



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO DE MAÍZ  
HÚMEDO CON UN SISTEMA DE ACCIONAMIENTO  
ELECTROMECÁNICO COMPACTO.”**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTROMECÁNICO**

**AUTORES:**

Cunalata Chicaiza Félix Hernán  
Manobanda Achachi Jonathan Alexis

**TUTOR:**

Ing. Navarrete López Luis Miguel M.Sc.

**LATACUNGA, AGOSTO 2024**

## DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

Nosotros, **CUNALATA CHICAIZA FÉLIX HERNÁN**, con cédula de ciudadanía No. **1805733357** y **MANOBANDA ACHACHI JONATHAN ALEXIS**, con cédula de ciudadanía No. **1805336565** declaramos ser autores de la presente **PROPUESTA TECNOLÓGICA**: “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO DE MAÍZ HÚMEDO CON UN SISTEMA DE ACCIONAMIENTO ELECTROMECAÁNICO COMPACTO**”, siendo el Ing. Navarrete López Luis Miguel MsC. Tutor del presente trabajo; eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente propuesta tecnológica, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, agosto del 2024



.....  
Cunalata Chicaiza Félix Hernán

C.C.: 1805733357



.....  
Manobanda Achachi Jonathan Alexis

C.C.: 1805336565

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO DE MAÍZ HÚMEDO CON UN SISTEMA DE ACCIONAMIENTO ELECTROMECAÁNICO COMPACTO”**, de Cunalata Chicaiza Félix Hernán y Manobanda Achachi Jonathan Alexis, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, agosto del 2024



.....  
Ing. Luis Miguel Navarrete López MsC.

C.C.: 180374728-4

**TUTOR**

## **AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban la presente Propuesta Tecnológica de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Cunalata Chicaiza Félix Hernán; Manobanda Achachi Jonathan Alexis, con el título de Propuesta Tecnológica: “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO DE MAÍZ HÚMEDO CON UN SISTEMA DE ACCIONAMIENTO ELECTROMECAÁNICO COMPACTO**”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto del 2024



.....  
**Ing. Segundo Ángel Cevallos Betún Ms.C**

**C.C: 050178243-7**

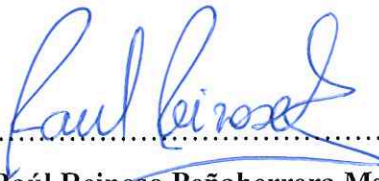
**LECTOR 1 (Presidente)**



.....  
**Ing. Enrique Torres Tamayo. PhD**

**C.C: 175712194-0**

**LECTOR 2 (Miembro)**



.....  
**Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera Ms.C**

**C.C: 050215089-9**

**LECTOR 3 (Miembro)**

## AGRADECIMIENTO

*Gracias infinitamente a mis padres, por el apoyo y el amor incondicional, ustedes han sido el motor que siempre impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron en mis días buenos y malos durante mis estudios, este logro los dedico a usted como una meta más alcanzada. También agradecer a mis hermanos, quienes supieron escucharme y darme sus valiosos consejos, sin ustedes todo este no hubiese sido posible. Su amor y sacrificio siempre han sido la luz que guio en mi camino académico.”*

*FÉLIX HERNÁN*

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, a Dios por guiar mis pasos y acompañarme en la lucha de mi meta. Quiero expresar mi profundo agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas y confiar en mí, ante todo a la Facultad de Ingeniería Electromecánica por ser parte del arduo camino recorrido y permitirme alcanzar esta meta profesional de igual manera a cada uno de los docentes por compartir sus conocimientos y vivencias que logaron formar un profesional, a mis padres por darme el ejemplo de lucha y perseverancia, sobre todo por brindarme su apoyo incondicional día a día. Y a todas las personas que de una manera u otra me brindaron su colaboración en la realización de este proyecto.*

*JONATHAN ALEXIS*

## DEDICATORIA

*“Dedico mi tesis a mis padres, por apoyarme y acompañarme en cada paso que doy para salir adelante para ser mejor persona y profesional, también a mis hermanos, por brindarme su apoyo moral en los momentos difícil durante mi camino académico.*

*FÉLIX HERNÁN*

## DEDICATORIA

*Este logro se lo dedico primordialmente a mis padres y mi hermano quienes son la principal inspiración para ser mejor cada día y me han mostrado el camino del esfuerzo y de la superación, a mi institución, a mi tutor de tesis Ing. Luis Miguel Navarrete López Ms. por confiar en nuestras capacidades y a todos nuestros profesores que nos enriquecen de conocimiento y nos alientan a no solo ser buenos estudiantes si no buenas personas y finalmente a mis amigos que siempre han dado su apoyo incondicional.*

*JONATHAN ALEXIS*

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

**TEMA:**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO DE MAÍZ HÚMEDO CON UN SISTEMA DE ACCIONAMIENTO ELECTROMECÁNICO COMPACTO.**

**Autores:**

Cunalata Chicaiza Félix Hernán

Manobanda Achachi Jonathan Alexis

**RESUMEN**

El diseño de un molino de maíz húmedo con un sistema de accionamiento electromecánico compacto ofrece una solución innovadora para comunidades con acceso limitado a fuentes de energía convencionales. Este molino, capaz de procesar 8 libras de maíz en 480 segundos, incorpora motores universales de 1200W y 3000 RPM, lo que garantiza una molienda igual a la tradicional. Su enfoque no solo es técnico, sino también sostenible, asegurando que el equipo sea accesible y respetuoso con el entorno.

La versatilidad de este diseño compacto, junto con su capacidad para operar en áreas remotas, posiciona este molino como una herramienta valiosa para optimizar los procesos de molienda. Al mejorar la producción local de derivados del maíz de manera eficiente y sostenible, el molino contribuye al desarrollo de habilidades en el hogar, fomentando el uso efectivo de recursos locales y apoyando la autosuficiencia en la transformación del maíz húmedo.

**Palabras Clave:** Molino Compacto, Maíz Húmedo, Molino para maíz

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**  
**ELECTROMECHANICAL ENGINEERING CAREER**

**THEME:**

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF A WET CORN MILL WITH A COMPACT ELECTROMECHANICAL DRIVE SYSTEM.**

**Authors:**

Cunalata Chicaiza Félix Hernán  
Manobanda Achachi Jonathan Alexis

**ABSTRACT**

The design of a wet corn mill with a compact electromechanical drive system offers an innovative solution for communities with limited access to conventional energy sources. This mill, capable of processing 8 pounds of corn in 480 seconds, incorporates 1200W and 3000 RPM universal motors, ensuring grinding equal to traditional grinding. Its approach is not only technical but also sustainable, ensuring that the equipment is accessible and environmentally respectful.

The versatility of this compact design, together with its ability to operate in remote areas, positions this mill as a valuable tool for optimizing milling processes. By improving local production of corn derivatives efficiently and sustainably, the mill contributes to developing skills at home, encouraging the effective use of regional resources, and supporting self-sufficiency in the transformation of wet corn.

**Keywords:**

Compact Mill, Wet Corn, Corn Mill.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2.	INTRODUCCIÓN .....	2
2.1.	Situación Problemática.....	2
2.2.	Diagrama de Ishikawa .....	3
2.3.	Formulación del problema.....	3
2.4.	OBJETIVO Y CAMPO DE ESTUDIO .....	4
2.4.1.	Objeto de estudio .....	4
2.4.2.	Campo de acción.....	4
2.5.	BENEFICIARIOS .....	4
2.5.1.	Beneficiarios directos .....	4
2.5.2.	Beneficiarios indirectos .....	4
2.6.	Justificación.....	5
2.7.	OBJETIVOS.....	5
2.7.1.	Objetivo General.....	5
2.7.2.	Objetivos Específicos .....	5
2.7.3.	Sistema de tareas.....	6
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
3.1.	Tipos de Granos.....	7
3.2.	Tamaño de Granos.....	8
3.3.	Procesos de Molienda de Granos .....	9
3.4.	Tipos de Molinos.....	9
3.5.	Tipos de Molienda.....	11
3.6.	Grado de Producción .....	12

3.7.	Electrodomésticos para Molienda .....	13
3.8.	Electrodomésticos para Molienda tipo cuchillas .....	13
3.9.	Sistemas de un Molino Tradicional .....	13
3.9.1.	El maíz y sus aplicaciones como grano húmedo .....	14
3.10.	Molienda de maíz húmedo.....	15
3.11.	Cantidad de Molienda .....	17
3.12.	Tiempo de molienda .....	18
3.13.	Materiales de aleación de un molino .....	18
3.14.	Sistema de Potencia Mecánico .....	20
3.14.1.	Sistema de Trituración .....	22
3.14.2.	Sistema de alimentación .....	26
4.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS .....	28
4.1.	METODOLOGÍA.....	28
4.2.	Normas para el diseño y construcción.....	28
4.4.	Toma de decisión ponderada .....	29
4.5.	Definición de requisitos de alcance .....	29
4.6.	Requisitos complementarios para la construcción.....	29
4.6.1.	Selección Acero de Construcción .....	29
4.8.1.	Área del Relleno del Canalón .....	32
4.8.2.	Velocidad de Desplazamiento .....	34
4.8.3.	Determinación del Flujo del Material .....	35
4.9.	Velocidad optima de rendimiento .....	36
4.9.1.	Potencia para moler .....	36
4.10.1.	Potencia para el Desplazamiento Horizontal del Material ( $P_H$ ).....	37
4.10.2.	Potencia de Accionamiento en Vacío ( $P_N$ ) .....	38

4.10.3. Potencia de Accionamiento Total ( $P_T$ ) .....	38
5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	45
5.1. Alcance del Proyecto .....	45
5.2 Establecimiento de la estructura funcional.....	45
5.3 Acero inoxidable 304.....	46
5.4 Capacidad del Sistema de Alimentación .....	46
5.5 Sistema de Trituración.....	48
5.7 Motor Universal.....	52
5.8 Cuchillas de Trituración .....	55
5.9 Rejilla del Molino.....	56
5.10 Estructura de Soporte.....	57
5.11 Variables de Producción.....	58
5.112 Variable de Matrices.....	59
5.11 Diseño Conceptual.....	60
5.11 Diseño Dimensional .....	60
5.13 Análisis económicos.....	60
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
6.1. Conclusiones.....	62
6.2. Recomendaciones .....	63
7. REFERENCIAS .....	64
Bibliografía.....	64
ANEXOS.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Memoria Técnica.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividad de Tareas .....	6
Tabla 2 Propiedades del Maíz .....	17
Tabla 3 Motores Universales .....	21
Tabla 4 Tornillo sin fin y Cuchillas .....	24
Tabla 5 Prueba de Cuchillas .....	56
Tabla 6 Combinación Tornillo sin fin con Cuchillas .....	26
Tabla 7 Propiedades del Acero Inoxidable .....	30
Tabla 9 Factor de Ocupación .....	34
Tabla 10 Coeficiente de disminución de flujo .....	36
Tabla 8 Selección del Motor .....	37
Tabla 11 Coeficiente de resistencia del material .....	38
Tabla 12 Valores de conductividad del cobre para distintas temperaturas .....	43
Tabla 13 Características Motores Universales .....	53
Tabla 14 Variables de Producción .....	58
Tabla 15 Variable de Matrices .....	59
Tabla 16 Análisis Económico Acero Inoxidable .....	60
Tabla 17 Análisis Económico Selección del Motor .....	61
Tabla 18 Análisis Económico Materiales Secundarios .....	61
Tabla 19 Análisis Económico Mano de Obra .....	61
Tabla 20 Análisis Económico Total .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama Ishikawa.....	3
Figura 2 Tipos de Granos .....	8
Figura 3 Tamaño de Grano.....	9
Figura 4 Tipos de Molinos .....	10
Figura 5 Tipos de Molienda.....	11
Figura 6 Grado de Producción.....	12
Figura 7 Sistemas de Un Molino Tradicional.....	14
Figura 8 Productos de Maíz Húmedo .....	15
Figura 9 Maceración.....	16
Figura 10 Acero Inoxidable 304.....	19
Figura 11 Hierro Fundido o Hierro Gris.....	19
Figura 12 Materiales de Aleación de un Molino .....	20
Figura 13 Torque o Par.....	21
Figura 14 Tornillo sin Fin.....	23
Figura 15 Cuchillas.....	24
Figura 16 Tornillo sin fin y sus características.....	25
Figura 17 Tolva de Alimentación.....	31
Figura 18 Área de Relleno del Canalón.....	32
Figura 19 Velocidad de Desplazamiento .....	34
Figura 20 Determinación del Flujo del Material .....	35
Figura 21 Velocidad de la Cuchilla de Trituración .....	39
Figura 22 Presión de Contacto con las Cuchillas .....	39
Figura 23 Diseño de la Rejilla de Alimentos.....	40
Figura 24 Estructura de Soporte .....	41
Figura 25 Coeficiente de Seguridad .....	42
Figura 26 Tolva de Alimentación Construida .....	48
Figura 27 Tornillo sin fin .....	48
Figura 28 Canalón o Cuerpo.....	49
Figura 29 Velocidad de desplazamiento en el tornillo sin fin.....	50

