el 21 de enero de 2018, de <https://bdigital.uniquindio.edu.co/bitstream/001/2435/1/TESIS%20AREPA%20CON%20FORMAS%20INNOVADORAS.pdf>
- Rueda, P. (2011). Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1063/1/T-UTC-0745.pdf>
- Sanchez, G. (marzo de 2015). Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10381/4/CD-6179.pdf>
- Shavanna. (2014). Obtenido de <http://www.shavanna.mx/CId/47258/que-son-los-molinos-de-quijada.html>
- Slideplayer. (2019). Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/2473551/>
- vaxasoftware.com. (2019). Obtenido de http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/qui/denh2o.pdf
- Wikipedia. (19 de agosto de 2011). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Troquel_\(cortante\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Troquel_(cortante))

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

APENDICE

4.3 Cotizaciones del Diseño

El precio de la cuchilla para el molino será de 50,74 EUR, ver Figura 35.



CI TECNOLOGÍA ALIMENTARIA S.A.S
800027374-9

www.citalisa.com

Medellín: (57)(4) 204 13 13
316 076 6110
• Cra 50 05 N° 12 Sur 07, Itagüí

Pereira: (57)(8) 347 05 05
319 347 61 00
• Cra 16 N° 15 - 42 Dosquebradas

info@citalisa.com

Bogotá: (57)(1) 439 19 99
317 586 03 32
• Calle 9 N° 68 - 77

Bucaramanga: (57)(7) 091 04 00
317 364 56 19
• Calle 18 N° 22 - 04 Barrio San Francisco

CI TALSA

Cali: (57)(2) 369 11 00
317 586 03 35
• Cra 1 N° 45A - 77

Cúcuta: (57)(7) 588 05 06
316 876 61 10
• Av. Tera N° 5- 35 Barrio Lleras Restrepo

citalisa

Barranquilla: (57)(5) 316 12 12
318 358 5525
• Calle 93 N° 46 - 168

Cotización Número: 139750

Dirigida a: Teléfono:	Fecha: 2019-04-15 Asesor: ANDRÉS FELIPE ZAPATA DUQUE 3174759039 (4)2041313 azapata@citalisa.com ITAGÜÍ
----------------------------------	---

Línea	Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	IVA	Precio Neto
1.00	00420040	CUCHILLA MOLINO 42 4X4	1.00	42.64 EUR	19.00%	50.74

MARCA: OLOTINOX



Cotización de la Cuchilla molino #42.
Fuente: Propia.

El Precio del Disco con perforaciones de 2,5 mm. Será de 154,8 EUR ver Figura 36.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

CI TECNOLOGÍA ALIMENTARIA S.A.S
 800027374-9


CI Talisa
GRUPO Y ASESORES DE CALIDAD

www.citalisa.com
info@citalisa.com

 317 241 04
 citalisa

Medellín: (57) 4 264 10 10
314 876 0110
• Cta 30 00 N° 12 Sur 01, Itapal

Persepolis: (57) 303 247 05 05
319 347 61 00
• Cta 16 N° 15 - 42 Desaparecidos

Bogotá: (57) 1 430 19 99
317 380 05 30
• Calle 8 N° 58 - 77

Barranquilla: (57) 1 031 04 00
317 354 56 10
• Calle 16 N° 22 - 04 Barrio San Francisco

Call: (57) 2 204 11 00
317 500 02 30
• Calle 7 N° 45A - 71

Cúcuta: (57) 7 880 00 00
314 876 0110
• Av. Tera N° 3 - 25 Barrio Líneas Aéreas

Barranquilla: (57) 1 216 12 12
318 356 3520
• Calle 93 N° 45 - 108

Línea: 2,00 Cant: 1,0 Precio Unitario: 137,0 EUR IVA: 19 % Descuento: 5,0 % Precio Neto: 154,8

COTIZACIÓN: 139967 **-ESTEVINSON CASTAÑO**



SKU: 00420037

FUNCIÓN
Accesorio usado para dar consistencia al producto

ESPAÑA

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

DIMENSIONES: Alto Ancho Profundo unidad de medida **PESO:**

 0,00
  0,00
  0,00
 METROS CUBICOS

Voltaje y Frecuencia

CAPACIDAD: 

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

Cotización del disco molino #42.
Fuente: Propia.

SKF

FY 1. TF

Compliance with standard

ISO

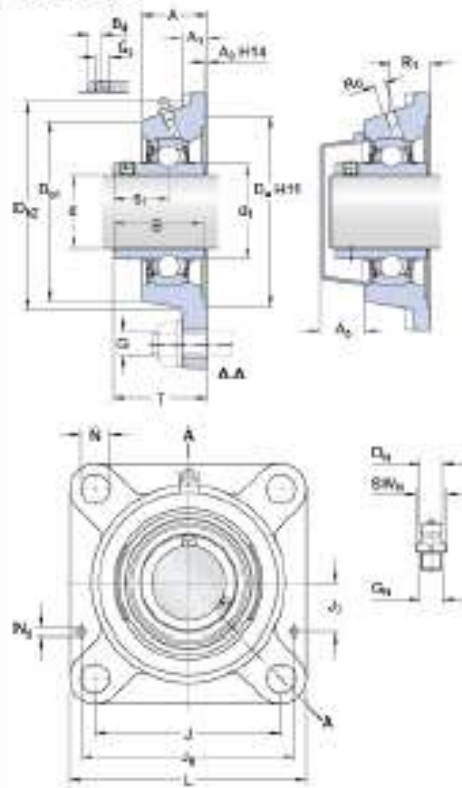
Material del soporte

Fundición

Sealing solution

Standard seals with additional fingers

Dimensiones



d	25.4	mm
d ₁	= 33.74	mm
A	30	mm
A ₁	12	mm
A ₃	3.2	mm
A ₅	20.5	mm
B	34.1	mm
B ₄	5	mm
D _a	74.6	mm
D _{bt}	65	mm
D _{b2}	71	mm
J	70	mm
L	95	mm
N	11.5	mm
s ₁	19.8	mm
T	38.8	mm

Boquilla engrasadora

D _N	6.5	mm
SW _N	7	mm
G _N	1/4-28 SAE-LT	

Orificio roscado

R _G	1/4-28 UNF	
R ₁	21	mm

Fijas de situación

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

	J_6	83	mm
	J_7	10	mm
	N_4	4	mm
Datos del cálculo			
Capacidad de carga dinámica básica	C	14	kN
Capacidad de carga estática básica	C_0	7.8	kN
Carga límite de fatiga	P_u	0.335	kN
Velocidad límite (con tolerancia de eje h5)		7000	r/min
Masa			
Unidad de rodamientos de masa		0.71	kg
Información de montaje			
Rosca del prisionero	G_2	1/4-20 UNF	
Tamaño de llave hexagonal para prisionero	N	3.175	mm
Par de apriete recomendado para el prisionero		4	N·m
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, mm	G	10	mm
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, pulgadas	G	0.375	in
Productos correspondientes			
Soporte		FY 505 M	
Rodamiento		YAR 205-100-2F	
Associated products			
End cover		ECY 205	

Chumaceras Seleccionadas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



La Estrella, 10 de ABRIL del 2019

Señores:
Estevinson Castaño y alex Gallego

Cordial saludo

De acuerdo a su solicitud nos permitimos presentar la siguiente cotización:

Descripción	Cantidad	v/r unitario	Valor total
MOLINO DE MAIZ : Materiales : acero inoxidable UNS S30400 Recocido - Capacidad de tolva 80 kg de maiz cocinado. - Tornillo de elice helicoidal continua - Moto reductor marca motox, con una potencia de 0.66kw , velocidad de salida 53 rpm , referencia FZ_28-la71zmp4	1	54.000.000	54.000.000
			\$ 54.000.000
IVA			\$ 10.260.000
TOTAL			\$ 64.260.000

Tiempo de entrega: 30 días

Forma de Pago: 50 % anticipo , 50 % contraentrega

Estaremos atentos a cualquier comentario.

Cotización del Molino 1.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

METAL LOGISTICA S.A.S

10 de abril de 2019 Srs Estivenson castano , Alex Gallego

De acuerdo a su solicitud nos permitimos cotizar

descripción	cantidad	valor unitario	valor total
De acuerdo planos suministrados nos permitimos cotizar la fabricación , ensamble y puesta a punto de un molino de maíz , con las siguientes especificaciones -capacidad de la tolva 80kg de maíz cocido - tornillo de hélice helicoidal continua -el equipo se fabricara totalmente en acero inoxidable UNS30400 recocido -motorreductor marca motox , potencia 0.66KW , y una velocidad de salida de 53RPM , referenciado como FZ 2S -LA71ZMP4	1	56,000,000	56,000,000
		Total	56,000,000

En letras: cincuenta y seis millones COP

Observaciones:

Este valor no incluye IVA

Tiempo de entrega: a convenir

Carlos Andrés Lopera

Asesor comercial

Cel. : 3166785941

NIT 901082844-9 Calle 127 sur 49-26 caldas ant .cel:3166785941

Mail: metal_logistica@hotmail.com

Cotización del Molino 2.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

John Wilson Henao C y Cia Ltda

800254220

COTIZACIÓN: 20190410-1

Fecha: abril 10 de 2.019

CLIENTE: Estevinson Castaño y/o Alex Gallego.

Teléfono: 318 585 4482

CONTACTO: Estevinson Castaño

Forma de pago: contado

ítem	descripción	cantidad	Vr/unitario	total
1	Fabricación, ensamble y puesta a punto de molino para maíz cocido, de acuerdo a los planos suministrados.	1	49'160.000	49'160.000
	Capacidad de la tolva: 80 kilos de maíz cocido. Tornillo de hélice helicoidal continua en acero inoxidable UNS 30400 recocido. Moto reductor marca MOTOX FZ-28LA71ZMP4 o similar de 0.66 KW de potencia y 53 RPM de velocidad de salida.			
			Sub total	49'160.000
			IVA	9'340.400
			Total	58'500.400

Dirección de despacho: la entrega de material se realiza en las instalaciones del cliente, dentro del área metropolitana.

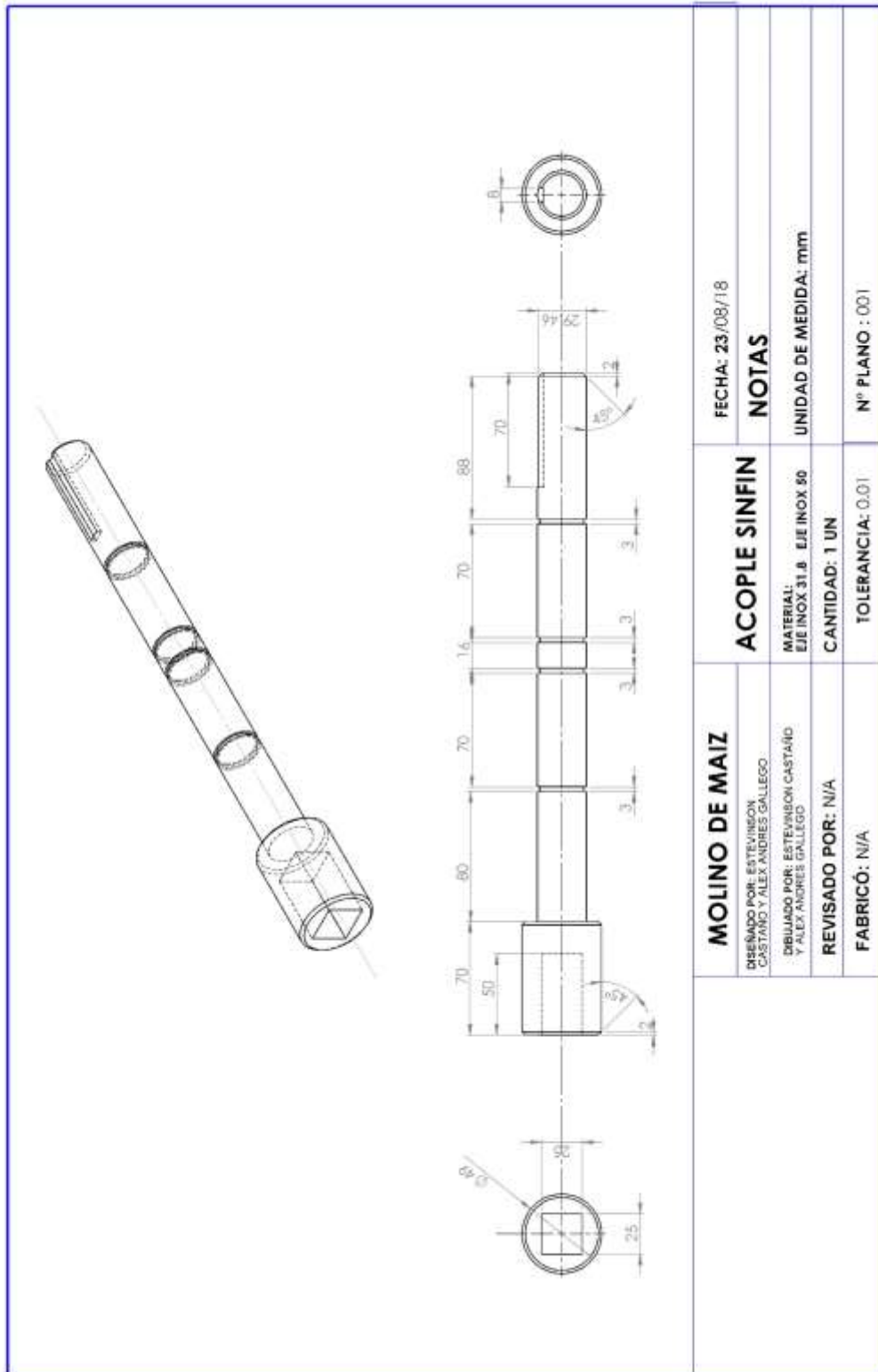
Cotización del Molino 3.