Figura 30 Flujo del Material.....	50
Figura 31 Potencia de Molinada.....	52
Figura 32 Cuchillas de trituración .....	55
Figura 33 Rejilla de Retención .....	57

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del proyecto:**

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO DE MAÍZ HÚMEDO CON UN SISTEMA DE ACCIONAMIENTO ELECTROMECAÁNICO COMPACTO”

**Modalidad de Titulación:**

Propuesta Tecnológica

**Fecha de inicio:**

Abril 2024

**Fecha de finalización:**

Agosto 2024

**Lugar de ejecución:**

**Región:** Sierra

**Provincia:** Cotopaxi

**Parroquia:** Eloy Alfaro

**Sector:** San Felipe

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Electromecánica

**Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto:**

**Equipo de trabajo:**

Cunalata Chicaiza Félix Hernán

Manobanda Achachi Jonathan Alexis

**Tutor:**

Navarrete López Luis Miguel

**Cedula de identidad:** 180374728-4

**Área de conocimiento:**

Diseño y Construcción

**Línea de investigación:**

De acuerdo a lo establecido por el departamento de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, la línea de investigación es procesos industriales.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

El proyecto de investigación se acoge a la sub línea de investigación: diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

## **2. INTRODUCCIÓN**

La demanda creciente de productos derivados del maíz ha impulsado la necesidad de hacer más eficientes los procesos de molienda. En este contexto, se propone el diseño y construcción de un molino para maíz húmedo con un sistema de accionamiento electromecánico compacto. Este proyecto busca optimizar la producción de masa de maíz al proporcionar una solución integral que garantice rendimiento y simplicidad en su operación. La combinación de tecnologías modernas y componentes eficientes permite mejorar la productividad, reducir costos y minimizar el impacto ambiental. Este molino busca ser una herramienta versátil para pequeñas y medianas empresas dedicadas a la producción de alimentos, contribuyendo así al desarrollo sostenible y la mejora de la cadena de suministro de productos derivados del maíz.[1]

El diseño y construcción de un molino para maíz húmedo con un sistema de accionamiento electromecánico compacto responde a la necesidad de optimizar el procesamiento del maíz tierno, tierno-medio o “cau”, un componente fundamental en la alimentación humana. Este proyecto busca mejorar la eficiencia y la productividad en la molienda del maíz húmedo, aprovechando un sistema electromecánico compacto que garantiza un rendimiento óptimo con dimensiones reducidas. La elección de esta tecnología responde a la búsqueda de soluciones prácticas y eficientes para las comunidades agrícolas, permitiendo una mayor accesibilidad y sostenibilidad en la obtención de productos derivados del maíz. Este trabajo no solo aborda aspectos técnicos y de ingeniería, sino también contribuye al desarrollo agrícola y alimentario, promoviendo la mejora en los métodos tradicionales de procesamiento de alimentos básicos.[2]

### **2.1. Situación Problemática**

En sector comercial y sector domiciliario quienes son dedicados a realizar productos derivados del maíz tierno, tierno-medio o “cau”; estos usuarios utilizan el molino tradicional para realizar el proceso indicado, en el proceso se necesita el esfuerzo motriz de una persona para realizar el trabajo.

De acuerdo a investigaciones realizadas en la provincia de Cotopaxi se encuentra un sinnúmero de comerciales y domicilios con molinos artesanales que realizan: humas, tamales, aceite de maíz, atol (crema) de maíz, tortillas de maíz (regañonas), chicha de maíz, pastel de maíz, almidón,

fructosa, glucosa, entre otros productos, los cuales no pueden ofrecer un buen servicio, esto afecta de forma económica y física al usuario como puede ser: cansancio y desgaste físico.

A nivel cantonal afecta la falta de avance tecnológico para la producción de los derivados del maíz tierno, tierno-medio o “cau”, en los comerciales y domicilios con molinos tradicionales los cuales se tomó como referencia la mayor parte localizada en la ciudad de Latacunga.

## 2.2. Diagrama de Ishikawa

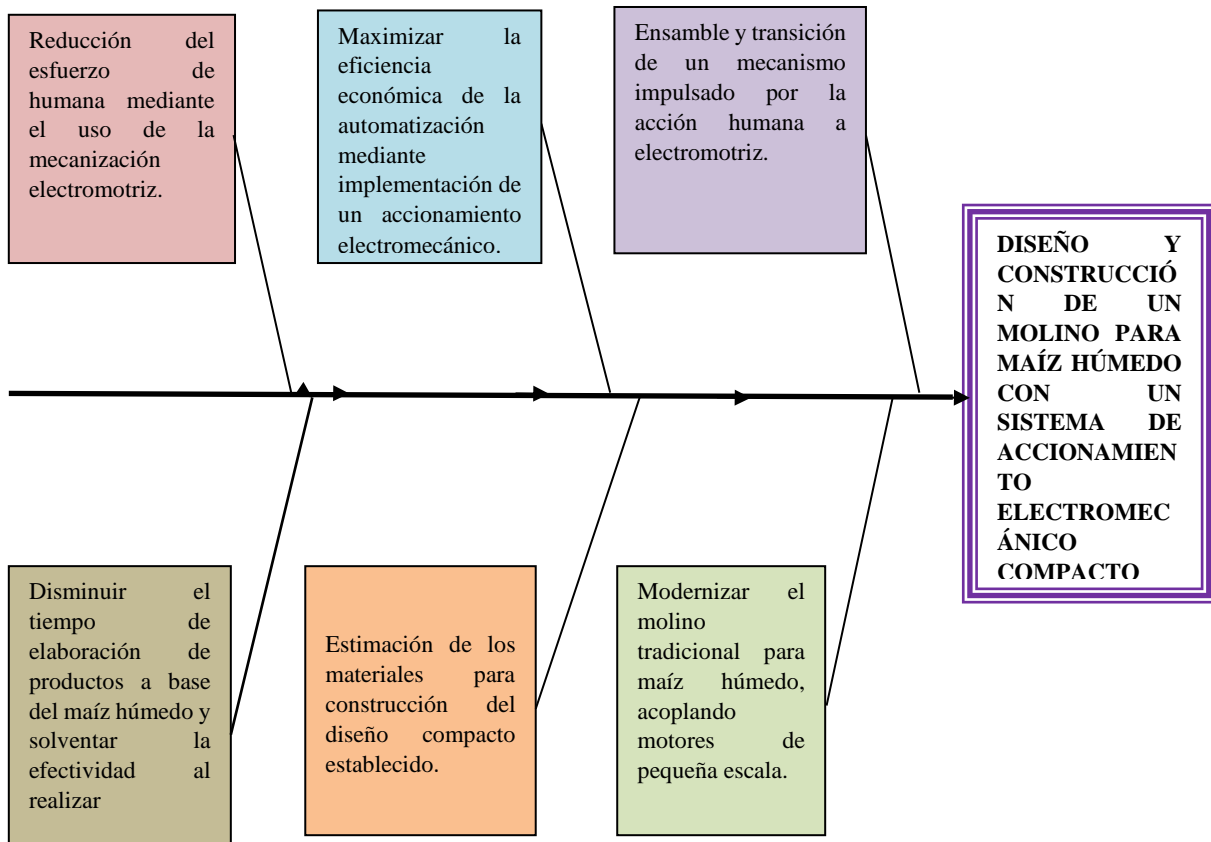


Figura 1 Diagrama Ishikawa

**Fuente:** Investigadores

## 2.3. Formulación del problema

El desafío que se enfrentó fue hacer que los productos derivados de maíz tierno sea ms apta y sustentable. Los métodos tradicionales de molienda son lentos y repetitivos, lo que causa problemas económicos y físicos. Además, la falta de un aparato semiautomático limita la capacidad de

producción y la consistencia del producto final. Se desea diseñar y construir un molino de maíz innovador con un sistema de accionamiento compacto y eléctrico. Esto ayudará a pequeños empresarios y personas que producen estos productos a hacerlo de manera más apta y sustentable. En última instancia, se buscó contribuir una mejor gestión de los recursos.

## **2.4. OBJETIVO Y CAMPO DE ESTUDIO**

### **2.4.1. Objeto de estudio**

Diseñar y construir un sistema compacto que pueda reducir el esfuerzo de la persona y garantizar la molienda del maíz húmedo.

### **2.4.2. Campo de acción**

Dentro del campo del Diseño Mecánico y Estructural implica conocer el dimensionamiento, materiales y componentes de la máquina. Se debe considerar aspectos como la resistencia y la durabilidad donde las principales áreas de desarrollo son: Ingeniería, Diseño y Construcción / Tecnología e Innovación

## **2.5.BENEFICIARIOS**

### **2.5.1. Beneficiarios directos**

Los beneficiarios directos de esta propuesta tecnológica son:

- Comerciales
- Amas de Casa
- Tesistas

### **2.5.2. Beneficiarios indirectos**

Los beneficiarios indirectos de esta propuesta tecnológica son:

- Público en general

## **2.6. Justificación**

Este proyecto radica en la necesidad de mejorar significativamente la eficiencia y sostenibilidad en el procesamiento del maíz para obtener varios productos. La adopción de esta tecnología busca abordar las limitaciones asociadas con los métodos tradicionales de molienda, los cuales pueden ser laboriosos y poco eficientes.

El molino compacto optimiza el uso del espacio y recursos, proporcionando una solución eficiente para la reducción de tamaño de materiales en industrias como la agricultura y población en general. Su diseño integrado y versátil facilita el mantenimiento y la operación y reduciendo costos operativos.[3]

## **2.7. OBJETIVOS**

### **2.7.1. Objetivo General**

- Diseñar y construir un molino compacto con un sistema de accionamiento electromecánico para grano de maíz húmedo.

### **2.7.2. Objetivos Específicos**

- Plantear el diseño correspondiente a la estructura del molino compacto con base a la definición de los requisitos necesarios del prototipo para su funcionamiento.
- Determinar los requisitos técnicos y detallado de las necesidades y expectativas de los usuarios en cuanto a eficiencia de molienda, tamaño, versatilidad, facilidad de limpieza.
- Implementar el molino compacto y utilizar materiales y componentes adecuados que cumplan con los estándares de seguridad y durabilidad de molienda y las características en el prototipo.

### 2.7.3. Sistema de tareas

*Tabla 1 Actividad de Tareas*

<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Actividad para Realizar</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resultado de la Actividad</b>
Plantear el diseño correspondiente a la estructura del molino compacto con base a la definición de los requisitos necesarios del prototipo para su funcionamiento.	Investigar las características y propiedades del molino de mano.  Investigación e información complementaria bibliografías.  Investigación de producción de molinos de mano domésticos.	Registrar la variedad de molinos y seleccionar el mejor tipo para realizar el diseño compacto.  Tipos de granos y características para un correcto dimensionamiento de la máquina.	Sitios web de informes académicos.  Verificación de datos en el usuario doméstico.
Determinar los requisitos técnicos y detallado de las necesidades y expectativas de los usuarios en cuanto a eficiencia de molienda, tamaño, versatilidad, facilidad de limpieza.	Verificación de partes que conforman la maquina  Determinar dimensiones de la máquina de acuerdo con su capacidad.  Elaboración de planos y piezas	Listado de partes que conforman la máquina.  Hojas de diseño de cada pieza especificando sus dimensiones.  Visualización y simulación del funcionamiento del molino electromecánico compacto.	Detalles de cada pieza.  Detalle de dimensiones general.  Comportamiento de la máquina.
Implementar el molino compacto y utilizar materiales y componentes adecuados que cumplan con los estándares de seguridad y durabilidad de molienda y las características en el prototipo.	Verificación de medidas de la máquina y su funcionamiento.  Identificación del correcto diámetro del molino electromecánico compacto.  Ensamblaje tomando en cuenta normativa de calidad INEN	Dimensiones de la máquina correctas.  Peso adecuado de los granos, tienen una incertidumbre muy baja.  Verificar que todas sus piezas encajen correctamente.	Datos de verificación mecánicos y eléctricos.  Molienda de los granos por medio del tornillo sin fin.  Detalles de producción obtenida en KG/h

**Fuente:** Investigadores

### **3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

Para realizar la propuesta tecnológica presente regido a la rama de diseño y construcción se basa en la optimización del espacio y recursos, aplicando principios de miniaturización y eficiencia energética. Se busca integrar componentes de alta densidad, asegurando funcionalidad y rendimiento, a través de enfoques interdisciplinarios.

Para poder realizar esta innovación tecnológica debemos partir desde los orígenes de los tipos de molinos que existieron y tomar como referencia todos los aspectos para nuestra nueva implementación.

#### **3.1. Tipos de Granos**

En el ámbito de la agricultura, los términos "granos secos" y "granos húmedos" se refieren al contenido de humedad presente en los granos, especialmente en cereales como maíz, cebada, arroz, ente otros, tanto los granos secos como los húmedos son destacados en la agricultura ecuatoriana. El proceso de secado es esencial para garantizar la calidad y la conservación adecuada de los granos, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y a la economía agrícola del país según la norma internacional ISO 7971 se clasifican en granos secos y húmedos.

Existen varios tipos de granos adecuados para moler. Estos granos suelen procesarse en su estado húmedo para la producción de alimentos como harinas, pastas y bebidas fermentadas. El maíz húmedo se muele para hacer masa de tortillas y tamales, mientras que la soja se procesa para obtener productos como la leche de soja y el tofu. El trigo y el arroz húmedos son comunes en la producción de ciertos tipos de harinas y alimentos fermentados, como el sake.[3]

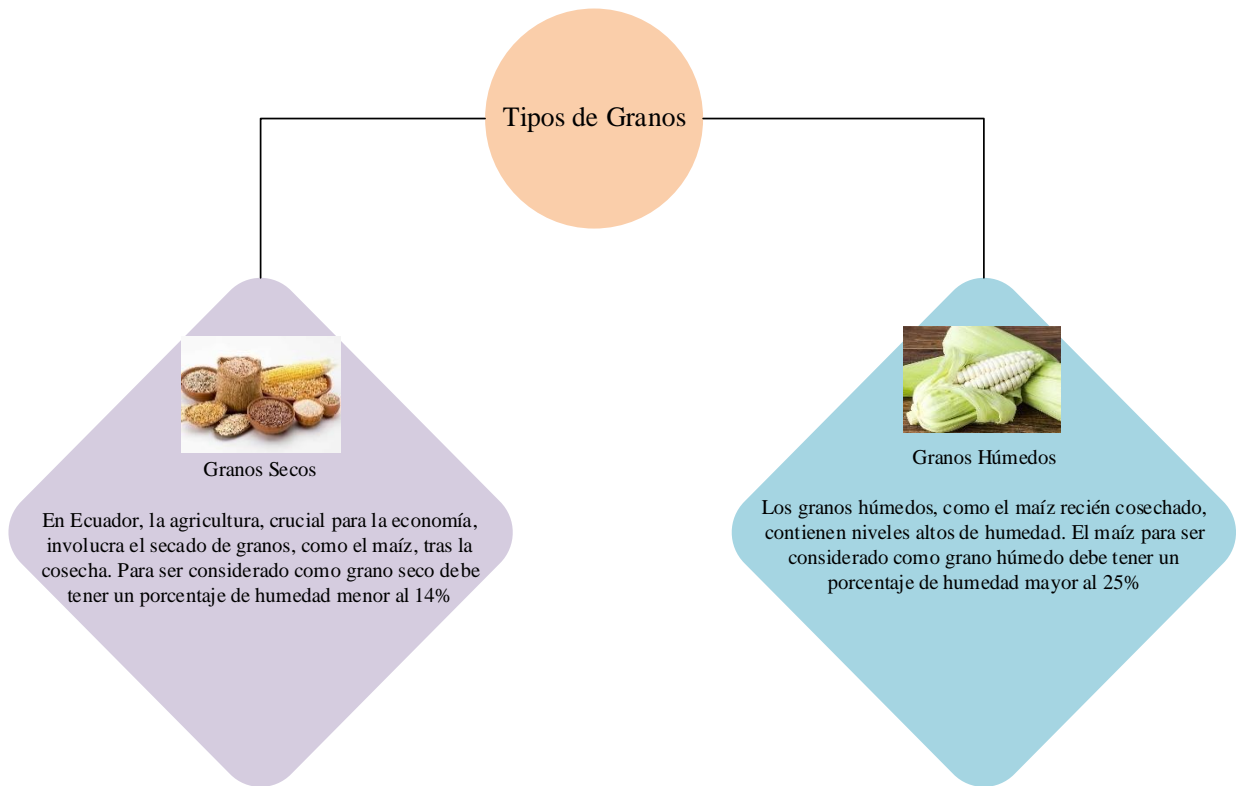


Figura 2 Tipos de Granos

**Fuente:** Investigadores

### 3.2. Tamaño de Granos

El tamaño de grano se clasifica en cuatro categorías: grano fino, medio, grueso, y ultrafino. El grano fino incluye materiales como arena fina y harina, usados en la fabricación de vidrio y panadería. El grano medio incluye arena media y sémola, utilizados en construcción y alimentación. El grano grueso comprende grava y piedra triturada, usados en bases de construcción y drenaje. El grano ultrafino incluye polvo de talco y diamante, aplicados en cosmética y pulido de superficies. El tamaño del grano es influenciado por métodos de trituración, tipo de material y condiciones de proceso. Las aplicaciones varían según el tamaño, desde micro granulados en filtros hasta macroscópicos en construcción.[4]

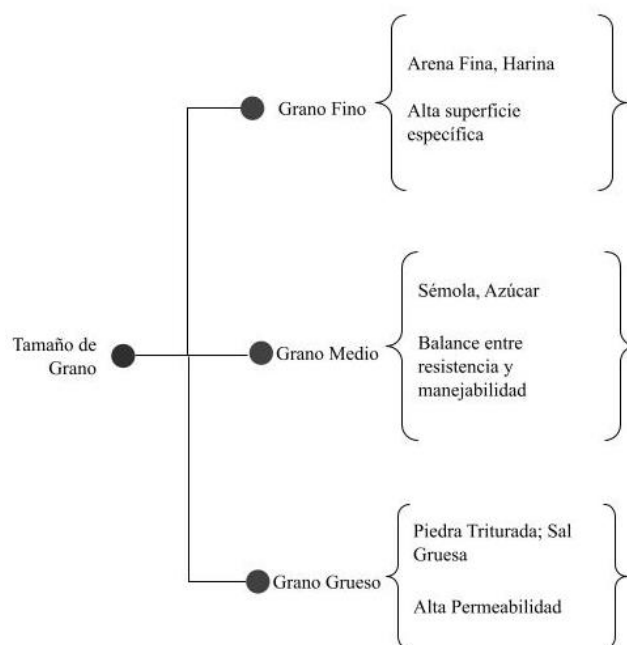


Figura 3 Tamaño de Grano

**Fuente:** Investigadores

### 3.3. Procesos de Molienda de Granos

El proceso de molienda de granos comienza con la recepción y almacenamiento, seguido por la limpieza, donde se eliminan impurezas. Luego, en el acondicionamiento, se ajusta la humedad del grano. La molienda se realiza en varias etapas: primero se tritura el grano y luego se tamiza para separar las partículas según su tamaño. Posteriormente, se realiza la clasificación y purificación para obtener los productos deseados como harina o sémola. A lo largo de todo el proceso, se realizan controles de calidad para garantizar que el producto final cumpla con los estándares requeridos.

### 3.4. Tipos de Molinos

Existen varios tipos de molinos utilizados para la molienda de maíz y otros granos. Cada tipo de molino tiene sus propias características y aplicaciones específicas.

Los molinos de piedra utilizan piedras abrasivas para moler granos, produciendo harinas integrales. Los molinos de rodillos comprimen y muelen granos con rodillos metálicos, usados en la industria cervecera y panadera. Los molinos de martillos trituran granos con martillos oscilantes, adecuados para harinas gruesas y alimento para ganado. Los molinos de discos usan discos giratorios para producir harinas finas y semolina. También hay molinos manuales y eléctricos para moler pequeñas y grandes cantidades de grano, respectivamente.

Lo más influyente en los tipos de molinos es el diseño y principio de funcionamiento, que determinan su eficiencia y adecuación para diferentes aplicaciones. [5]