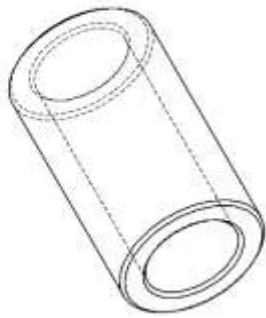

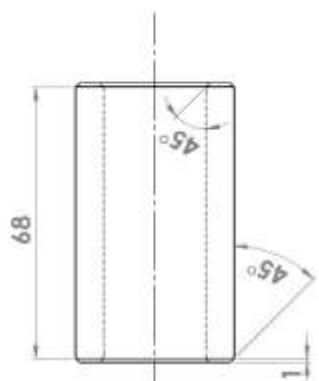

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

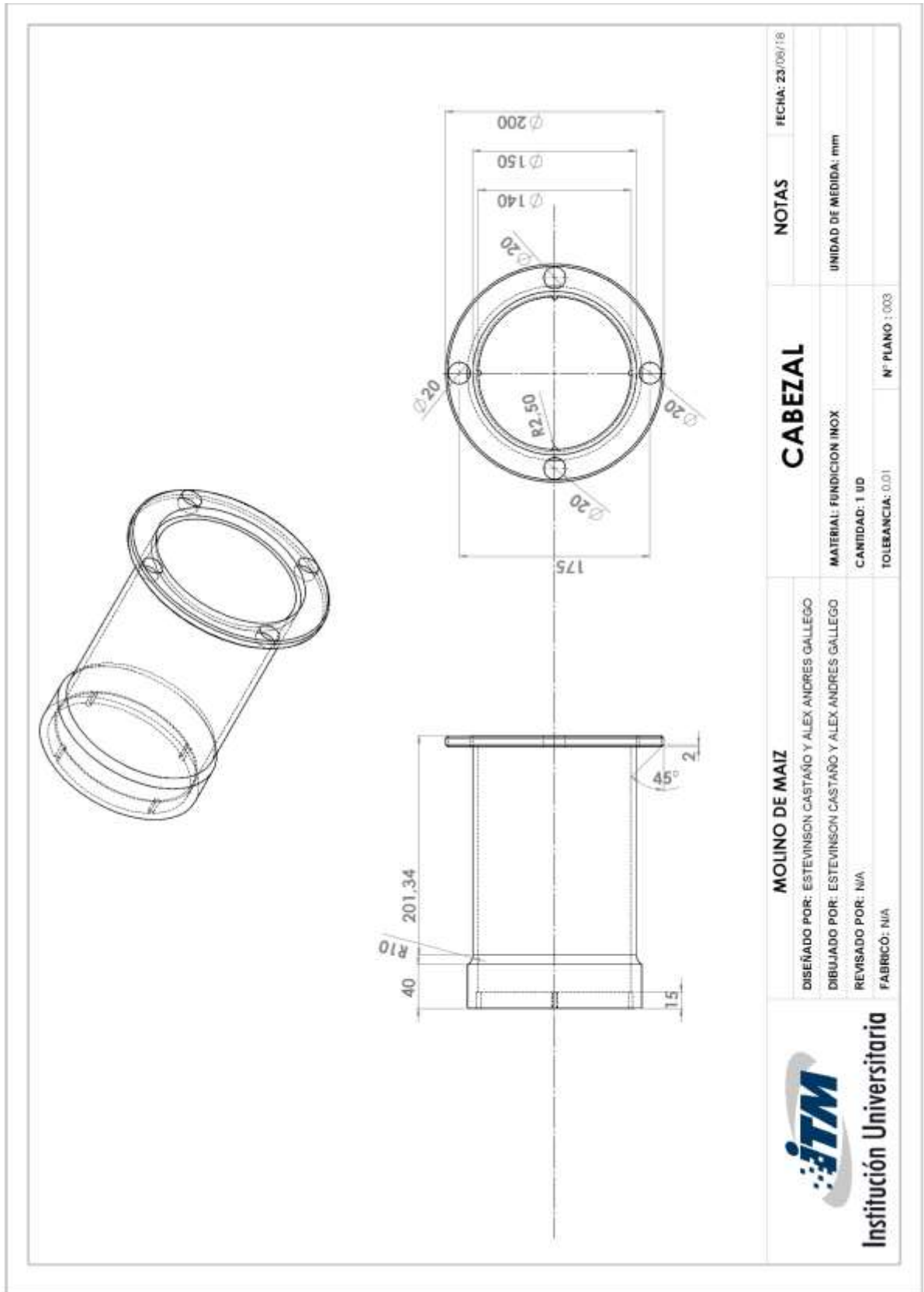
Tabla 133. Listado de componentes mecánicos

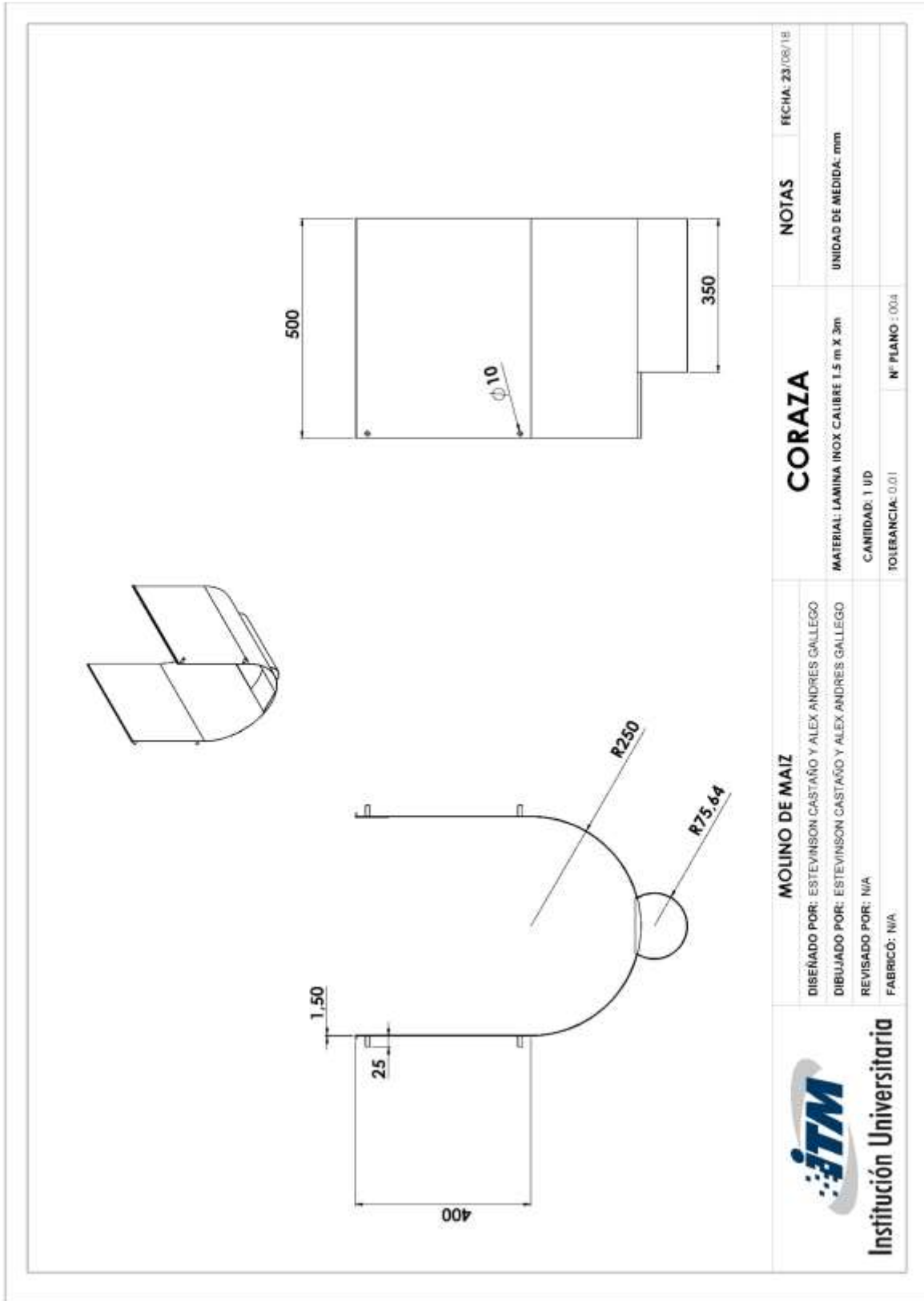
COMPONENTE MECANICO	# PLANO	FABRICACION SOBRE PEDIDO	PIEZA COMERCIAL
Acople sinfín	PLANO 1	X	
Buje soporte mezclador	PLANO 2	X	
Cabezal	PLANO 3	X	
Coraza	PLANO 4	X	
Cuchilla	PLANO 5		X
Cuña acople	PLANO 6	X	
Disco corte	PLANO 7		X
Estructura	PLANO 8	X	
Eje soporte mezclador	PLANO 9	X	
Eje caja reductora	PLANO 10	X	
Estructura central	PLANO 11	X	
Guarda	PLANO 12	X	
Larguero patas	PLANO 13	X	
Mezclador	PLANO 14	X	
Nariz	PLANO 15	X	
Pasador mezclador	PLANO 16	X	
Patas	PLANO 17	X	
Platina soporte de motorreductor	PLANO 18	X	
Refuerzo salida producto	PLANO 19	X	
Sinfín	PLANO 20	X	
Soporte estructura	PLANO 21	X	
Soporte mezclador	PLANO 22	X	
Soporte motorreductor	PLANO 23	X	
Tapa coraza delantera	PLANO 24	X	
Tapa coraza trasera	PLANO 25	X	
Tapa cuna acople	PLANO 26	X	
Tuerca cabezal	PLANO 27	X	
Soporte chumaceras	PLANO 28	X	
Chumaceras			X

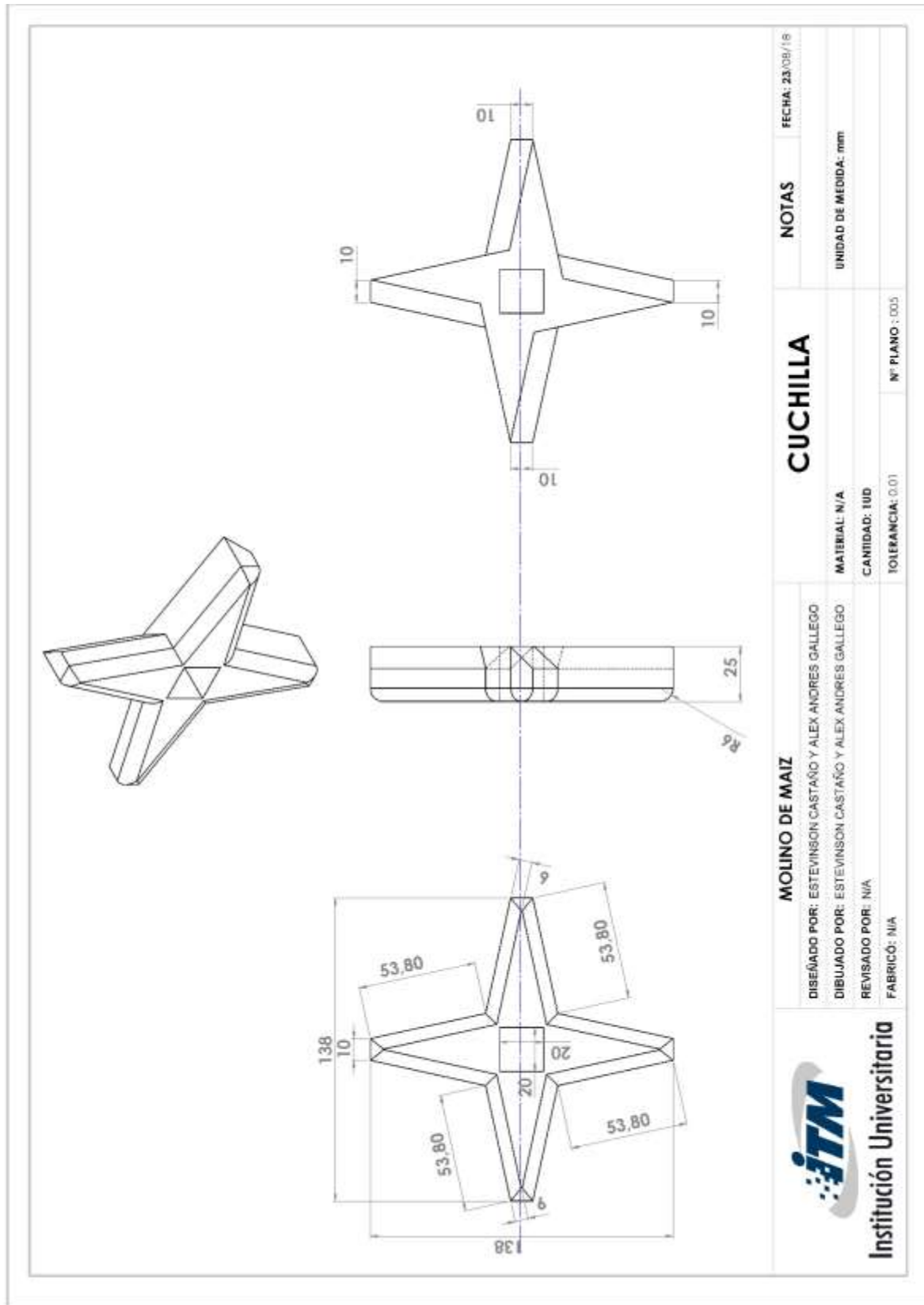
PLANOS MECANICOS



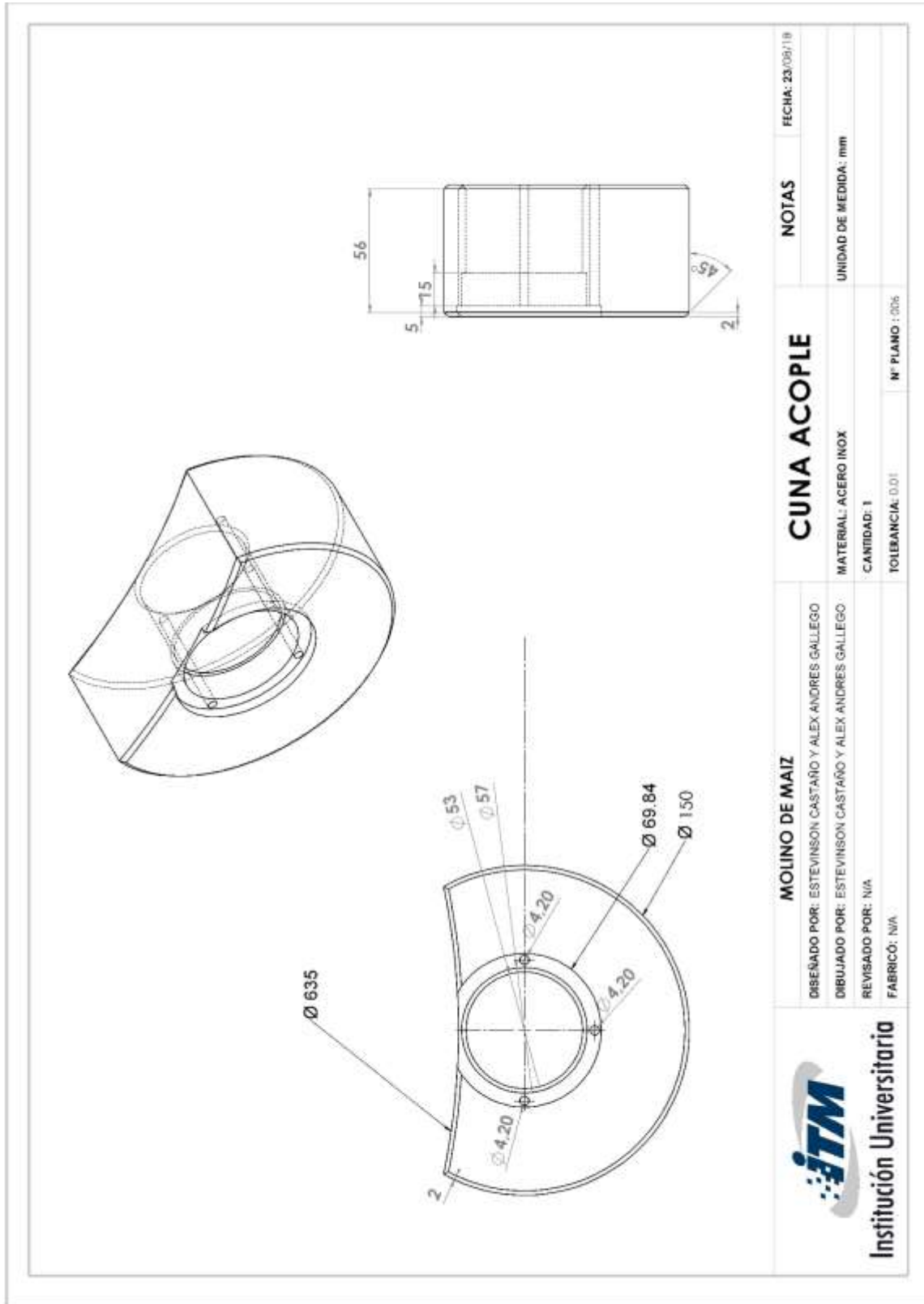
  	MOLINO DE MAIZ		BUJE SOPORTE MEZCLADOR	NOTAS	
	DISEÑADO POR: ESTEVIÑSON CASTAÑO Y ALEX ANDRES GALLEGO				MATERIAL: UHMW 40MM DIAMETRO X 70L
	DIBUJADO POR: ESTEVIÑSON CASTAÑO Y ALEX ANDRES GALLEGO				CANTIDAD: 1 UD
	REVISADO POR: N/A				Nº PLANO : 002
FABRICÓ: N/A		TOLERANCIA: 0.01	FECHA: 23/08/18		
 <p>Institución Universitaria</p>					

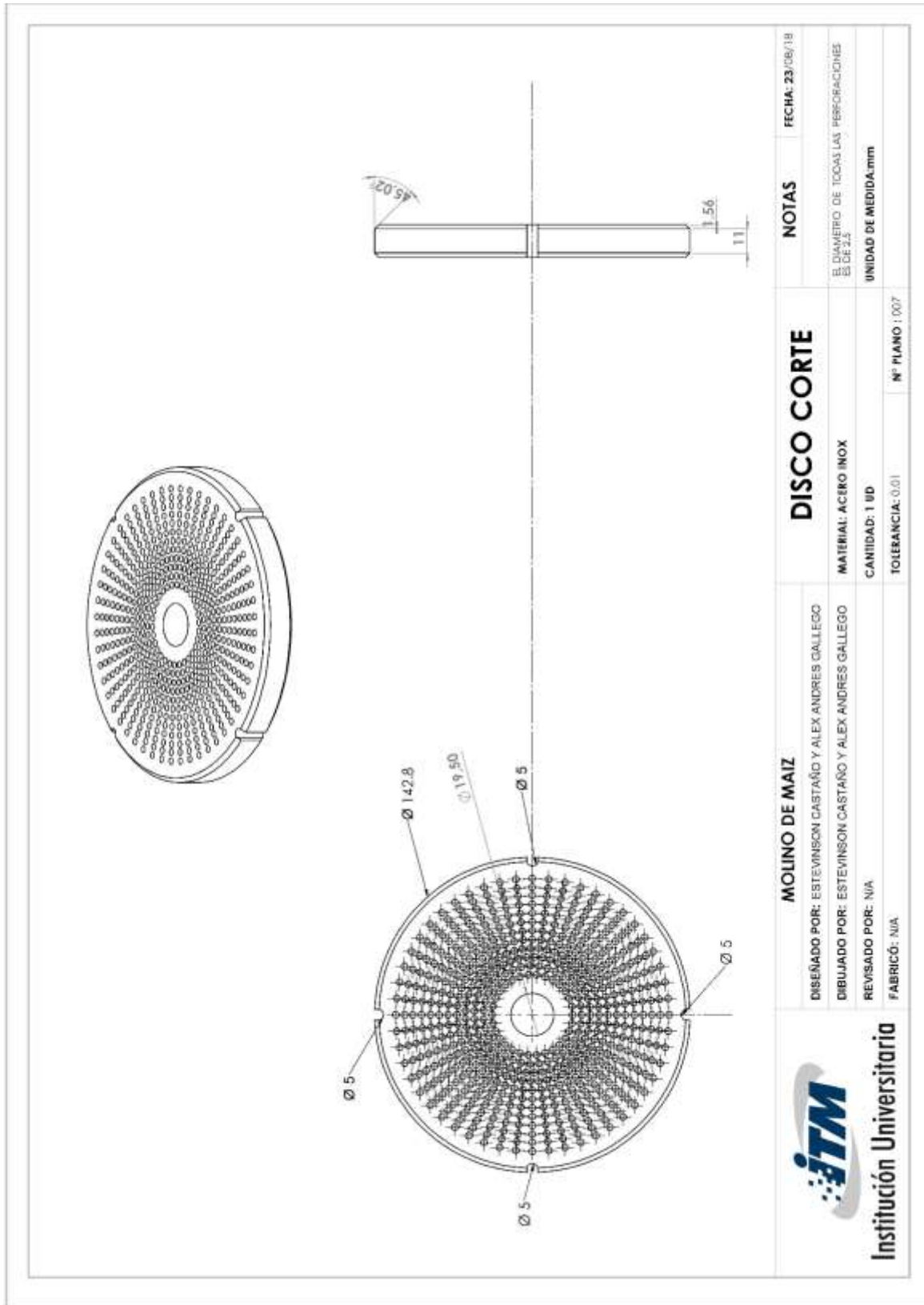


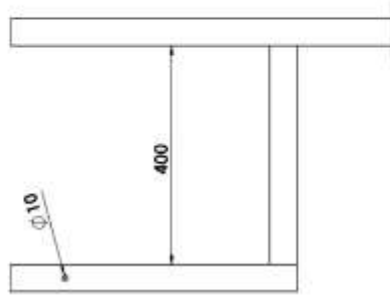
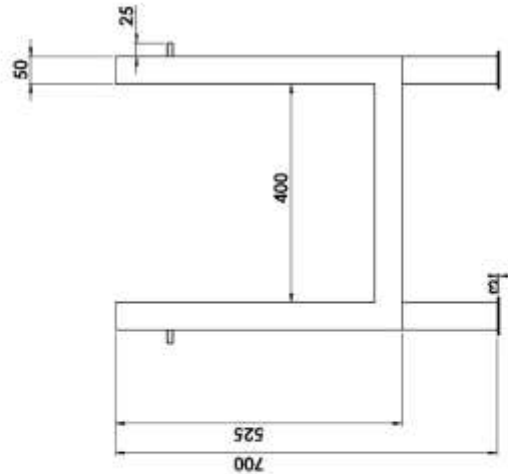
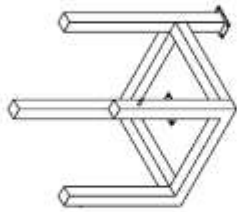





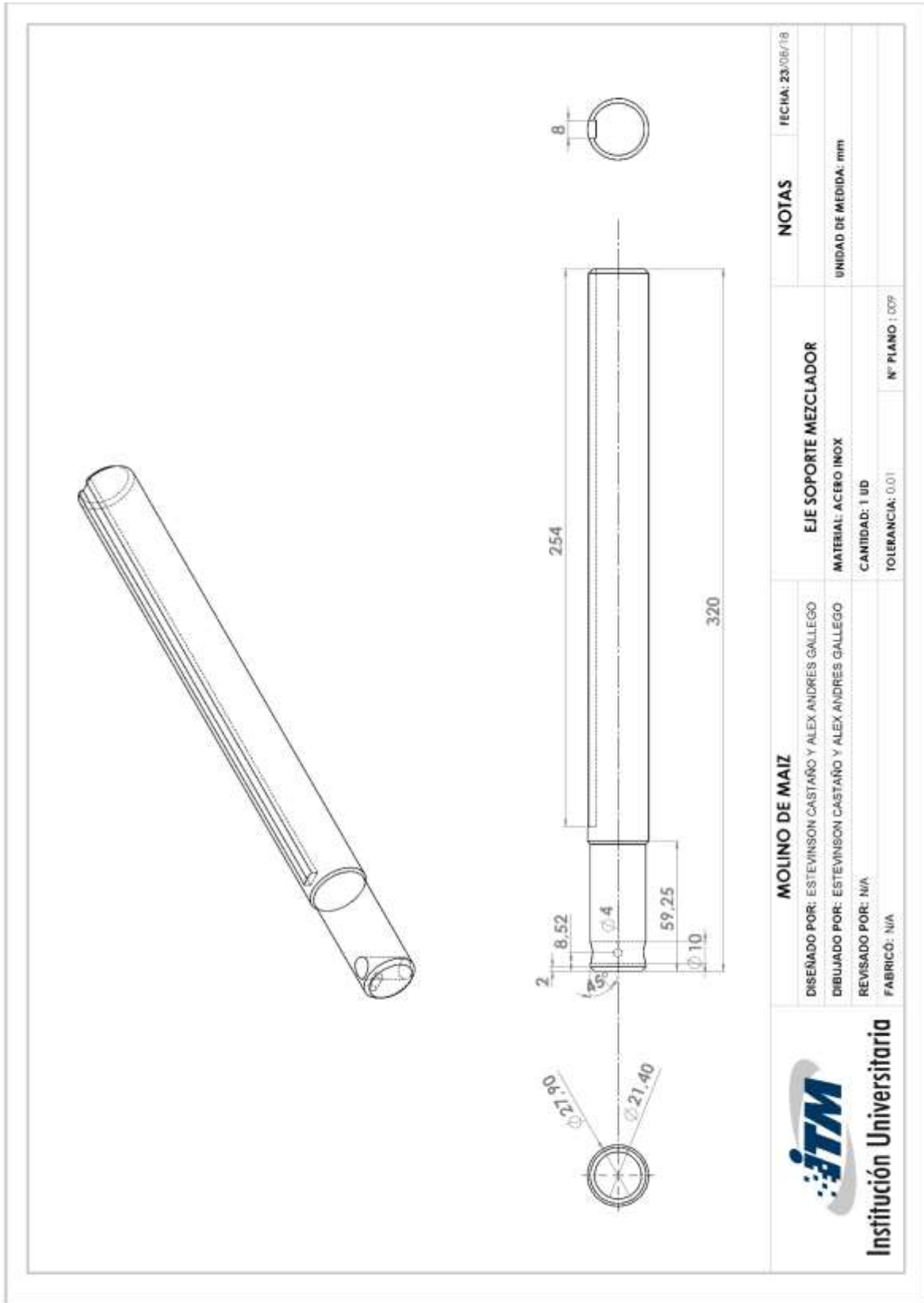
MOLINO DE MAIZ		CUCHILLA		NOTAS	FECHA: 23/08/18
DISEÑADO POR: ESTEVINSON CASTAÑO Y ALEX ANDRES GALLEGO		MATERIAL: N/A		UNIDAD DE MEDIDA: mm	
DIBUJADO POR: ESTEVINSON CASTAÑO Y ALEX ANDRES GALLEGO		CANTIDAD: 100		Nº PLANO : 005	
REVISADO POR: N/A		TOLERANCIA: 0.01			
FABRICÓ: N/A					