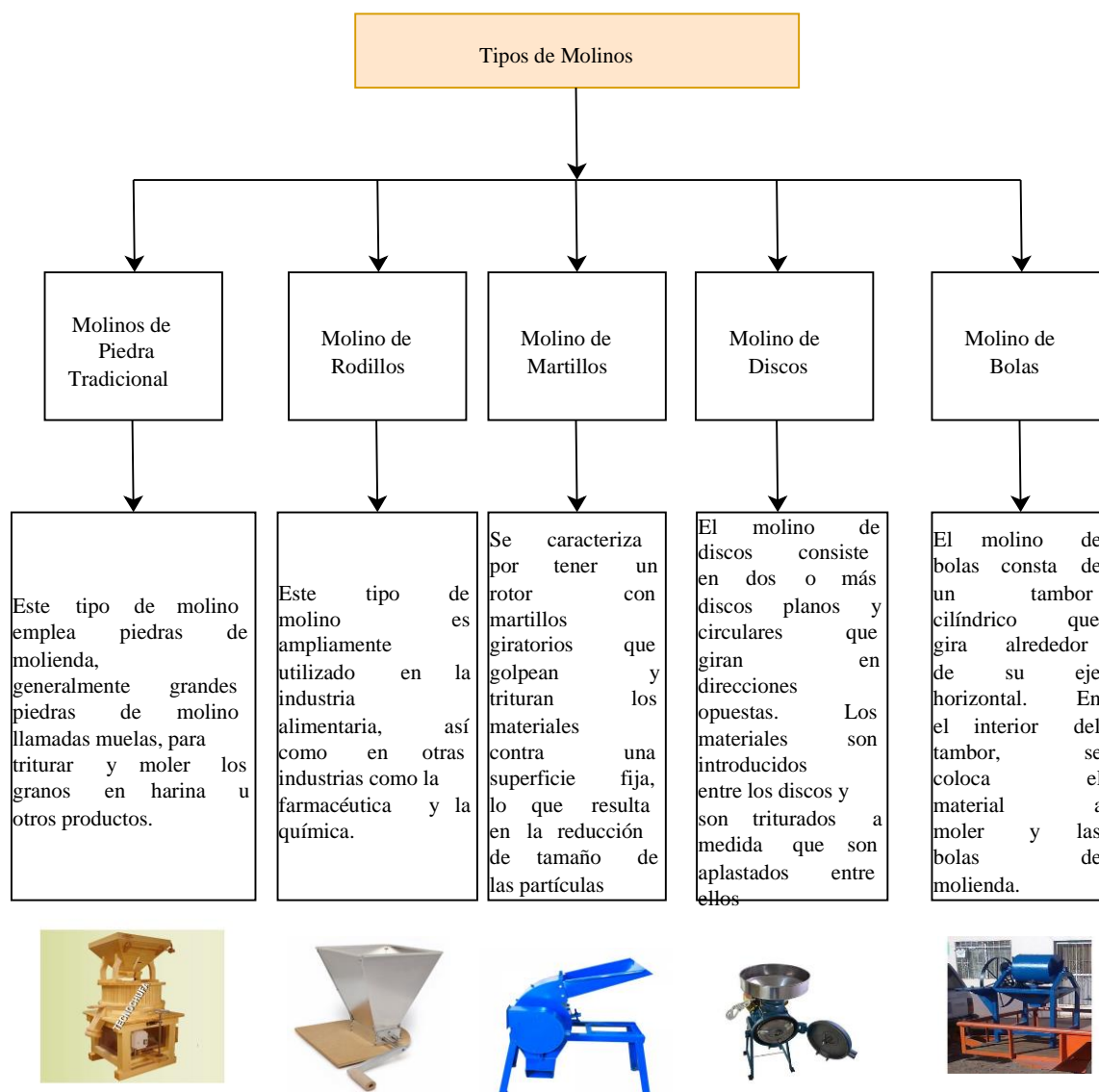


Figura 4 Tipos de Molinos

**Fuente:** Investigadores

### 3.5. Tipos de Molienda

Los tipos de molienda se dividen en manuales, semimecánicas, y mecánicas. La molienda manual se realiza a mano usando herramientas simples como molinillos o morteros, siendo adecuada para pequeñas cantidades y procesos tradicionales. La molienda semimecánica combina esfuerzo manual con herramientas mecánicas simples, como molinos de manivela, mejorando la eficiencia sin eliminar por completo la intervención humana.

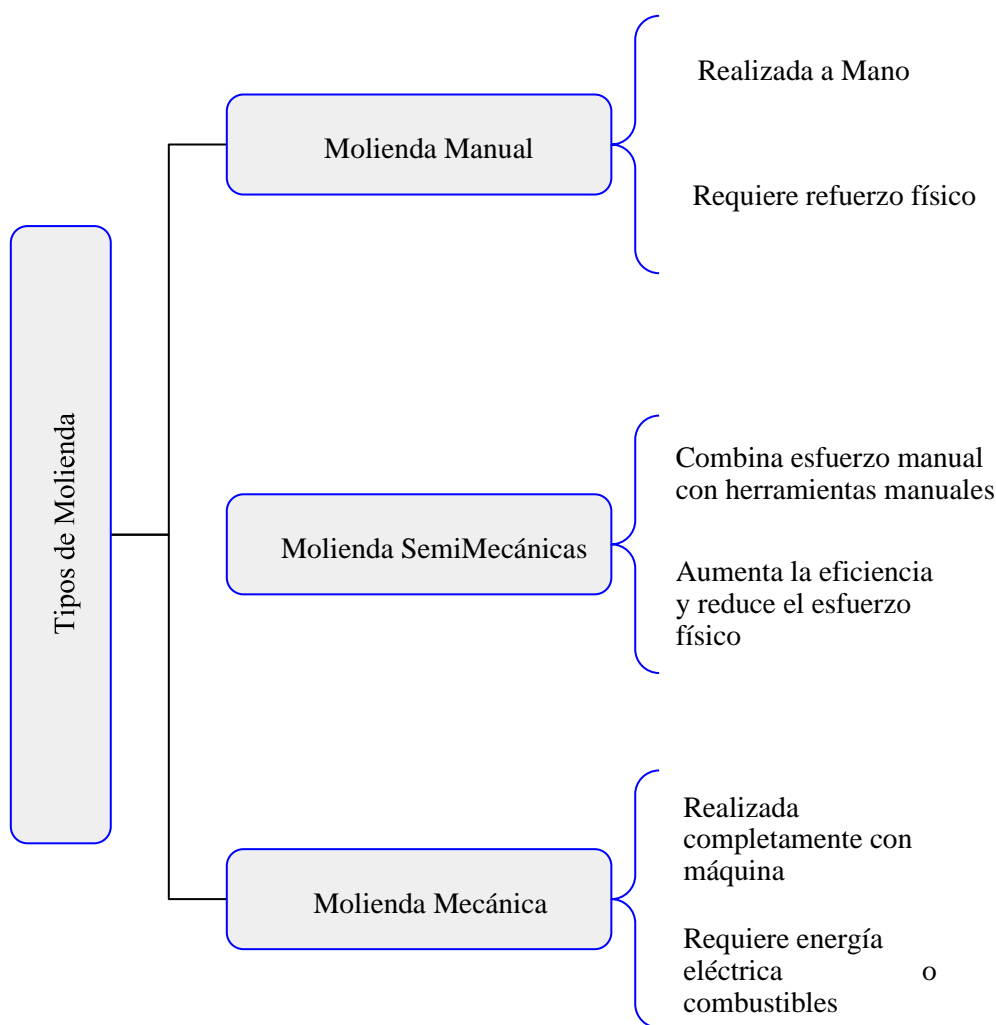


Figura 5 Tipos de Molienda

**Fuente:** Investigadores

### 3.6. Grado de Producción

La producción se clasifica en tres grados: doméstica, comercial e industrial. La producción doméstica es de pequeña escala, orientada al uso personal o familiar, con herramientas simples, como en la elaboración de alimentos caseros y artesanías. La producción comercial es de mediana escala, destinada a la venta en mercados locales o especializados, utilizando maquinaria ligera, como en panaderías artesanales o pequeñas empresas de alimentos. La producción industrial es a gran escala, con alta automatización y maquinaria pesada, orientada a la producción en masa para distribución amplia, como en fábricas de alimentos, plantas de ensamblaje e industrias químicas. Cada grado se adapta a diferentes necesidades de mercado, desde el autoconsumo hasta la producción en masa.[6]

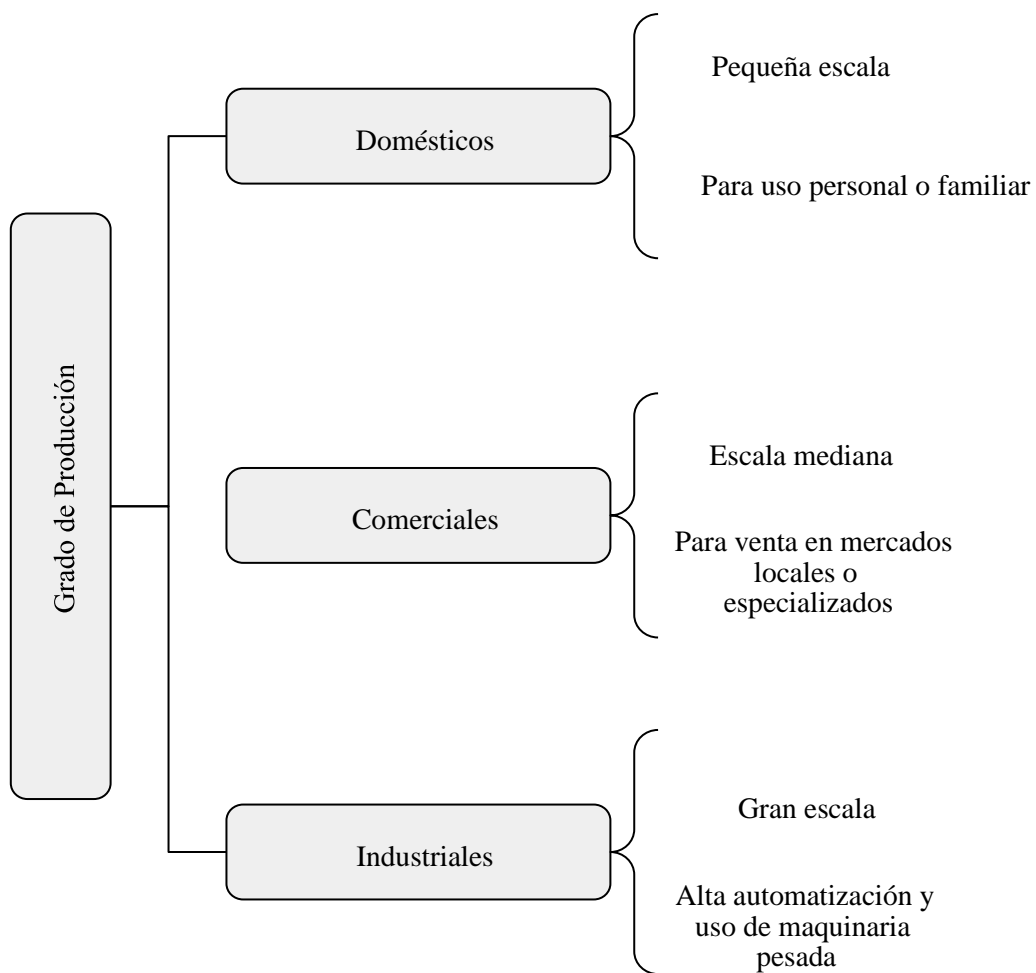


Figura 6 Grado de Producción

**Fuente:** Investigadores

### **3.7. Electrodomésticos para Molienda**

Los electrodomésticos para molienda son dispositivos eléctricos diseñados para triturar o pulverizar alimentos y otros materiales en el hogar. Estos aparatos facilitan la preparación de alimentos al permitir moler granos, especias, carne, y más.

Molinillo de Café Eléctrico: Tritura granos de café y especias en diferentes grosores, ideal para preparar café fresco y moler especias.

Licuadaora: Mezcla y tritura ingredientes, útil para preparar batidos, salsas, y también para moler granos y cereales.

Procesador de Alimentos: Equipado con diversas cuchillas, permite picar, triturar y moler alimentos como nueces, frutas secas y vegetales.

Molino de Granos Eléctrico: Muele granos secos como maíz y trigo para producir harina casera.

Molino de Carne Eléctrico: Tritura carne para hacer picadillo, embutidos y pasteles de carne.[7]

### **3.8. Electrodomésticos para Molienda tipo cuchillas**

Los electrodomésticos para molienda que utilizan cuchillas incluyen procesadores de alimentos, licuadoras, molinillos de café y trituradores de hielo. Los procesadores de alimentos tienen cuchillas intercambiables para picar, triturar y mezclar diversos ingredientes como nueces y vegetales. Las licuadoras, con cuchillas giratorias a alta velocidad, son ideales para triturar frutas, verduras y hielo, útiles para batidos y purés. Los molinillos de café eléctricos utilizan cuchillas para moler granos de café y especias en diferentes grosores. Los trituradores de hielo, con cuchillas específicas, rompen el hielo para cócteles y granizados. Estos electrodomésticos facilitan la molienda y procesamiento eficiente de alimentos en la cocina.

### **3.9. Sistemas de un Molino Tradicional**

Un molino tradicional se compone de varios sistemas clave. El sistema de alimentación introduce el grano en el molino mediante tolvas y dosificadores. El sistema de molienda utiliza ruedas de

molino, piedras o rodillos para triturar el grano en partículas finas. El sistema de separación distingue la harina del salvado y otros subproductos usando tamices y cribas. El sistema de transporte mueve los granos y productos entre etapas a través de cintas transportadoras y elevadores de cangilones. El sistema de limpieza elimina impurezas del grano con limpiadores y aspiradores. Finalmente, el sistema de control y ajuste regula el proceso de molienda para asegurar la calidad del producto con controles y medidores.[8]

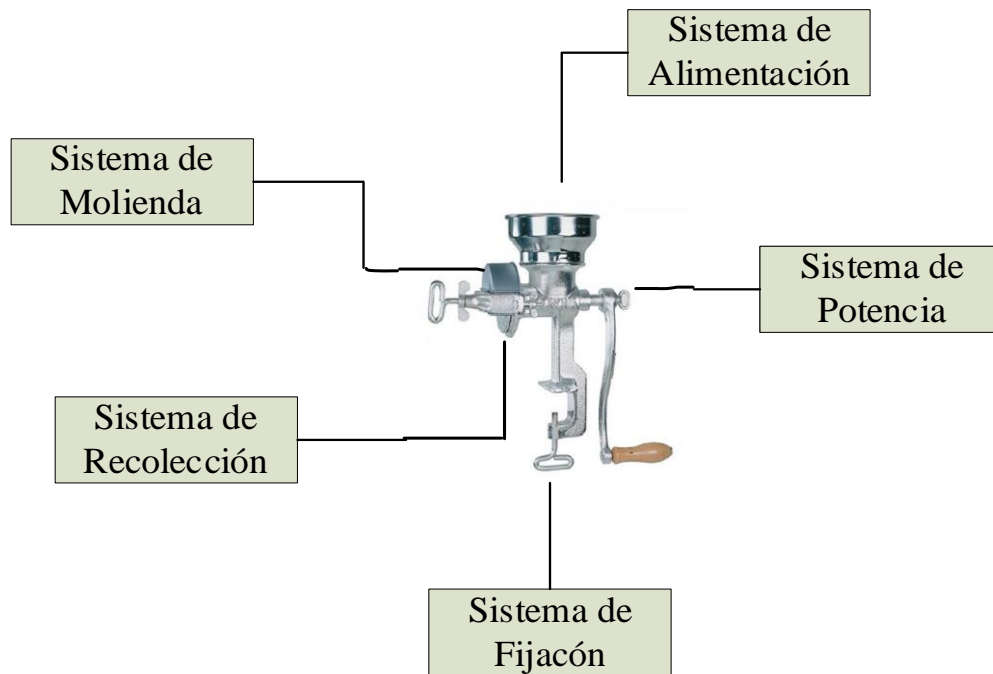


Figura 7 Sistemas de Un Molino Tradicional

**Fuente:** Investigadores

### 3.9.1. El maíz y sus aplicaciones como grano húmedo

El grano húmedo de maíz se refiere a granos con un contenido de humedad entre el 25% y el 50%, óptimo para el desarrollo de descomposición y la conservación de los granos molidos. La cosecha ideal se da en la madurez orgánica, por la cual es identificada por el "punto negro", momento en el que el grano deja de acumular nutrientes y tiene un contenido de humedad de aproximadamente el 35%. Estas condiciones aseguran una molienda adecuada y una buena conservación del grano húmedo.

El maíz húmedo se caracteriza por su alto contenido de humedad, lo que lo hace más pesado y pegajoso. Esto lo vuelve más difícil de manejar y transportar, ya que puede obstruir equipos de molienda y transporte. El maíz húmedo es más susceptible al deterioro y requiere un procesamiento rápido o un secado adecuado para evitar el desarrollo de moho y mantener su calidad y valor nutritivo. [9]

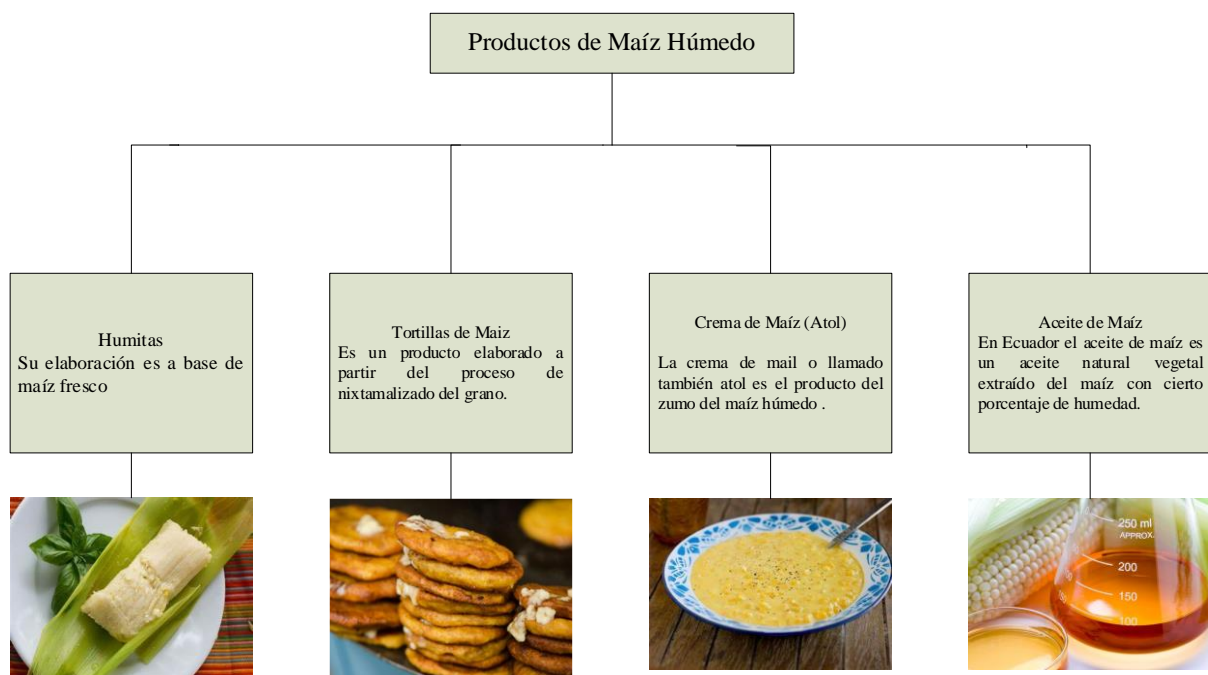


Figura 8 Productos de Maíz Húmedo

**Fuente:** Investigadores

### 3.10. Molienda de maíz húmedo

La molienda húmeda es un proceso altamente sofisticado que por medios físicos y químicos separa los componentes del grano de maíz en una serie de productos útiles.

El producto principal que se obtiene de la molienda húmeda es el almidón de maíz, libre de proteínas, para ello al grano se le hace un tratamiento químico previo llamado maceración que apunta a disgregar (desnaturalizar) las proteínas que forman la matriz proteica que mantienen encerrado al grano de almidón.[10]

#### **Maceración**

La maceración es un proceso de extracción sólido-líquido. El producto sólido que es la materia prima posee una serie de compuestos solubles en el líquido extractante que son los que se pretende extraer. En general en la industria química se suele hablar de extracciones, mientras que cuando se trata de alimentos, flores, hierbas y otros productos para consumo humano se emplea el término maceración. En este caso el agente extractante que es la fase líquida suele ser agua, pero también se emplean otros líquidos como vinagre, jugos, alcoholes principalmente etanol o aceites vegetales, que pueden o no ir aderezados con diversos ingredientes para modificar las propiedades de extracción del medio líquido.[11]



Figura 9 Maceración

**Fuente:** Internet

### **Los productos derivados de la molienda húmeda de maíz son:**

1. Gluten Reed También llamado Pienso de Gluten. Su presentación húmeda posee color amarillento claro, con sabor dulzón a cereales tostados y ligero olor a maíz fermentado.
2. Almidón: Es un polisacárido de glucosa, insoluble en agua fría, pero aumentando la temperatura experimenta un ligero hinchamiento de sus granos.
3. Jarabes de glucosa: es una solución acuosa concentrada que se obtiene a partir del almidón en un proceso de hidrólisis bastante elaborado, con varias reacciones y procesos químicos.[12]

Tabla 2 Propiedades del Maíz

Propiedades del Maíz Húmedo		
<p><b>Contenido de Humedad:</b></p> <p>El contenido de humedad en el maíz húmedo es significativamente mayor en comparación con el maíz seco. Puede oscilar entre alrededor del 25% y 35% o incluso más, dependiendo del momento de la cosecha y otros factores.</p>	<p><b>Textura y Consistencia:</b></p> <p>Debido a su alto contenido de humedad, el maíz húmedo tiende a tener una textura más suave y jugosa en comparación con el maíz seco y crujiente.</p>	<p><b>Color:</b></p> <p>El color del maíz húmedo puede ser más intenso y vibrante debido a la presencia de agua en los tejidos. Esto puede cambiar a medida que se procesa o se seca.</p>
<p><b>Vida Útil Limitada:</b></p> <p>Dado que el maíz húmedo contiene más agua, tiende a ser más susceptible al deterioro y la descomposición en comparación con el maíz seco. Debe ser procesado o secado rápidamente para evitar pérdidas.</p>	<p><b>Procesamiento:</b></p> <p>El maíz húmedo se procesa más fácilmente que el maíz seco. Se utiliza en la fabricación de productos como alimentos para animales, harina de maíz, productos enlatados, salsas, etc.</p>	<p><b>Valor Nutricional:</b></p> <p>El contenido nutricional del maíz húmedo puede diferir debido al cambio en el contenido de agua. Algunos nutrientes, como ciertas vitaminas y minerales, pueden estar más concentrados en el maíz húmedo.</p>
<p><b>Fermentación:</b></p> <p>Debido a su alta humedad, el maíz húmedo es propenso a la fermentación y al crecimiento de microorganismos. Esto puede ser aprovechado en la producción de alimentos fermentados como chicha y otros productos.</p>	<p><b>Usos Específicos:</b></p> <p>El maíz húmedo es esencial en la producción de algunos alimentos tradicionales, como la chicha de maíz en algunas culturas. También es un componente importante en la alimentación animal.</p>	<p><b>Prevención:</b></p> <p>Es importante señalar que el maíz húmedo es vulnerable a la degradación y al desarrollo de hongos si no se maneja adecuadamente. Por lo tanto, es común secar o procesar el maíz húmedo para su conservación y uso a largo plazo.</p>

**Fuente:** Investigadores

### 3.11. Cantidad de Molienda

La cantidad de maíz que puedes procesar en un molino donde varía según el tamaño, la potencia y el diseño específico del molino que estés utilizando. Los molinos están diseñados para un uso más pequeño y generalmente tienen una capacidad de molienda más limitada en comparación con los molinos industriales.

Como referencia general, un molino de maíz de tamaño estándar puede tener una capacidad de molienda que va desde aproximadamente 100 gramos hasta alrededor de 500 gramos o más por

lote, dependiendo de la marca y el modelo. Esto significa que, en un ciclo de molienda, puedes procesar hasta esa cantidad de maíz.[13]

### 3.12. Tiempo de molienda

La El tiempo de molienda en un molino tradicional puede variar considerablemente dependiendo de varios factores, como el tipo de molino, la cantidad de maíz a moler, la finura deseada de la harina y la potencia del motor del molino.

**Tipo de Molino:** El tipo de molino que estés utilizando puede influir en el tiempo de molienda. Por ejemplo, un molino de discos puede lograr una molienda más rápida que un molino de piedra debido a las diferencias en el mecanismo de trituración.

**Cantidad de Maíz:** La cantidad de maíz que estés moliendo en cada lote también afectará el tiempo necesario. Cuanto más maíz introduzcas en el molino, más tiempo puede tomar molerlo todo de manera uniforme.

**Ajustes de Molienda:** Si estás buscando una molienda más fina, es posible que necesites dejar el maíz en el molino durante más tiempo para alcanzar la textura deseada.

**Potencia del Motor:** La potencia del motor del molino también es un factor clave. Molinos con motores más potentes pueden lograr la molienda más rápidamente.

**Características del Maíz:** La humedad y la dureza del maíz también pueden influir en el tiempo de molienda. El maíz más duro o más seco puede requerir más tiempo para molerse.

Dado que los tiempos de molienda pueden variar significativamente según estos factores, no es posible proporcionar un tiempo exacto.[14]

### 3.13. Materiales de aleación de un molino

Los molinos de granos suelen estar fabricados con materiales de aleación que sean duraderos, resistentes y aptos para el procesamiento de alimentos. A continuación, se mencionan algunos de los materiales de aleación comúnmente utilizados en la fabricación de molinos de granos:

**Acero inoxidable 304:** Debido a su resistencia a la corrosión, conformado en frío y soldabilidad, este acero es usado ampliamente para la fabricación de utensilios domésticos, las vajillas, bienes de consumo, entre otros. Además, es utilizado en la construcción de estructuras y/o contenedores para las industrias procesadoras de leche, cerveza, vino, alimentos, etc.