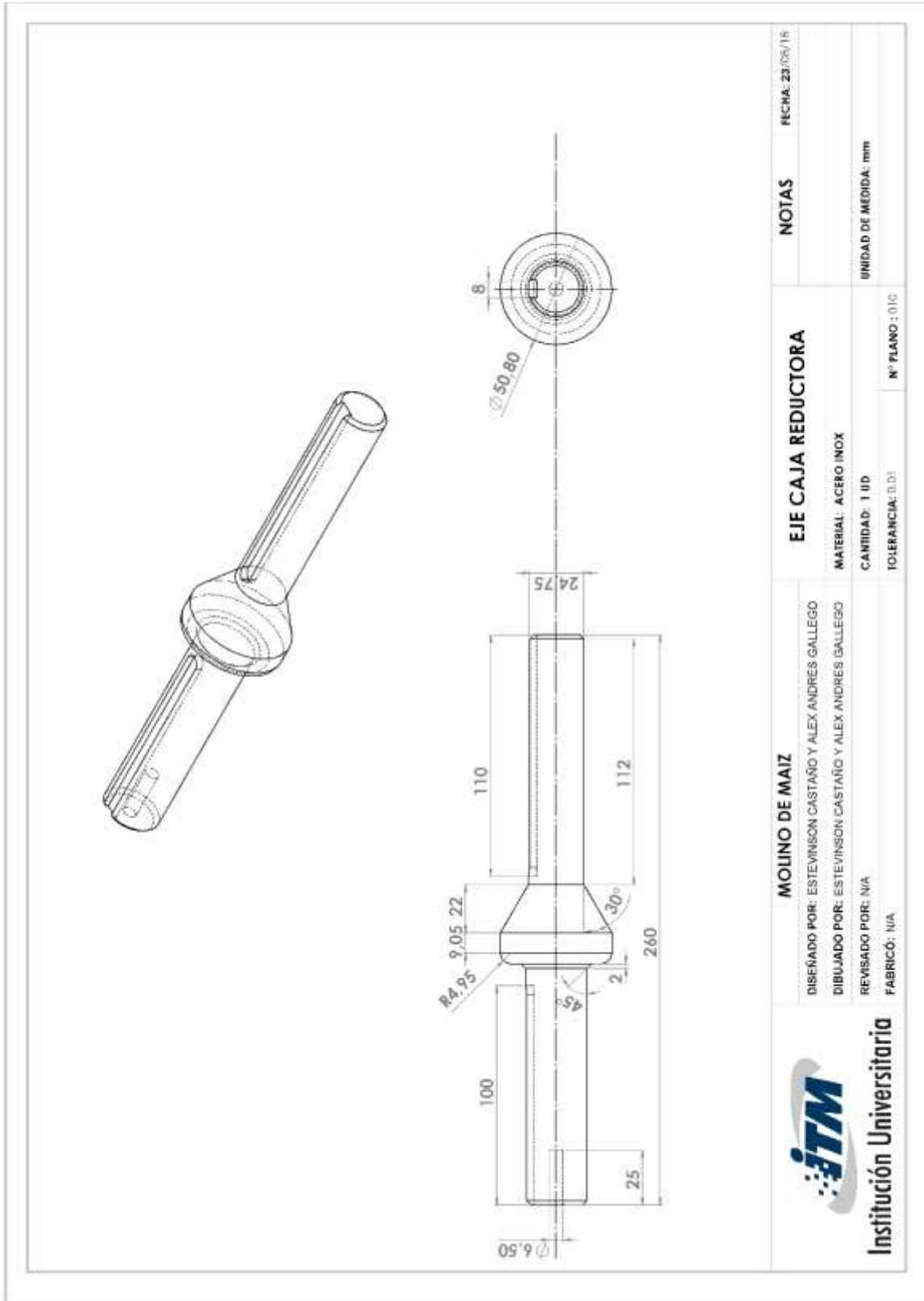


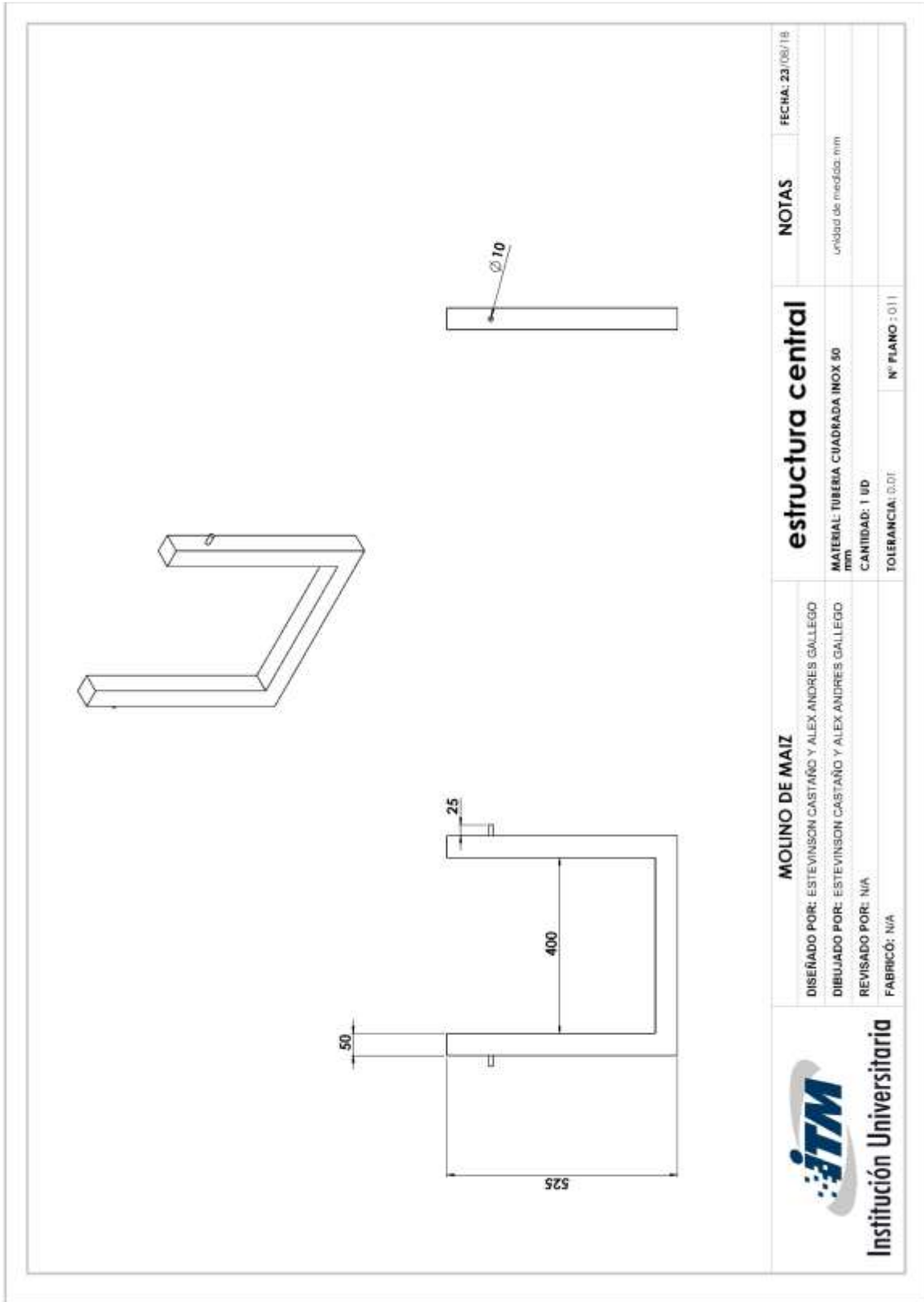


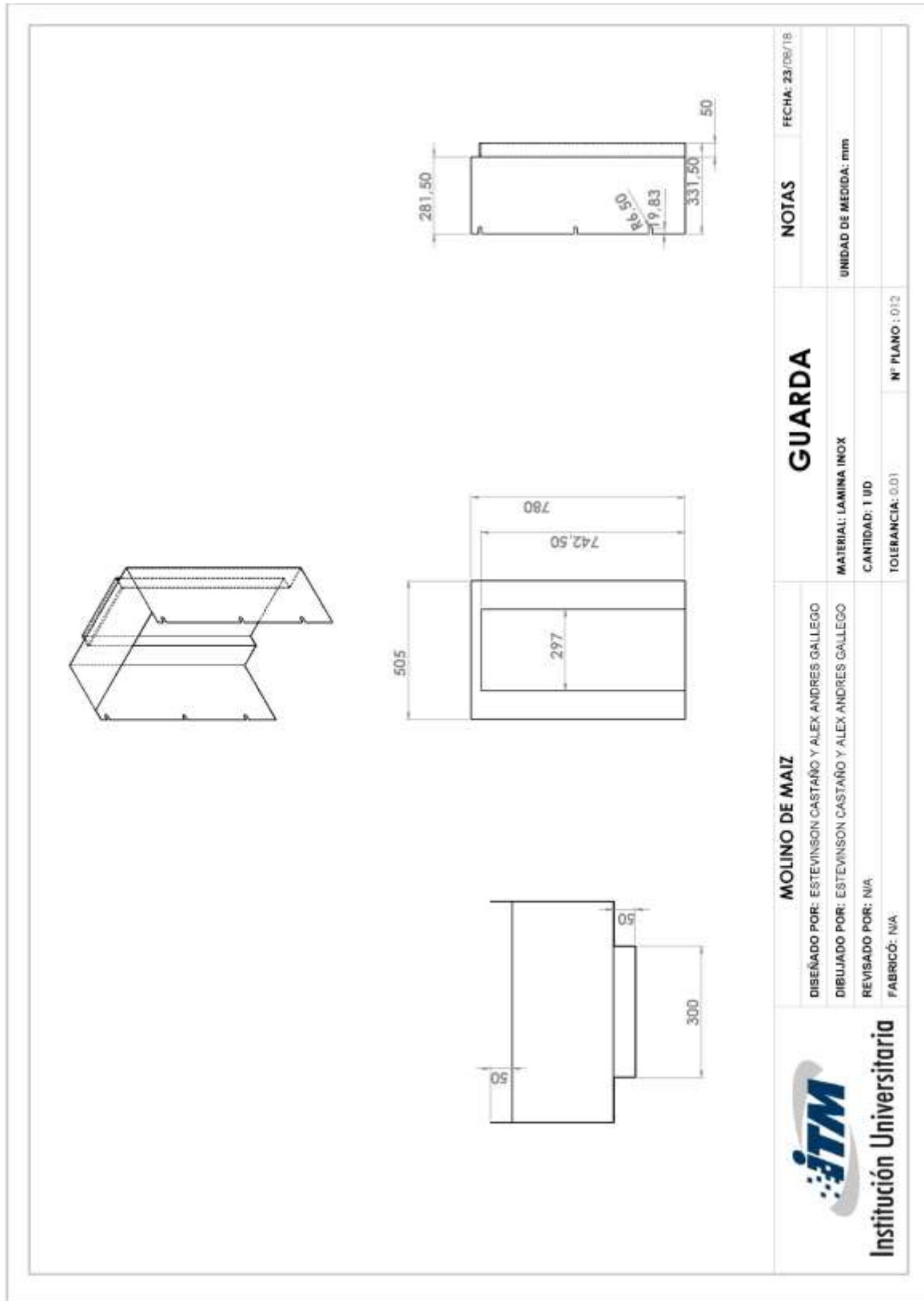


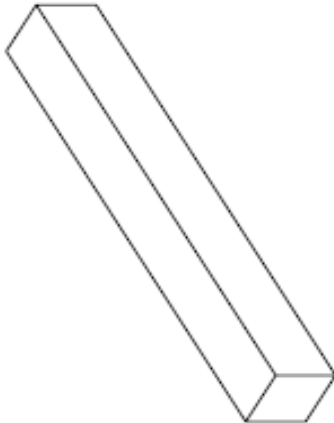
 Institución Universitaria	MOLINO DE MAIZ DISEÑADO POR: ESTEVINSON CASTAÑO Y ALEX ANDRÉS CALLEJO DIBUJADO POR: ESTEVINSON CASTAÑO Y ALEX ANDRÉS CALLEJO REVISADO POR: N/A FABRICÓ: N/A		estructura MATERIAL: TUBERIA CUADRADA INOX 50 mm CANTIDAD: 6 m TOLERANCIA: 0.01		NOTAS FECHA: 23/08/18 Unidad de medida: mm
					N° PLANO : 008



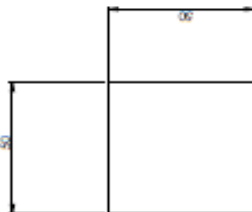









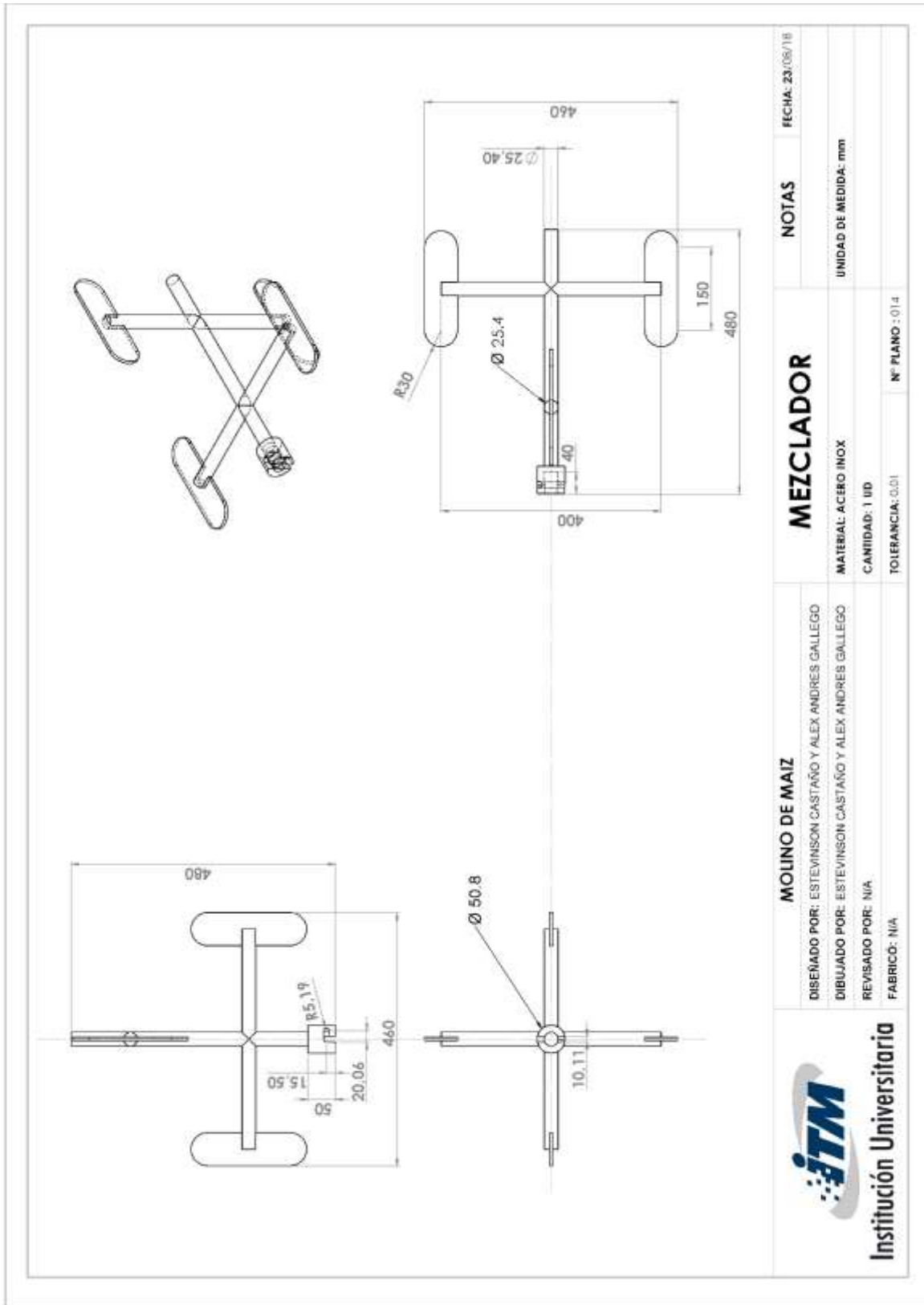
400

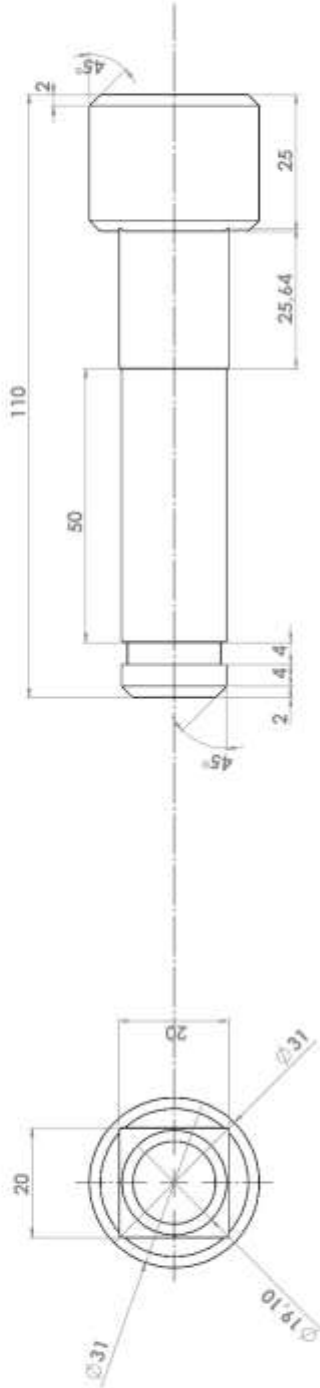
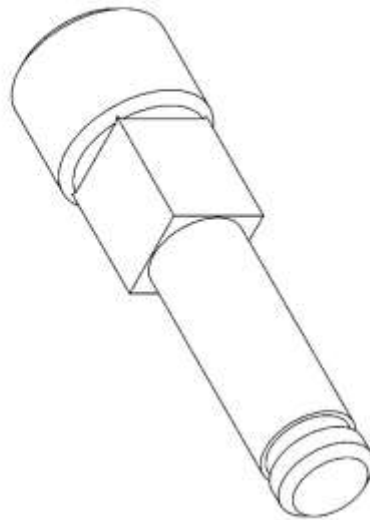


50 60

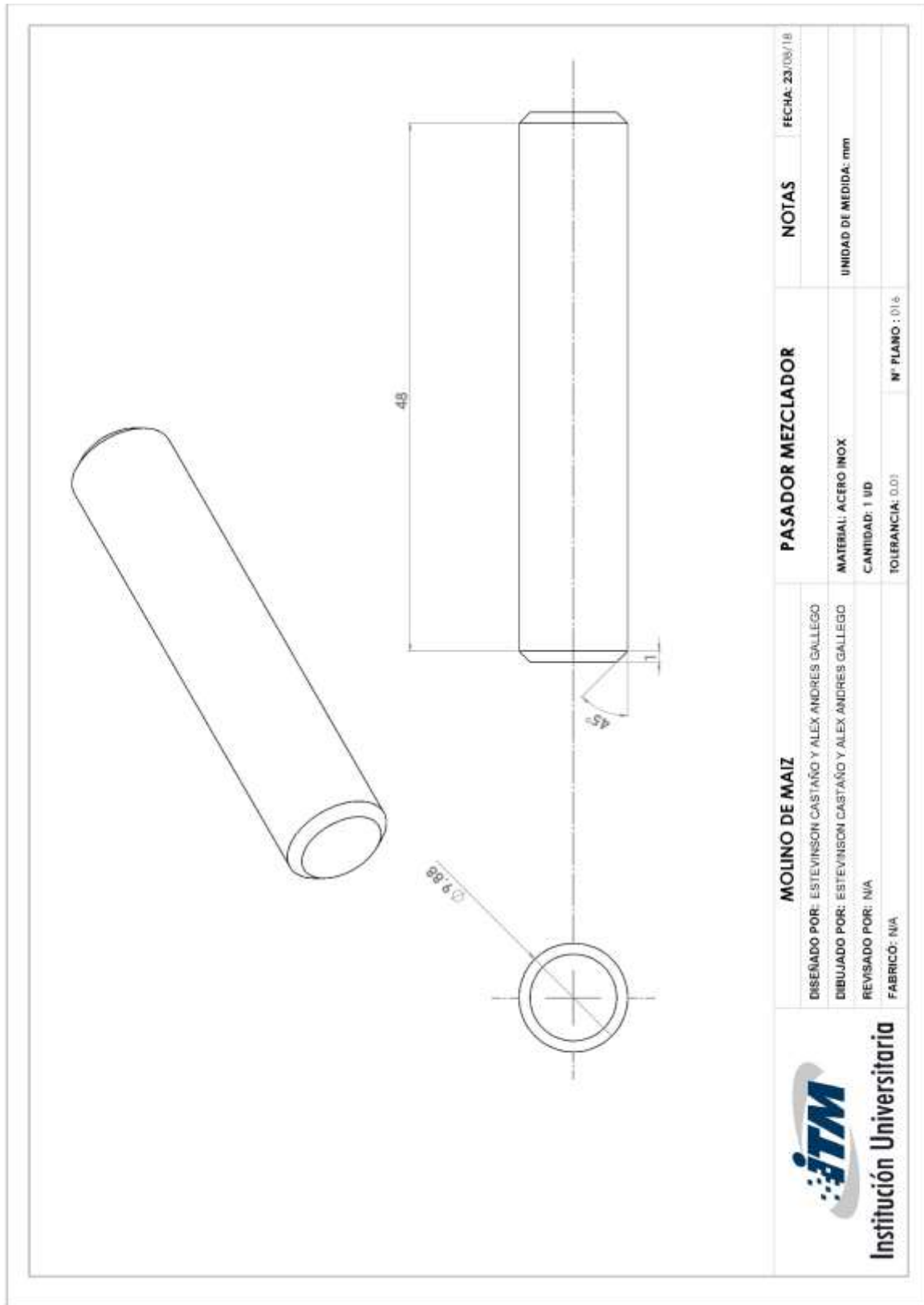
MOLINO DE MAIZ	NOTAS	FECHA: 23/08/18
DISEÑADO POR: ESTEVINSON CASTAÑO Y ALEX ANDRES GALLEGO	LARGUERO PATAS MATERIAL: TIBERIA CUADRADA 50 mm CANTIDAD: 2 UD TOLERANCIA: 0.01 N° PLANO : 013	
DIBUJADO POR: ESTEVINSON CASTAÑO Y ALEX ANDRES GALLEGO		unidad de medida: mm
REVISADO POR: N/A		
FABRICÓ: N/A		