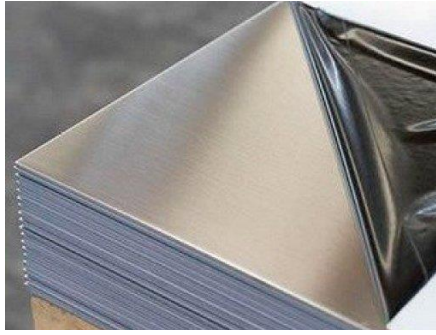


Figura 10 Acero Inoxidable 304

**Fuente:** Internet

**Hierro fundido o hierro gris:** El hierro fundido es un material robusto y resistente utilizado en la fabricación de molinos de granos. Tiene la capacidad de soportar altas cargas de trabajo y puede moler granos duros y resistentes. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el hierro fundido puede requerir un cuidado adicional para prevenir la oxidación y mantenerlo en buenas condiciones.



Figura 11 Hierro Fundido o Hierro Gris

**Fuente:** Internet

**Aleaciones de aluminio:** El aluminio y sus aleaciones son utilizados en algunos molinos de granos debido a su ligereza y conductividad térmica. Sin embargo, es importante asegurarse de que las aleaciones de aluminio utilizadas sean aptas para alimentos y no reaccionen químicamente con los granos.

El aluminio es poco utilizado para el contacto con alimentos debido a su alta reactividad con ciertos alimentos y ácidos. Aunque es ligera y tiene buenas propiedades de conductividad térmica, el aluminio puede corroerse y liberar partículas en los alimentos, especialmente cuando no está anodizado o recubierto adecuadamente. Esto puede afectar la seguridad alimentaria y el sabor.

**Aleaciones de zinc:** El zinc y sus aleaciones se utilizan en algunos molinos de granos debido a su resistencia a la corrosión y su bajo punto de fusión. Sin embargo, se debe tener cuidado con las aleaciones de zinc que puedan contener plomo, ya que este elemento es tóxico y no debe entrar en contacto con los alimentos.[15]

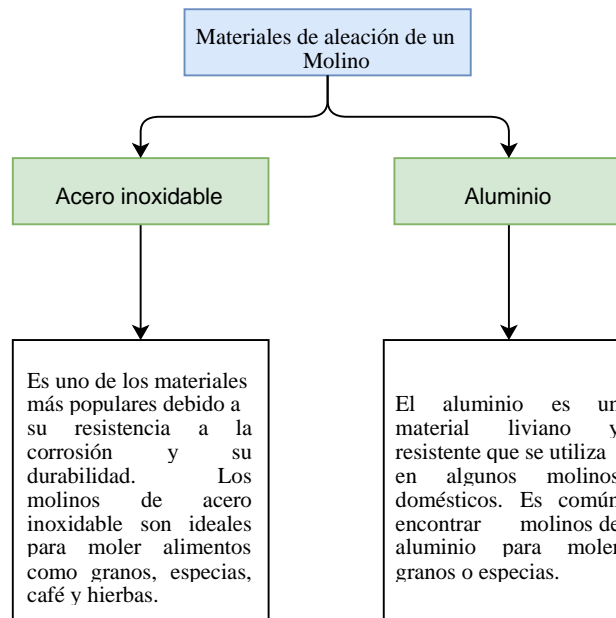


Figura 12 Materiales de Aleación de un Molino

**Fuente:** Investigadores

### 3.14. Sistema de Potencia Mecánico

El sistema de potencia mecánico es un conjunto de componentes y dispositivos que trabajan juntos para transmitir, controlar y convertir energía mecánica.

Este tipo de sistema es utilizado en aplicaciones de ingeniería, maquinaria e industriales.

#### Selección del motor

Para seleccionar el motor es necesario tomar en cuenta la potencia, el torque y la fuerza requerida para la molienda como se muestra en la Figura 13. En este caso se va a tomar en cuenta los motores universales los cuales resultan más factibles y también se puede adquirir de forma fácil y rápida.[16]

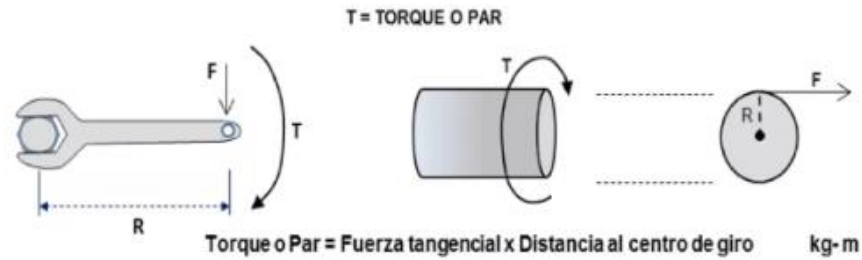


Figura 13 Torque o Par


**Fuente:** Internet



### Motor universal

Para tener en cuenta el motor universal vamos a tomar en cuenta todos los tipos de motor universal según su diseño y aplicación y encontrar las mejores características para la implementación del molino compacto y encontraremos el más adecuado para su trabajo optimo.

El motor universal es altamente versátil y se utiliza en electrodomésticos como licuadoras, aspiradoras y taladros debido a su capacidad de operar con corriente alterna o continua. Su alta velocidad y potencia lo hacen ideal para herramientas eléctricas portátiles y equipos que requieren arranques rápidos y operaciones intensivas. [17]

*Tabla 3 Motores Universales*

<b>MOTORES UNIVERSALES</b>	
<b>TIPOS</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<p>Motores de Armadura en Serie</p> 	<p>Estos motores, la armadura y el campo de excitación están conectados en serie. Son comunes en aplicaciones que requieren un alto par de arranque y velocidad variable, como taladros eléctricos y aspiradoras.</p>

<p>Motores Universales de derivación (Shunt)</p> 	<p>Estos motores tienen la armadura y el campo de excitación conectados en paralelo. Aunque menos comunes en aplicaciones portátiles, se utilizan en situaciones donde se necesita un control más preciso de la velocidad.</p>
<p>Motores Universales Compuestos</p> 	<p>Combinan características de los motores de armadura en serie y en derivación. Tienen tanto un devanado en serie como uno en paralelo con la armadura, proporcionando un buen equilibrio entre el par de arranque y el control de velocidad.</p>

**Fuente:** Investigadores

### 3.14.1. Sistema de Trituración

Es una unidad diseñada para reducir el tamaño de materiales sólidos mediante procesos mecánicos, integrando todos los componentes necesarios en un espacio reducido y eficiente. Este tipo de sistema se emplea en diversas industrias, como el reciclaje, la construcción, la manufactura y la alimentación, para procesar materiales como residuos, y productos alimenticios.

#### **Tornillo sin fin**

El tornillo sin fin es un componente mecánico utilizado para transmitir movimiento y fuerza en sistemas de engranajes. Consiste en un eje helicoidal, similar a un tornillo, que engrana con una rueda dentada conocida como rueda helicoidal o rueda de tornillo sin fin.

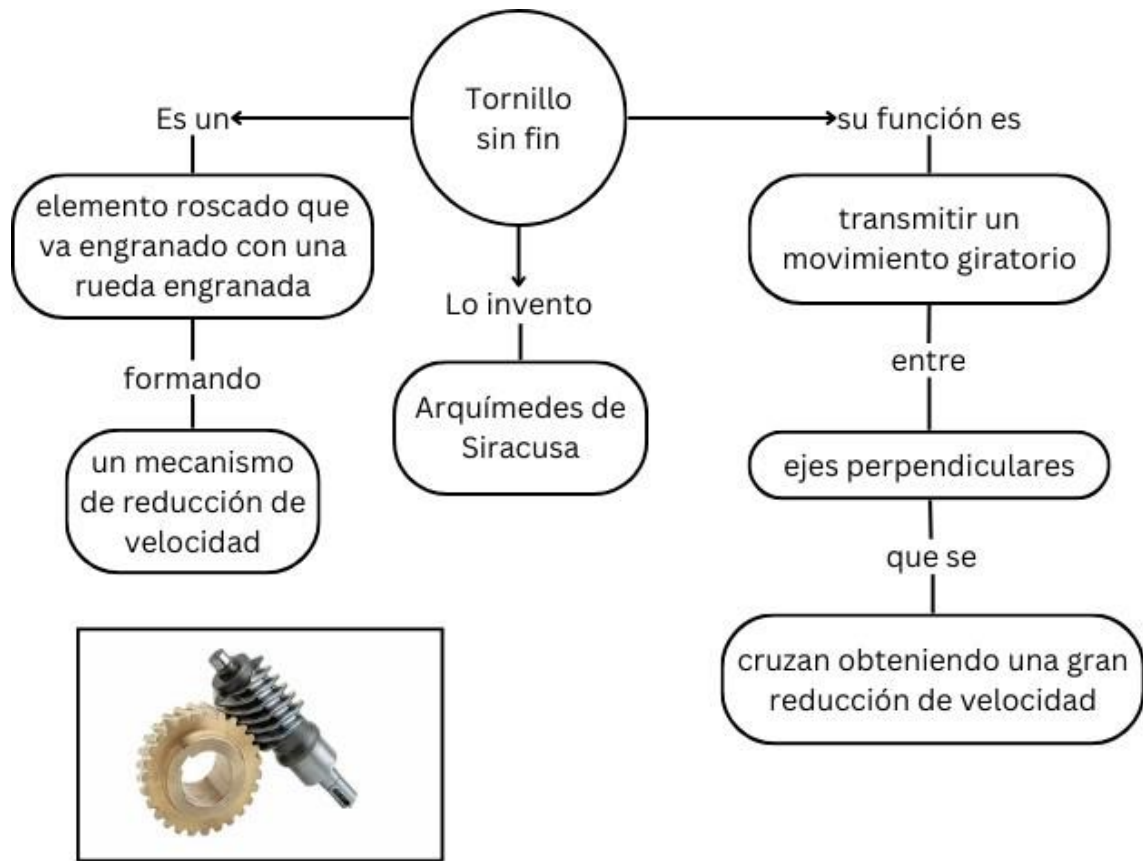


Figura 14 Tornillo sin Fin

**Fuente:** Investigadores

### Cuchillas

Las cuchillas de trituración son componentes fundamentales en los sistemas de trituración, diseñadas para cortar, desgarrar y reducir el tamaño de materiales sólidos.[18]

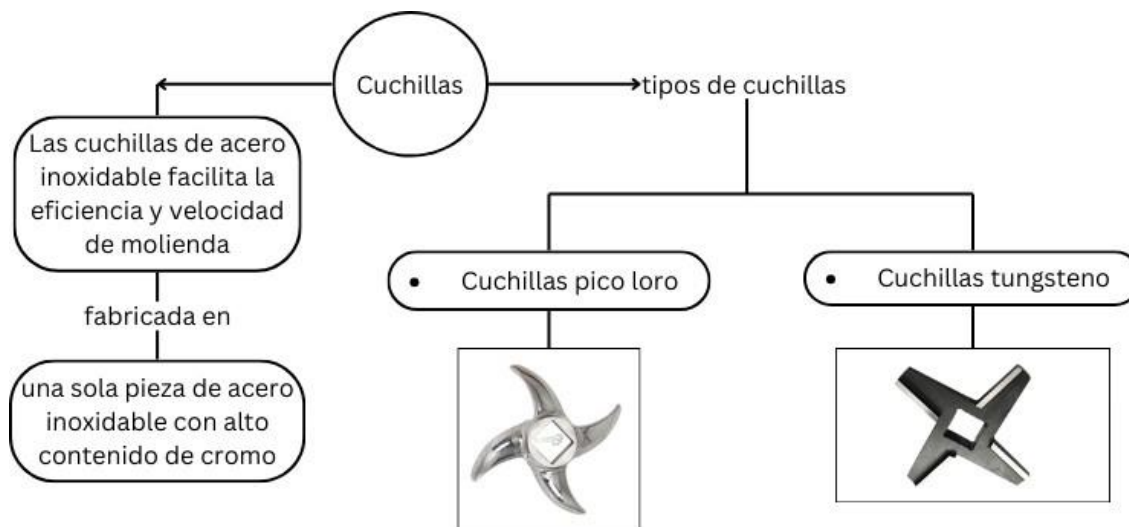




Figura 15 Cuchillas

Fuente: Investigadores

Tabla 4 Tornillo sin fin y Cuchillas

TORNILLO SIN FIN Y CUCHILLAS	
ELEMENTOS	CARACTERÍSTICAS
Tornillo Sin Fin 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reducción de Velocidad.</li> <li>✓ Transmisión de Alto Par.</li> <li>✓ Autobloqueo.</li> <li>✓ Orientación Angular.</li> </ul>
Cuchillas 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Materiales de Alta Resistencia.</li> <li>✓ Diseño de Borde Afilado.</li> <li>✓ Configuraciones Variadas.</li> <li>✓ Montaje y Desmontaje.</li> </ul>

Fuente: Investigadores

## Tornillo sin fin y Cuchillas de trituración

La combinación de un tornillo sin fin con cuchillas de trituración ofrece una solución eficiente para procesar materiales. El tornillo sin fin transporta el material de manera continua y controlada hacia las cuchillas, que realizan la trituración. Esta combinación permite un flujo constante de material, evitando atascos y mejorando la eficiencia del proceso. Las cuchillas fragmentan el material en partículas más pequeñas, mientras que el tornillo asegura una alimentación uniforme.