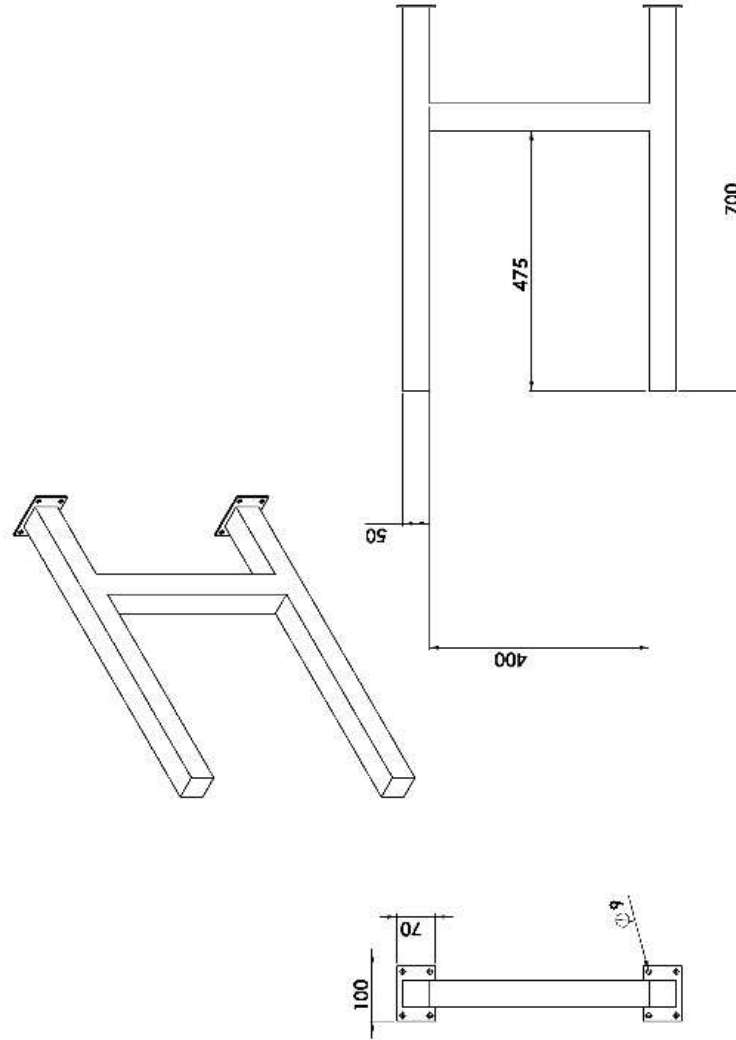






MOLINO DE MAIZ		NOTAS	FECHA: 23/08/18
DISEÑADO POR: ESTEVINSON CASTAÑO Y ALEX ANDRÉS GALLEGO		NARIZ	UNIDAD DE MEDIDA: mm
DIBUJADO POR: ESTEVINSON CASTAÑO Y ALEX ANDRÉS GALLEGO			
REVISADO POR: N/A		MATERIAL: ACERO INOX	
FABRICÓ: N/A		CANTIDAD: 1 UD	
		TOLERANCIA: 0.03	N° PLANO: 015





MOLINO DE MAIZ

DISEÑADO POR: ESTEVINSON CASTAÑO Y ALEX ANDRÉS GALLEGO

DIBUJADO POR: ESTEVINSON CASTAÑO Y ALEX ANDRÉS GALLEGO

REVISADO POR: N/A

FABRICÓ: N/A

PATAS

MATERIAL: TUBERIA CUADRADA 50mm
PLATINA 3mm

CANTIDAD: 1 UD

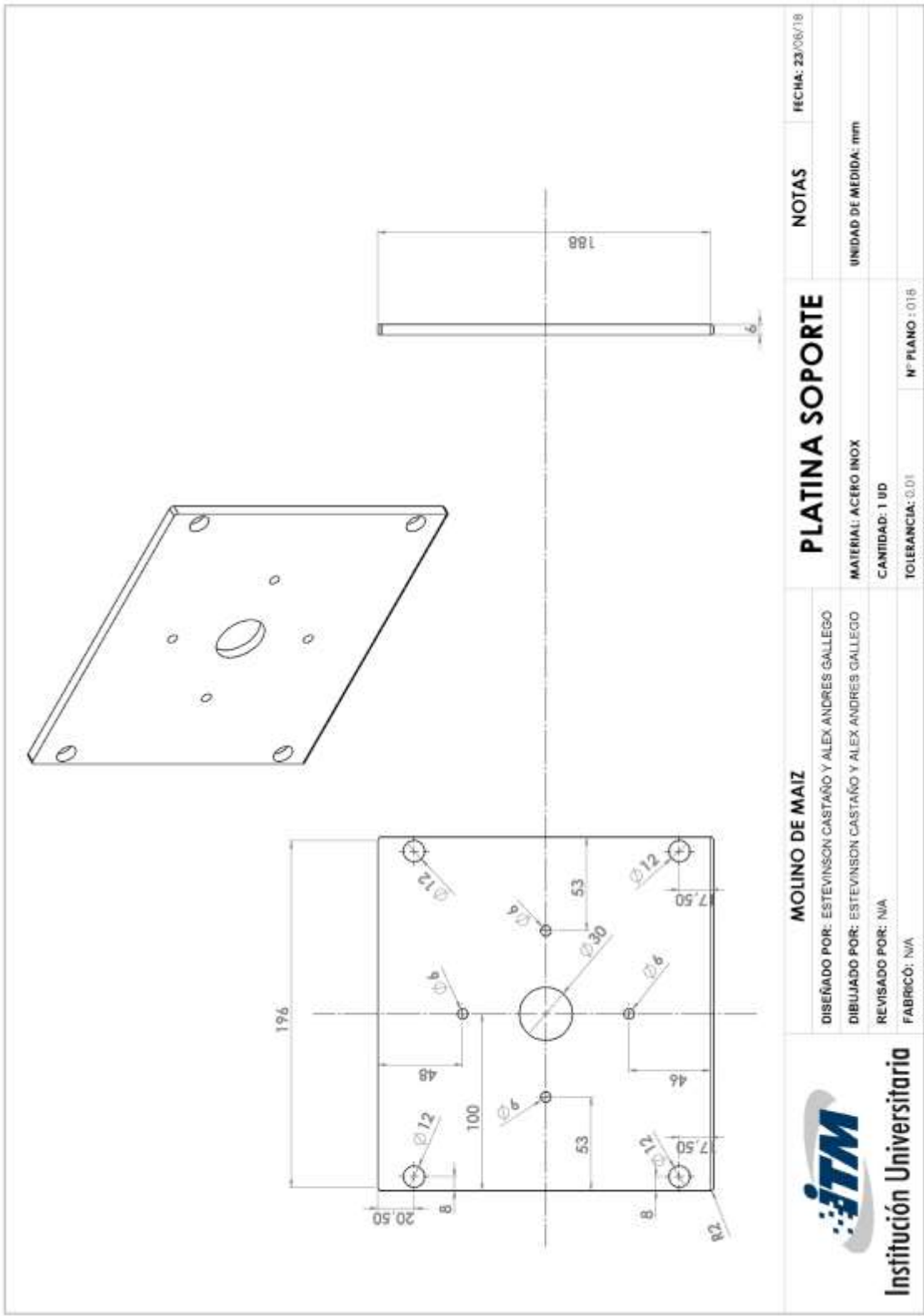
TOLERANCIA: 0.07

NOTAS

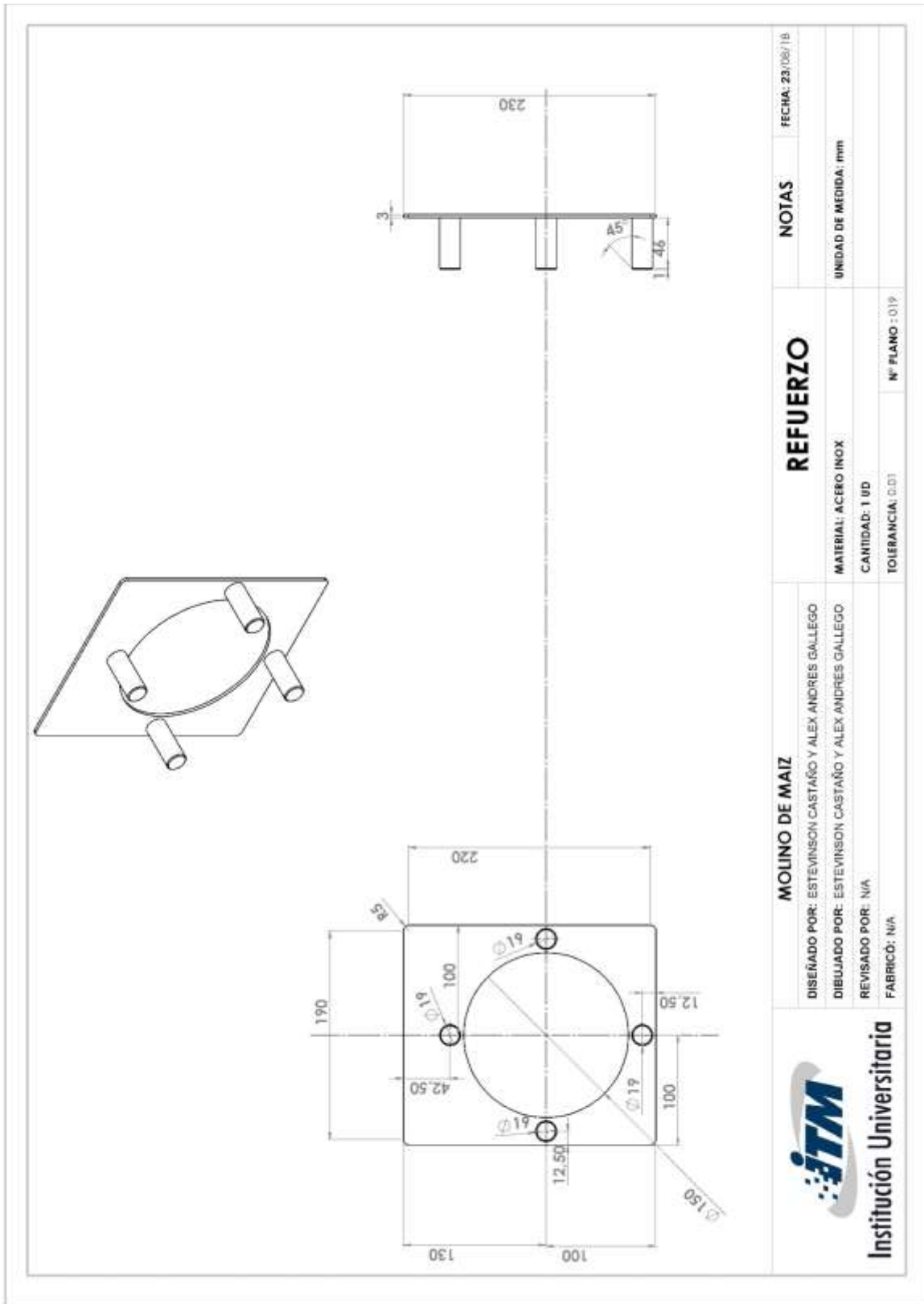
unidades de medida: mm

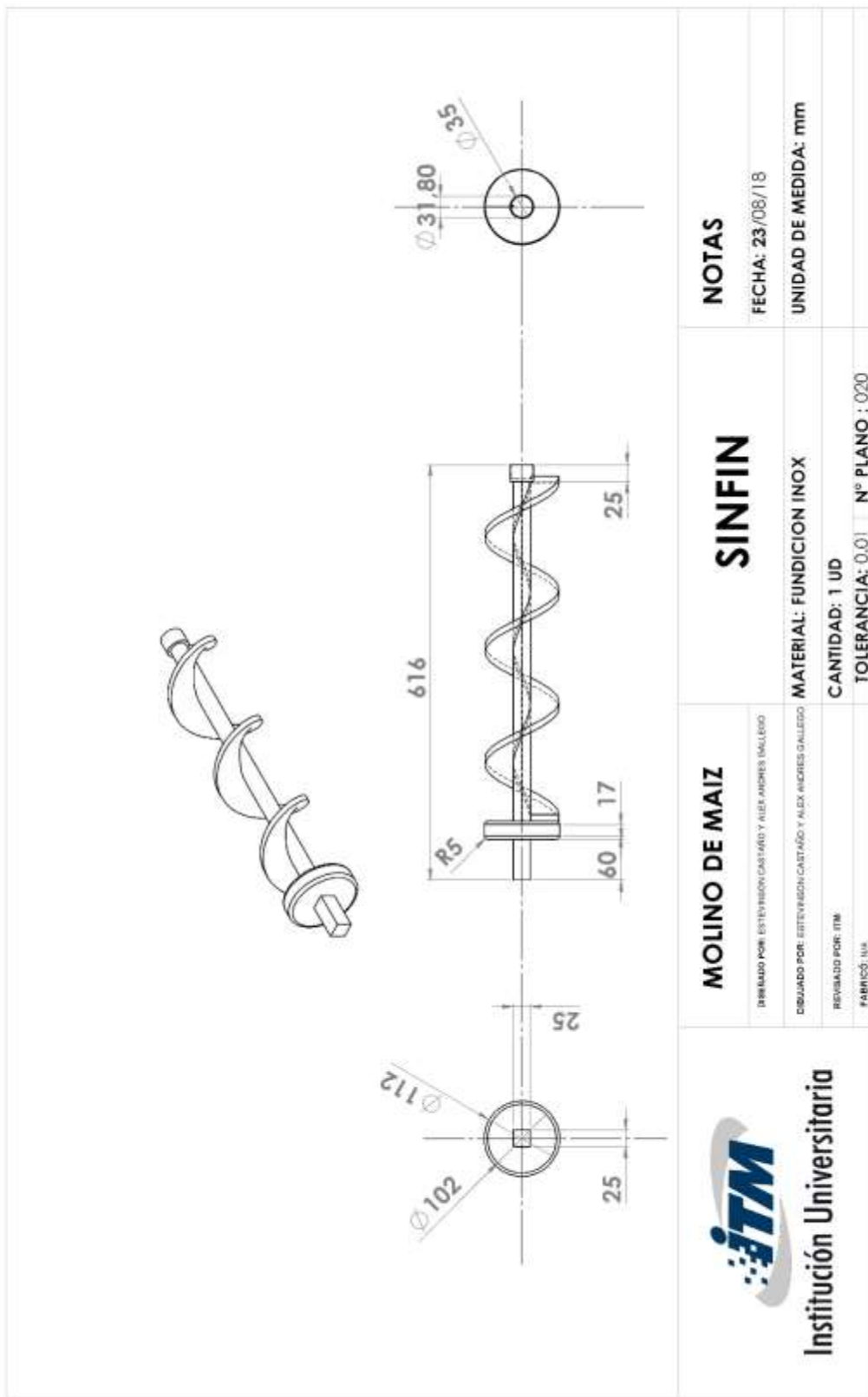
FECHA: 23/03/15

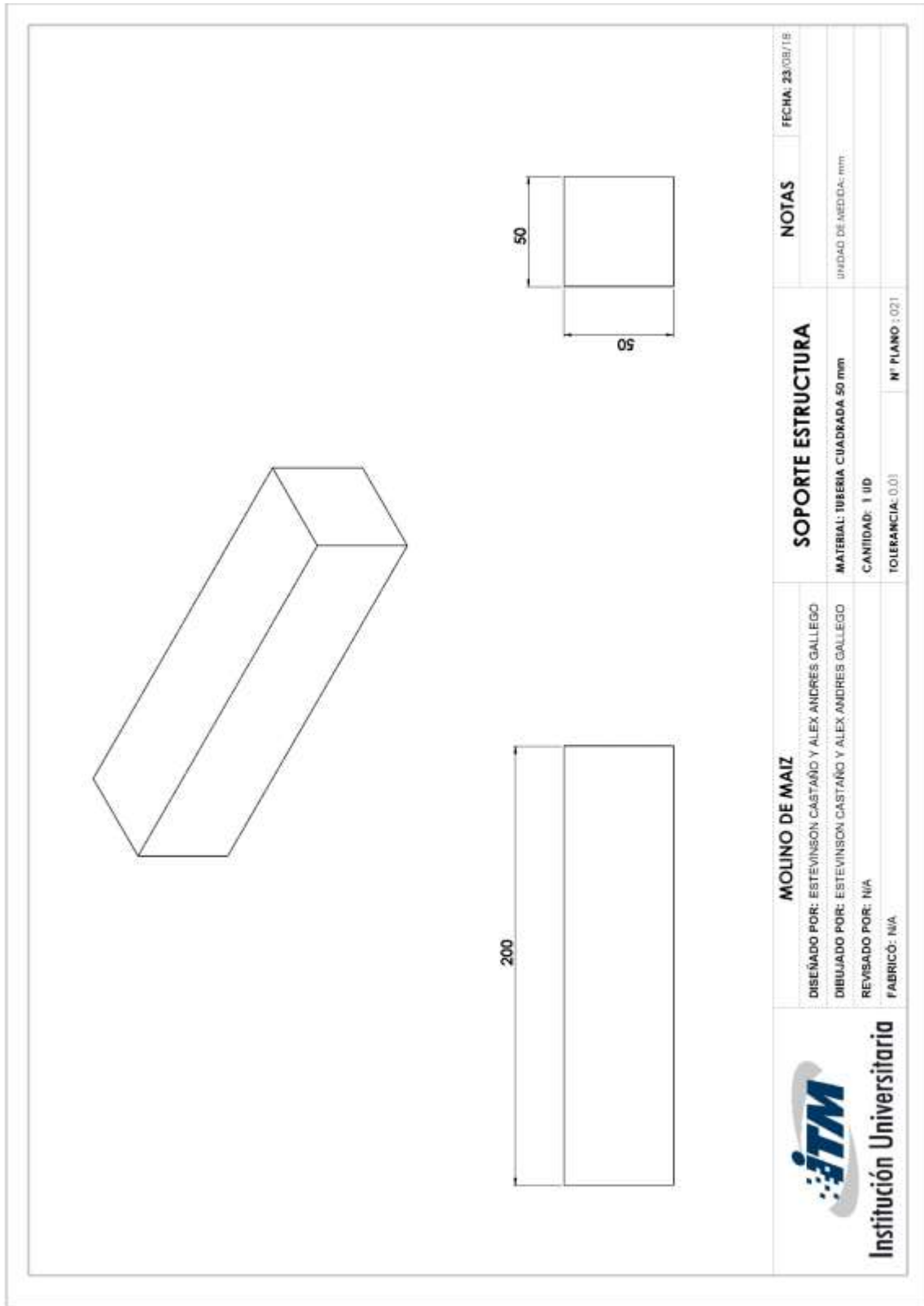
Nº PLANO: 07

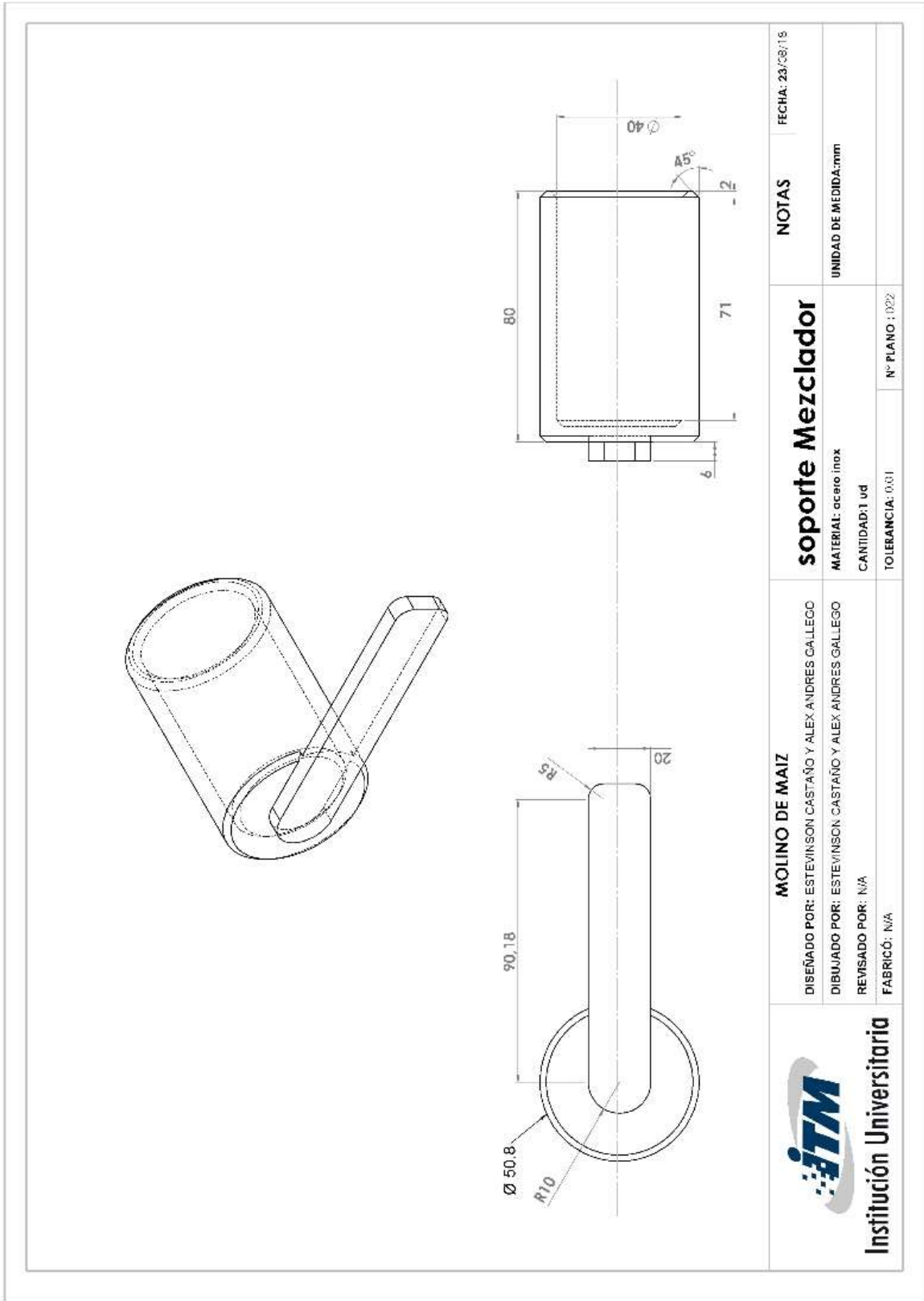


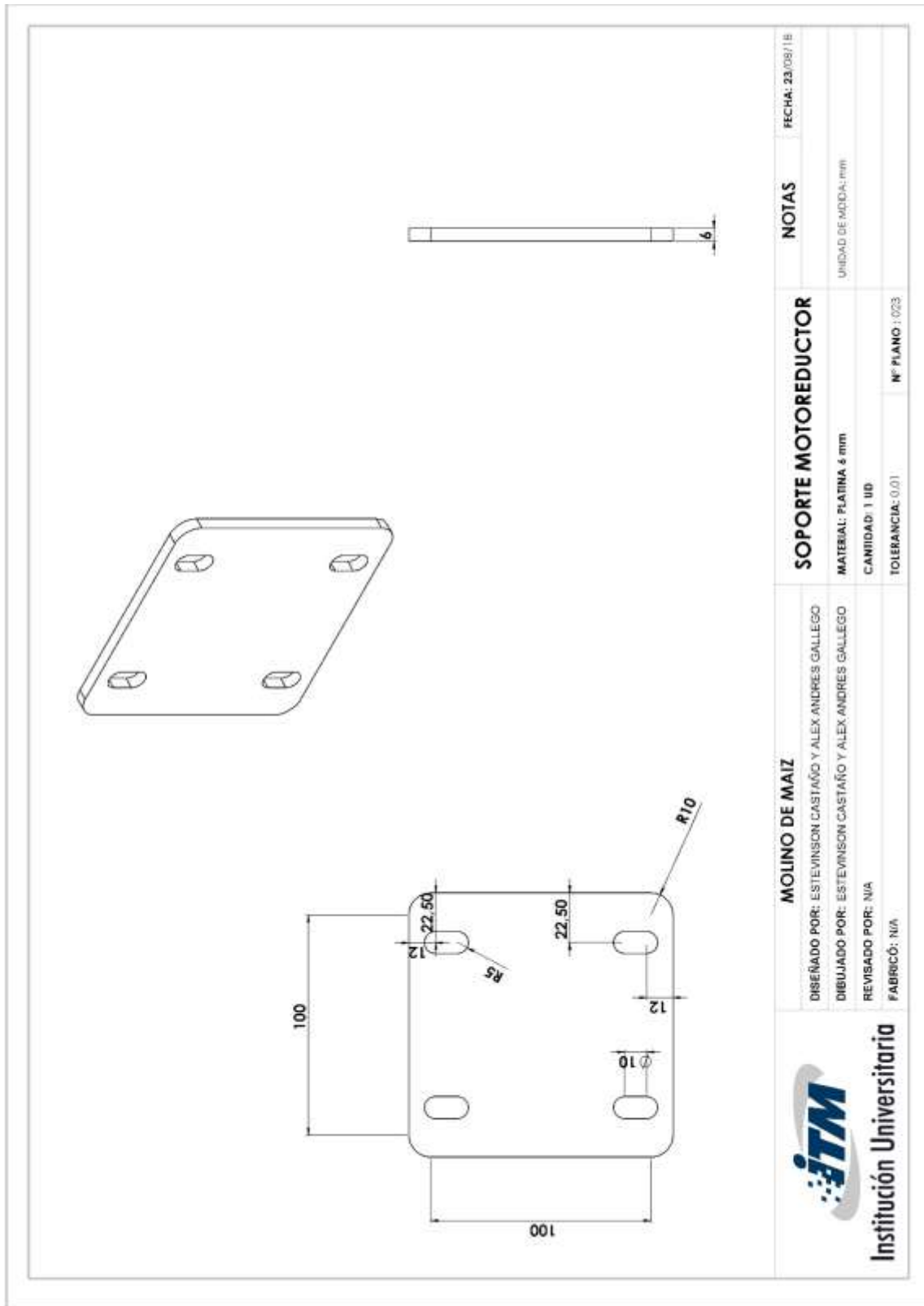
NOTAS		FECHA: 23/06/18
PLATINA SOPORTE		
MATERIAL: ACERO INOX		UNIDAD DE MEDIDA: mm
CANTIDAD: 1 UD		Nº PLANO: 018
TOLERANCIA: 0.01		
MOLINO DE MAIZ		
DISEÑADO POR: ESTEVINSON CASTAÑO Y ALEX ANDRES GALLEGO		
DIBUJADO POR: ESTEVINSON CASTAÑO Y ALEX ANDRES GALLEGO		
REVISADO POR: N/A		
FABRICÓ: N/A		
		Institución Universitaria