La combinación de un tornillo sin fin y cuchillas es un sistema utilizado para la trituración y transporte de materiales. En este sistema, el tornillo sin fin actúa como un mecanismo de transporte y compresión, mientras que las cuchillas realizan la acción de corte y trituración.[19]

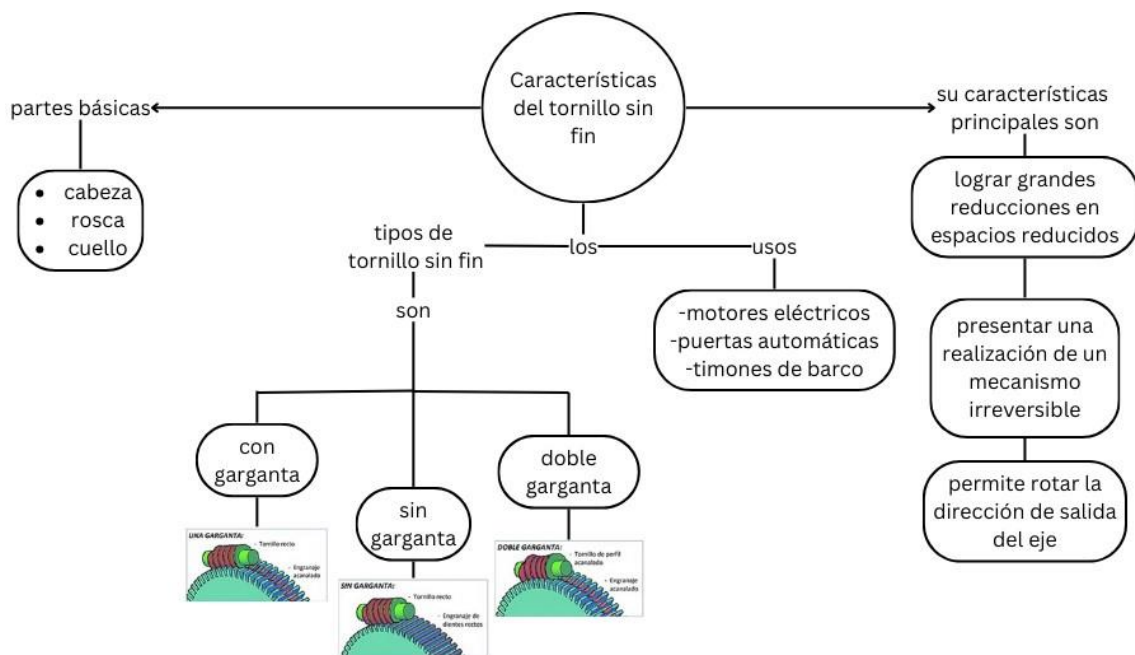


Figura 16 Tornillo sin fin y sus características

**Fuente:** Investigadores

*Tabla 5 Combinación Tornillo sin fin con Cuchillas*

<b>COMBINACIÓN TORNILLO SIN FIN CON CUCHILLAS</b>	
<b>ELEMENTOS</b>	<b>VENTAJAS</b>
<p>Tornillo sin fin con Cuchillas</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Eficiencia en el Procesamiento: Combina la acción de transporte y trituración en un solo sistema, reduciendo la necesidad de equipos adicionales.</li> <li>✓ Reducción de Tamaño y Transporte Simultáneo: Tritura el material mientras lo mueve, ahorrando tiempo y espacio.</li> <li>✓ Compacto y Versátil: Ideal para aplicaciones en espacios limitados donde se requiere una solución integrada para triturar y mover materiales.</li> </ul>

**Fuente:** Investigadores

**Nota:** La combinación de un tornillo sin fin y cuchillas es una solución eficiente y compacta para aplicaciones que requieren la trituración y el transporte simultáneo de materiales, optimizando el proceso y reduciendo la necesidad de equipos adicionales.

### **3.14.2. Sistema de alimentación**

El sistema de alimentación de un molino compacto se caracteriza por su diseño eficiente y controlado para introducir el material en la cámara de molienda de manera uniforme y continua. Generalmente, incluye una tolva o depósito donde se almacena el material, desde donde se alimenta al molino mediante un mecanismo dosificador o un tornillo sin fin. Este sistema asegura que el

material fluya a una velocidad constante, evitando sobrecargas y garantizando una molienda homogénea. Además, está diseñado para manejar diferentes tipos de materiales, desde granos hasta productos más densos, con ajustes posibles para controlar el flujo y adaptarse a las necesidades específicas del proceso. Su eficiencia es clave para mantener la calidad y consistencia del producto final.

El diseño del sistema de alimentación de un molino se ejecuta detenidamente teniendo en cuenta variables técnicos y operativos.

- Para el diseño del sistema de alimentación se estudian las propiedades del material que se va a moler, como tamaño de partícula, dureza y humedad.
- Se determina la capacidad de procesamiento del molino con el fin de establecer la tasa de alimentación óptima.
- Se establece un sistema de control para regular la velocidad de alimentación y mantener las condiciones óptimas de molienda.
- El diseño garantiza una alimentación uniforme, lo que colaborará a una molienda eficiente y consistente.
- Evita problemas como atascos o bloqueos en el molino al garantizar una entrada constante y uniforme del maíz húmedo.
- El diseño del sistema de alimentación mejora y aumenta la capacidad de molienda y la vida útil del molino.

## **4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS**

### **4.1. METODOLOGÍA**

Se detallará los elementos cruciales como el diseño conceptual para ofrecer soluciones viables antes de su construcción. Se buscarán varios requisitos para el molino compacto. Con el objetivo de recopilar información sobre los diversos elementos para la construcción, que permiten un control preciso y autónomo del sistema que se elegirá más tarde, se recopilará información sobre diferentes tipos de trituración. Esto permitirá principalmente la aplicación de múltiples aspectos teóricos y prácticos justificados previamente en la investigación bibliográfica obtenida.

### **4.2. Normas para el diseño y construcción**

El proyecto se va realizar en función a las siguientes normas de la ASTM, AISI, CINE, UNESCO e INEN.

- 131 Seguridad e Higiene de Maquinaria para Procesamiento de Alimentos
- 304 Acero Inoxidable
- G 1800 Hierro Gris
- 305.21 Construcciones Metálicas
- 3309.07 Productos de Cereales
- 3313.15 Diseño de Maquinas

### **4.3. Análisis de necesidad**

La principal necesidad por la que se realiza este proyecto es ahorrar tiempo y esfuerzo en cada uno de los hogares ya que basándonos en las estadísticas correspondiente la gente si compraría un molino compacto, principalmente las amas de casa ya que básicamente este producto ayuda en la preparación de los mismos en menos tiempo

#### 4.4. Toma de decisión ponderada

	Plástico	Acero Inoxidable	Aluminio
Fácil Manufactura	3	2	1
Aplicaciones	2	3	2
Mercado	3	3	2
Contacto con alimentos	3	3	2
TOTAL	11	11	7

**Nota:** Para la construcción de este prototipo de molino compacto ponderamos bueno = 1, muy bueno = 2, excelente = 3 en este caso la ponderación guía con mayor impacto el plástico y el acero inoxidable, cabe recalcar que el plástico tiene la cualidad de tener el molde para la fabricación y el acero inoxidable tiene mayor facilidad de manipulación y es el material adecuado para el diseño y construcción del prototipo.

#### 4.5. Definición de requisitos de alcance

Sistema de Trituración: Selecciona el tipo de mecanismo de molienda adecuado para los granos seleccionados. Puede ser, tornillo sin fin, cuchillas, engranes, etc.

Sistema de alimentación: Define cómo se alimentarán los granos en el molino, ya sea de forma manual o mediante un sistema automático.

Sistema de potencia mecánico: Considera la implementación del motor para controlar y convertir la energía mecánica.

#### 4.6. Requisitos complementarios para la construcción

##### 4.6.1. Selección Acero de Construcción

Para la construcción de un molino de maíz húmedo compacto, se requieren diversos productos y materiales. Se presentan algunos de los productos comunes utilizados en la construcción de este tipo de molinos:

Acero estructural: Se utiliza para la fabricación de la estructura principal del molino.

En este literal se procede a diseñar todos los elementos mecánicos utilizados en la máquina.

Para el diseño se aplicaron de forma general al acero inoxidable AISI 304, Este tipo de acero es resistente contra corrosión intercrystalina y tiene propiedades para contacto de alimentos.

El acero inoxidable 304 es ideal para alimentos por su resistencia a la corrosión, alta durabilidad, facilidad de limpieza y estabilidad química, asegurando seguridad y longevidad en aplicaciones alimentarias.

*Tabla 6 Propiedades del Acero Inoxidable*

<b>Acero Inoxidable</b>	<b>Factor de diseño n</b>	<b>Módulo de elasticidad E (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Densidad δ (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso unitario w (kN/m<sup>3</sup>)</b>
AISI 304	2	1900	7.9	76

**Fuente:** Investigadores

Esfuerzo permisible.

$$\sigma = \frac{E}{n}$$

Ecuación 1

$\sigma =$  *esfuerzo permisible*

$E =$  *Resistencia a la fluencia*

$n =$  *factor de diseño ( $n_d$ ) o seguridad ( $n_s$ )*

Una vez calculado se obtuvo como esfuerzo permisible: 950 kg/cm<sup>2</sup>

#### 4.7.Capacidad en el Sistema de Alimentación

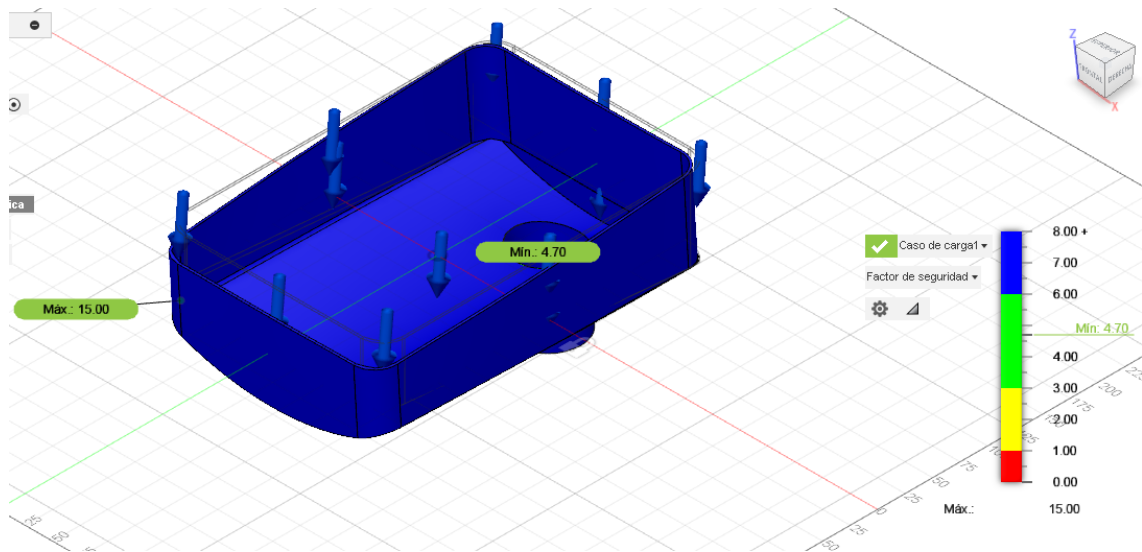


Figura 17 Tolva de Alimentación

**Fuente:** Investigadores

El diseño del sistema de alimentación del molino compacto fue realizada mediante la simulación en el programa Fusión 360 que nos permite referenciar el coeficiente de seguridad mínima real de 4,7N quien nos indica que el sistema en plena carga tiene cierta capacidad de soporte con las especificaciones y que el diseño no se rompa. Por la cual validamos los resultados del análisis y también se asegura el objetivo de cumplir con el coeficiente de seguridad cumple los estándares de aplicación.