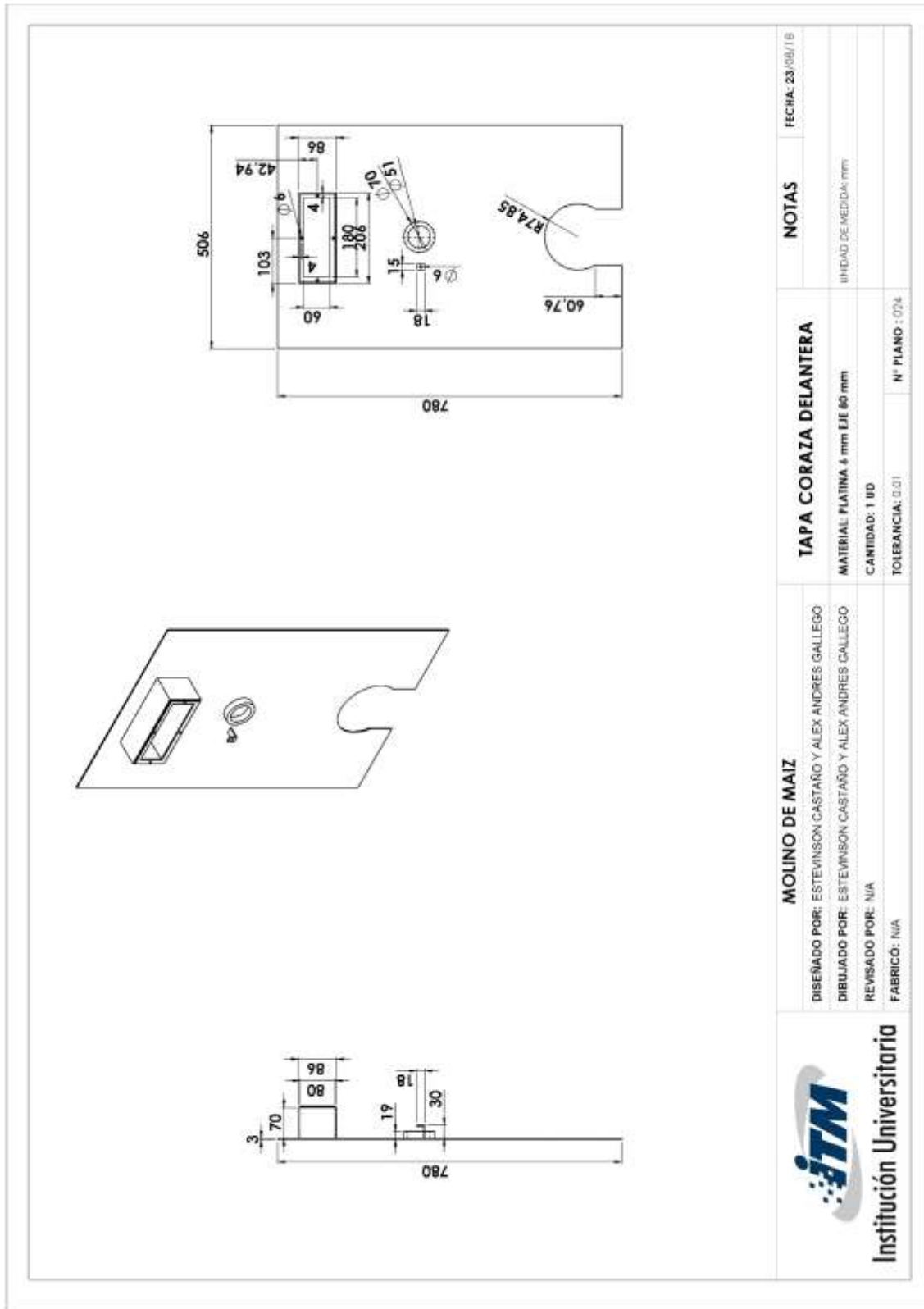


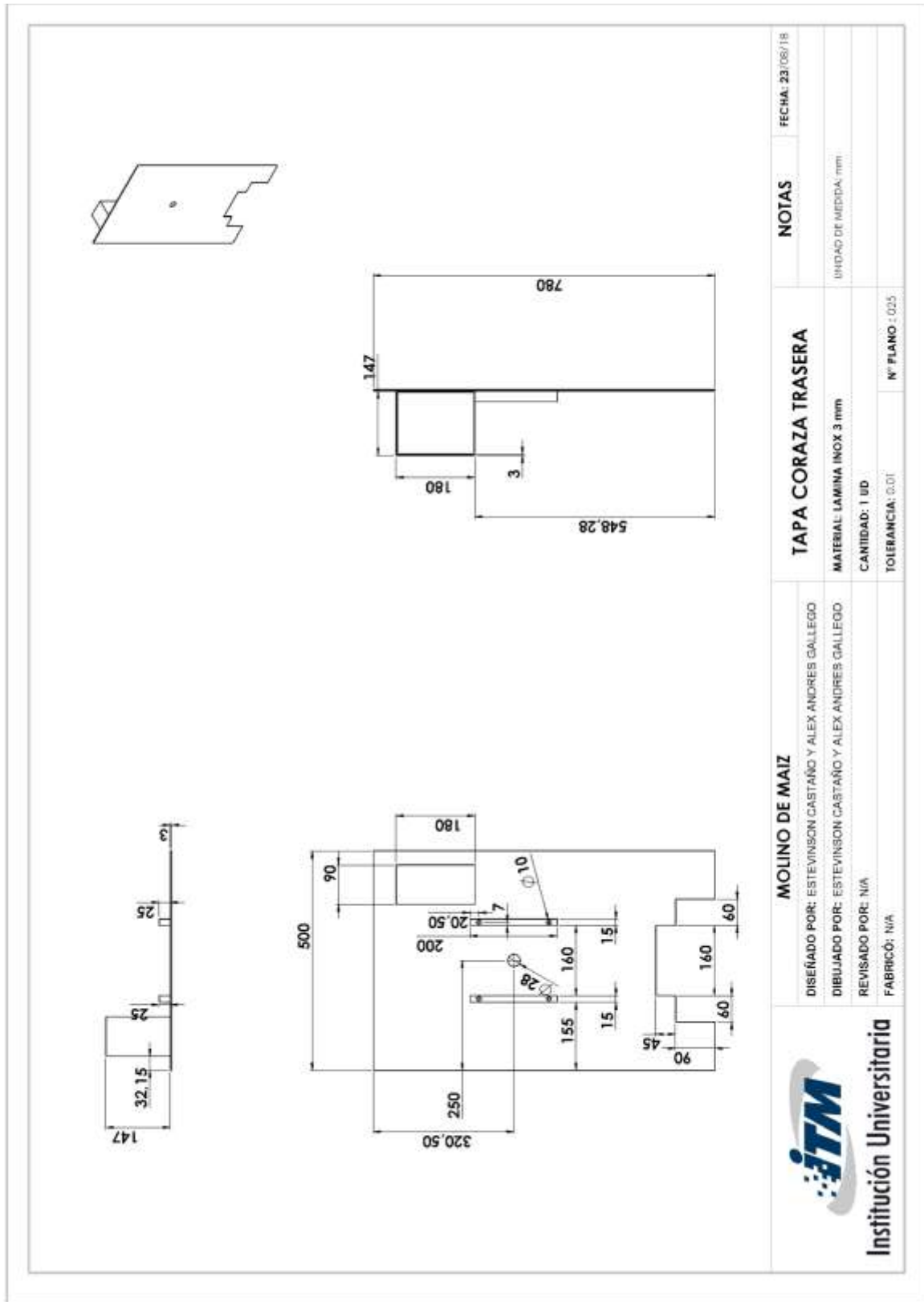


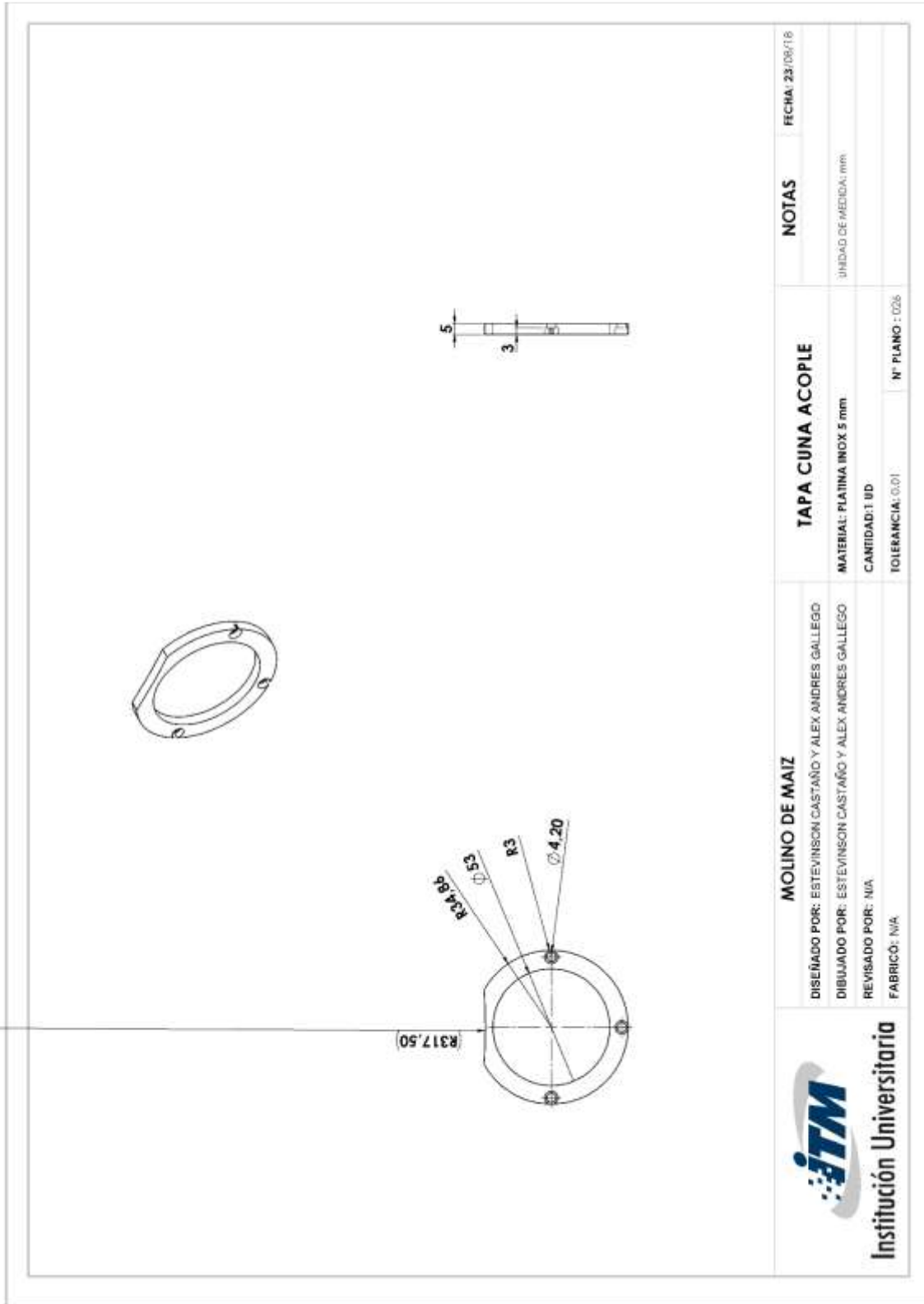


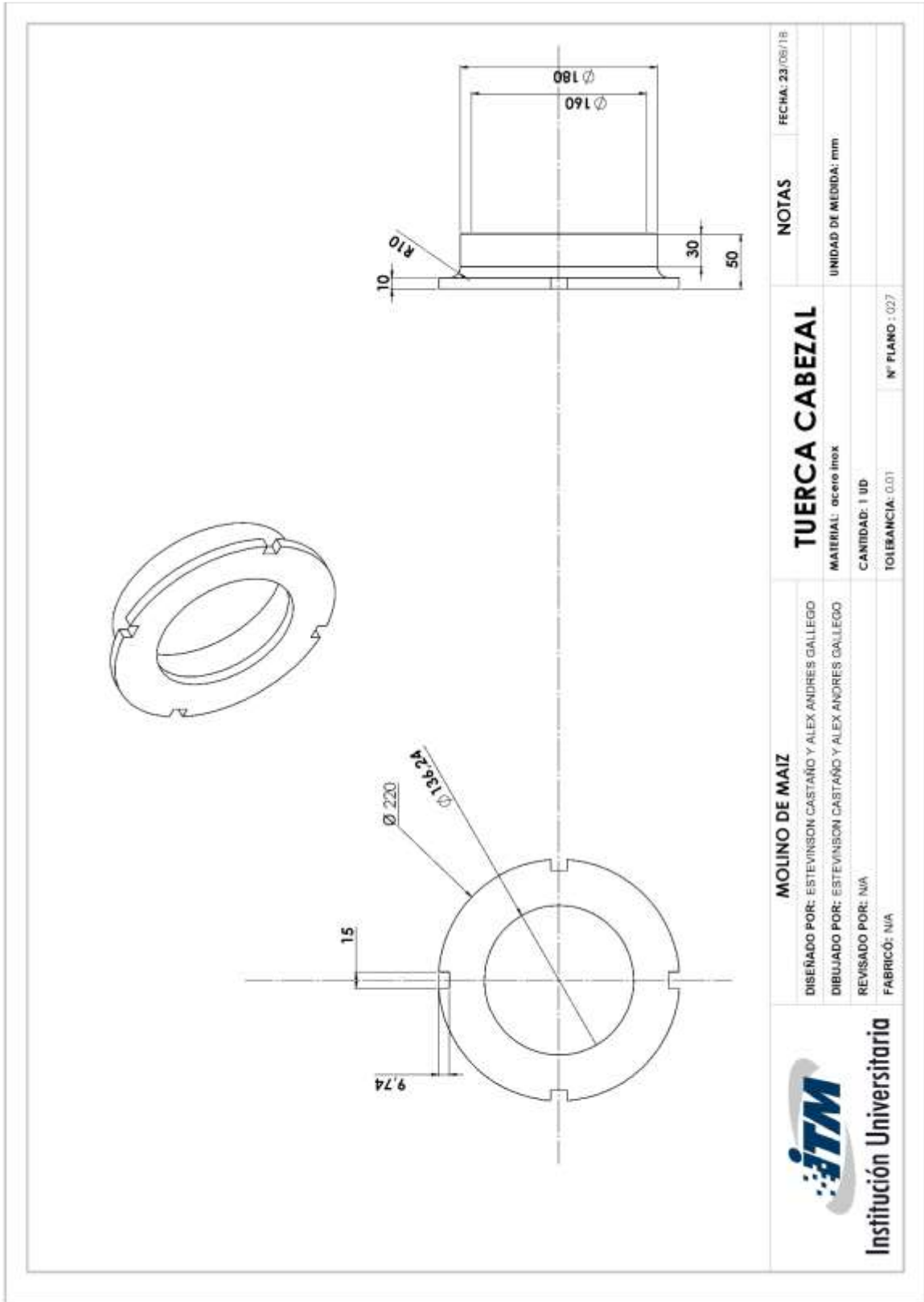


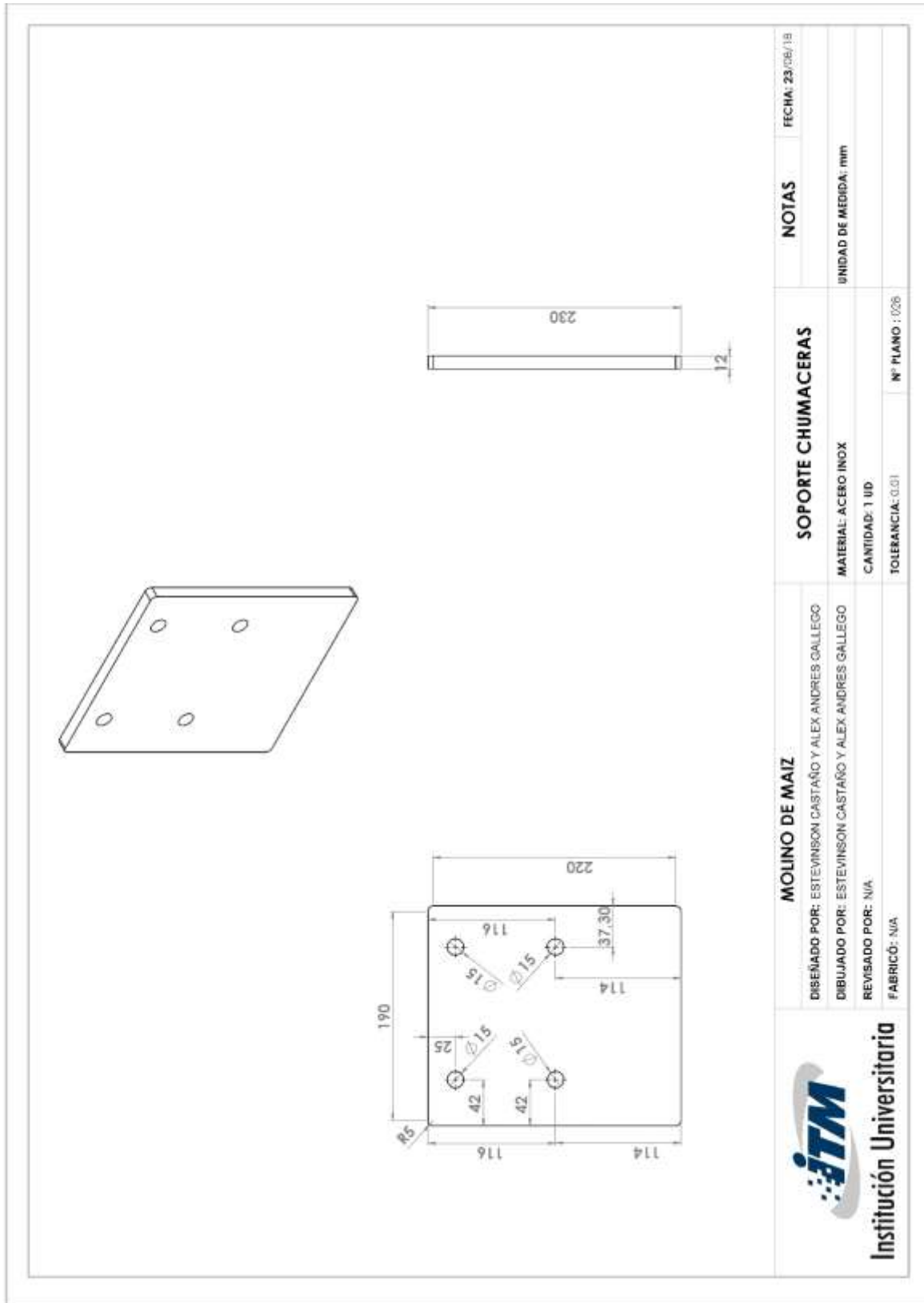


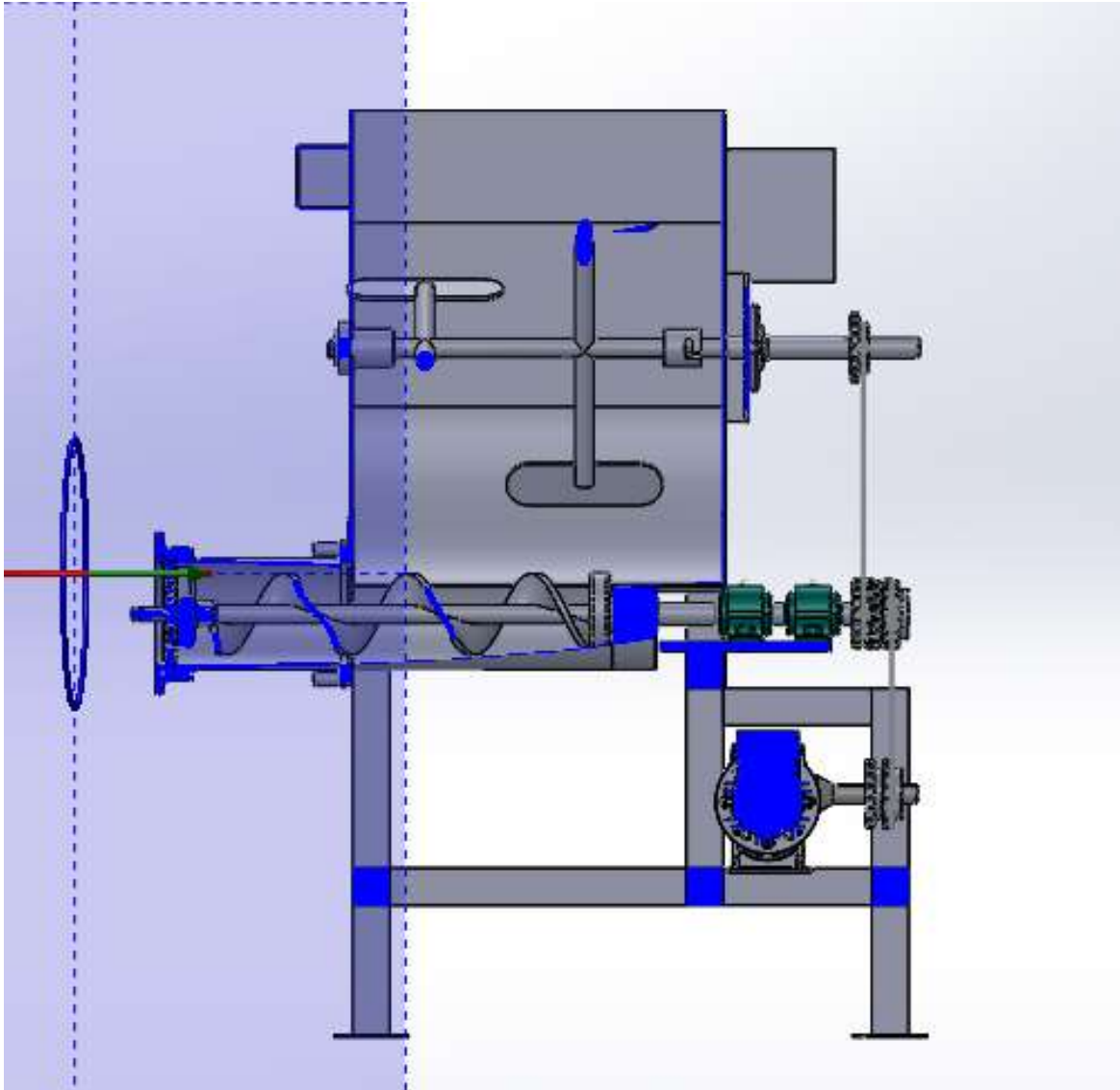


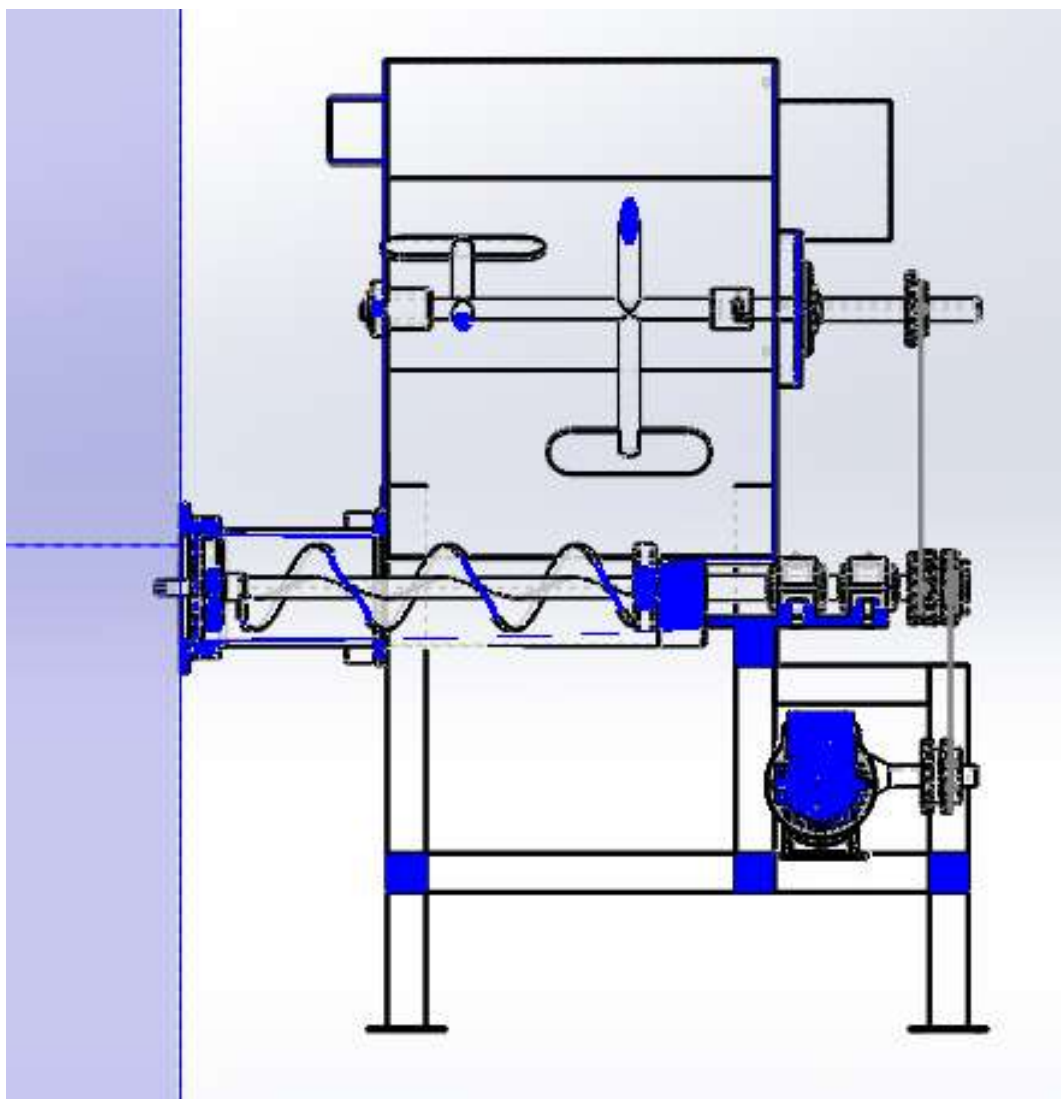


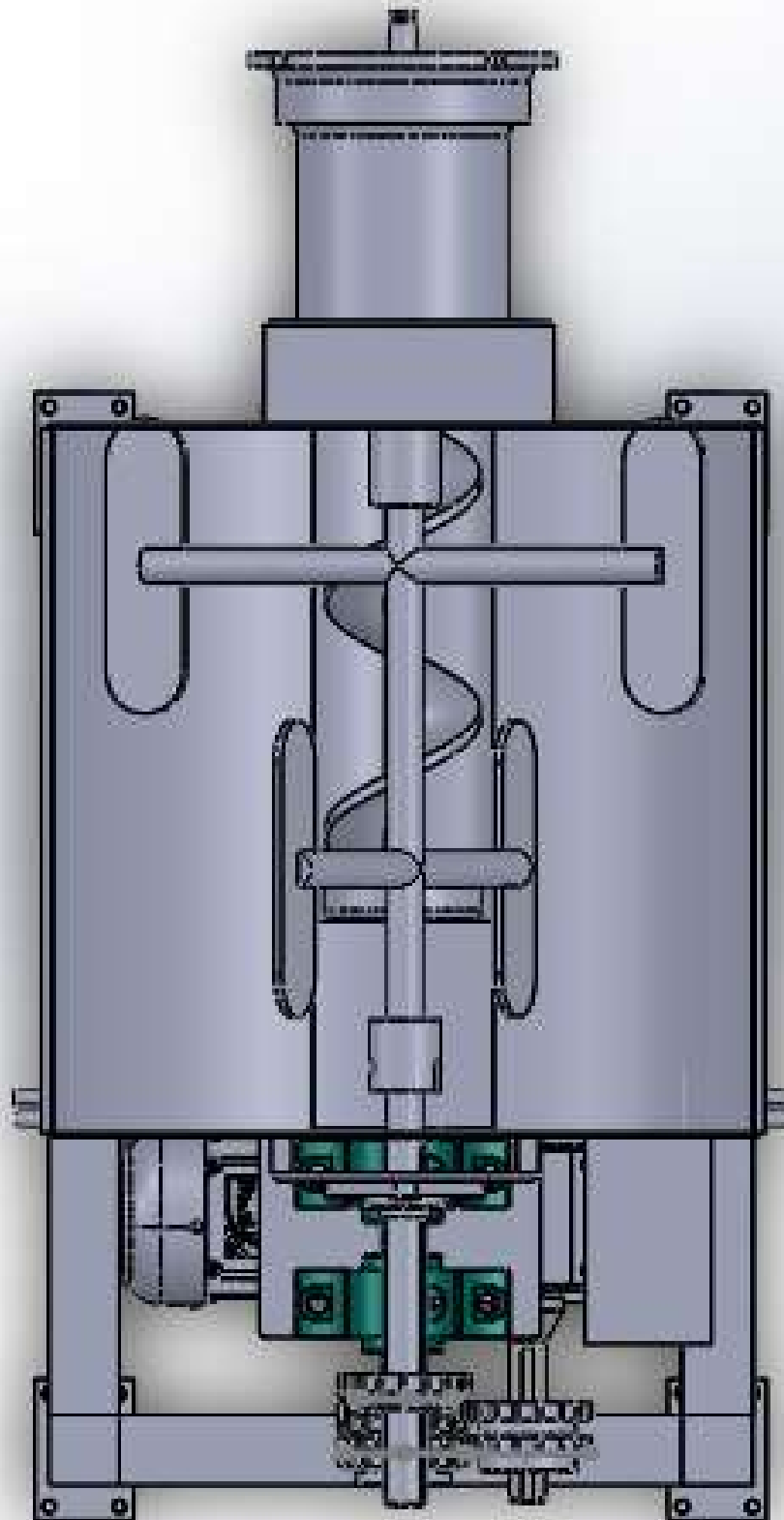


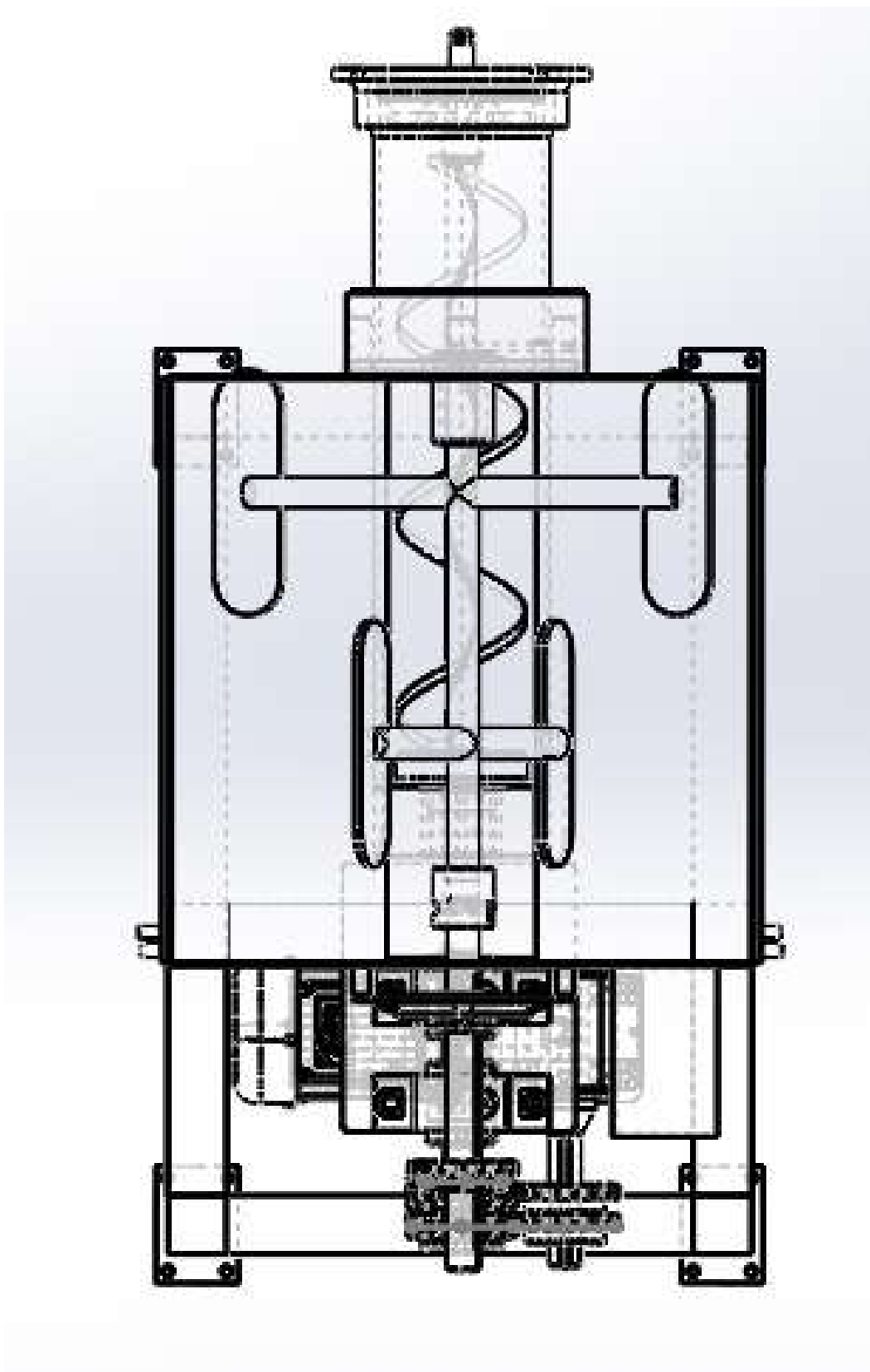












	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES Estudiante
Alex Galvez

FIRMA ASESOR [Signature]

Se entrega Informe Final.

FECHA ENTREGA: Abril 29/2019

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___ ACEPTADO___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____