$V = \text{volumen}$

$h = \text{altura}$

$a = \text{ancho}$

$L = \text{longitud}$

### Cálculo del volumen de un cilindro:

$$V = \pi * r^2 * h$$

Ecuación 2

### Volumen total del sistema de alimentación:

$$V = h * a * L$$

Ecuación 3

**Nota:** Comparando el volumen del sistema de alimentación con el volumen de las 8,46 libras del maíz se establece que el sistema de alimenta es la correcta.

### 4.8. Selección sistema de trituración

**Tornillo sin fin:** Dependiendo del diseño y tipo de molino, se requieren este elemento para la trituración y molienda de los granos.

#### 4.8.1. Área del Relleno del Canalón

El área de relleno ( $S$ ) del canal del molino que ocupa el material que mueve el tornillo sin fin, se puede obtener mediante la siguiente expresión:

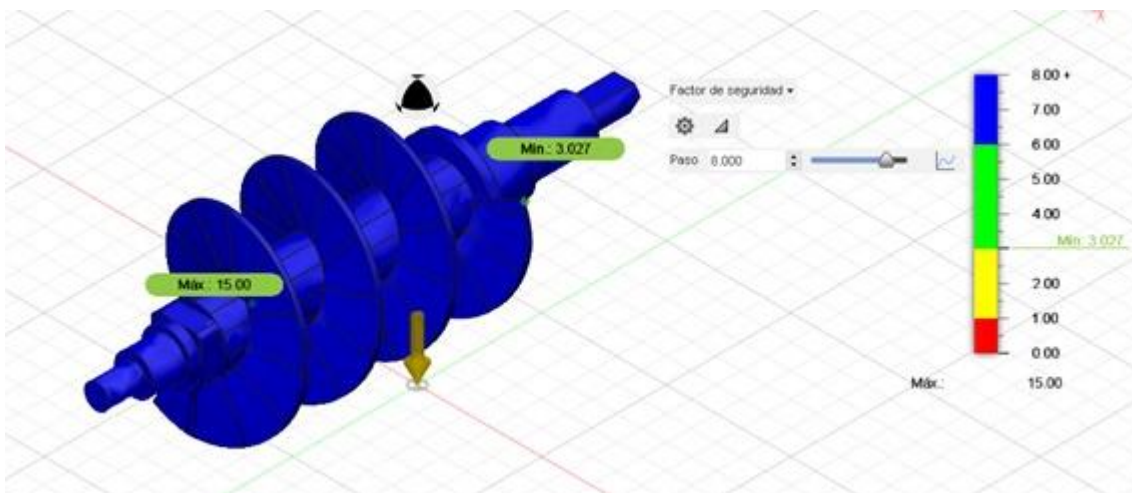


Figura 18 Área de Relleno del Canalón

**Fuente:** Investigadores

El área de relleno del canalón del tornillo sin fin ocupa el material que se moverá a través del tornillo sin fin donde el material dónde el material transportado a lo largo. Esta área dependerá del diámetro del tornillo, el paso de la hélice y la densidad del material. Es crucial determinar la capacidad de transporte y eficiencia del sistema asegurando un flujo continuo y uniforme.

$$S = \lambda \frac{\pi * D^2}{12} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$S = 380,26mm$$

Donde,

$S$  es el área de relleno del transportador, en  $m^2$

$D$  es el diámetro del canal del transportador, en  $m$

$\lambda$  es el factor de ocupación de la sección.

La magnitud del diámetro requerido en los transportadores de tornillo también está influenciada por la naturaleza del material a transportar, cumpliéndose de manera aproximada la siguiente proporción:

- En el caso de sustancias uniformes, el diámetro del tornillo debe ser al menos 12 veces superior al diámetro de las partículas a transportar.
- Para sustancias heterogéneas, el diámetro del tornillo debe ser 4 veces mayor que el diámetro máximo de las partículas a transportar.

Este factor de ocupación ( $\lambda$ ) debe ser inferior a la unidad para prevenir la acumulación del material, lo cual obstaculizaría su adecuado desplazamiento a lo largo del canal.

La siguiente tabla se indican los valores del factor de ocupación ( $\lambda$ ) en función del tipo de carga que transporta el tornillo:

Tabla 7 Factor de Ocupación

Tipo de Carga	Factor de ocupación ( $\lambda$ )
Pesada y abrasiva	0,125
Pesada y poco abrasiva	0,25
Ligera y poco abrasiva	0,32
Ligera y no abrasiva	0,4

Fuente: Investigadores

#### 4.8.2. Velocidad de Desplazamiento

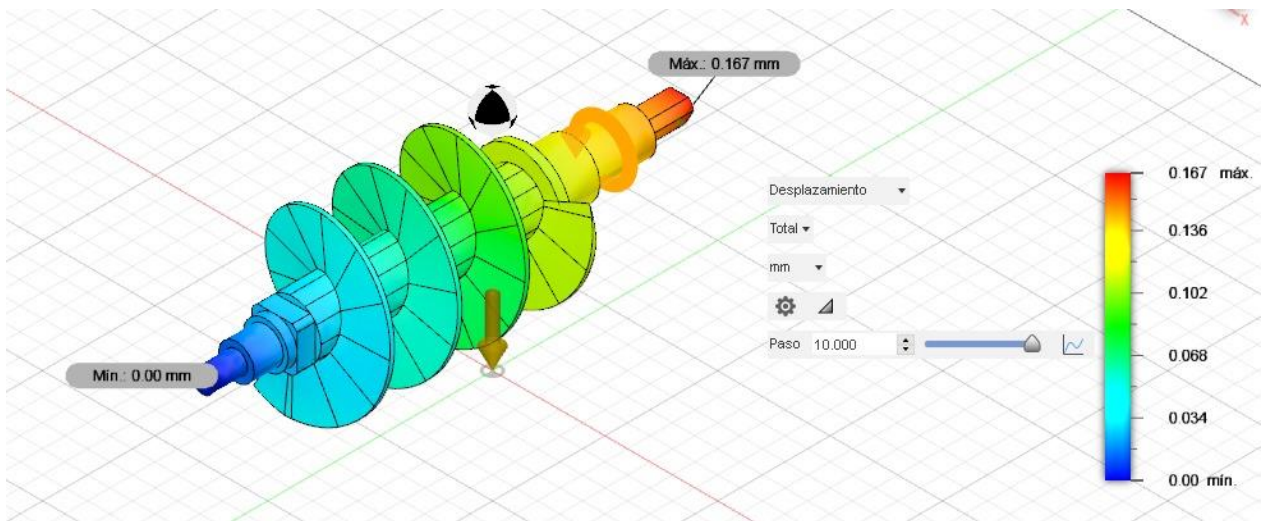


Figura 19 Velocidad de Desplazamiento

La velocidad de desplazamiento en el transporte de maíz húmedo es crítica para evitar obstrucciones y garantizar un flujo continuo. El maíz húmedo es más pesado y pegajoso, lo que puede reducir la eficiencia del tornillo sin fin o del sistema de transporte. Es esencial ajustar la velocidad adecuadamente para manejar la mayor fricción y evitar la acumulación de material, asegurando así un transporte efectivo sin dañar el grano ni el equipo.

$$V = \frac{p * n}{60}$$

Ecuación 5

$V$  = Velocidad de desplazamiento del transportador

$p$  = Paso del tornillo a paso de hélice

$n$  = revoluciones del motor

#### 4.8.3. Determinación del Flujo del Material

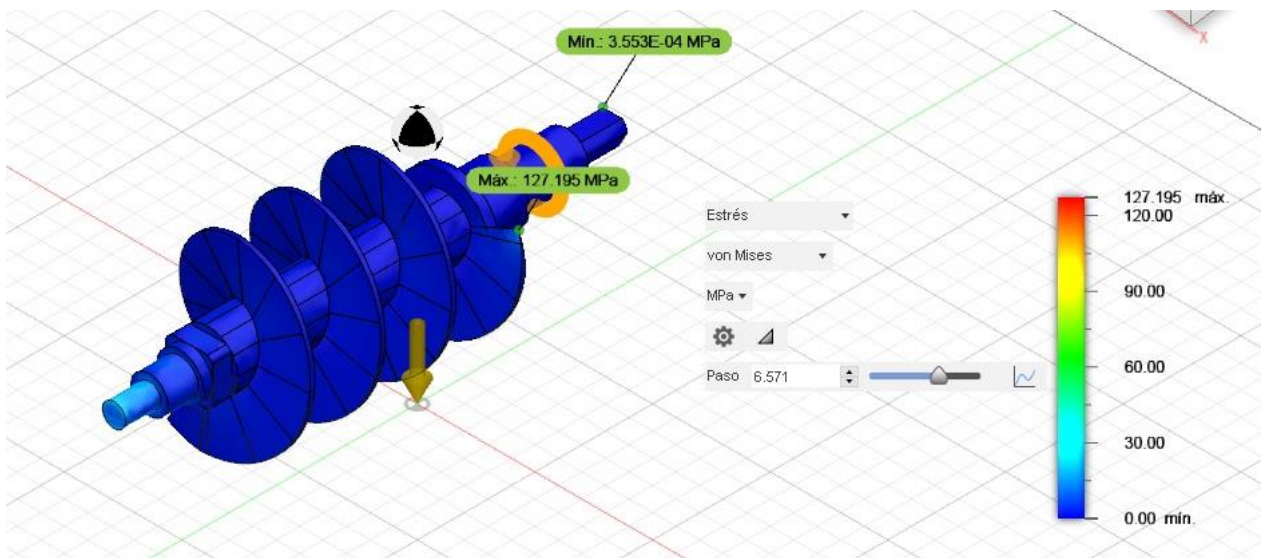


Figura 20 Determinación del Flujo del Material

La determinación del flujo del maíz húmedo en un sistema de transporte, como un tornillo sin fin, depende de factores como la humedad del grano, la inclinación del transportador, el diámetro del tornillo y la velocidad de desplazamiento. El maíz húmedo, siendo más denso y pegajoso, requiere ajustes en la velocidad y diseño del tornillo para asegurar un flujo continuo. Es crucial calcular la capacidad de carga y evitar la sobrecarga del sistema, garantizando un transporte eficiente y sin bloqueos.

$$Q = 3600 * S * v * p * i$$

Ecuación 6

$$Q = 6,56 \times 10^{10}$$

Donde:

$Q$  = Flujo del material transportado

$S$  = Área de relleno del transportador

$v$  = Velocidad del desplazamiento del transportador

$p$  = Densidad del material transportado

$i$  = Coeficiente del flujo de material debido a la inclinación del transportador

La densidad del material al transportar los granos de pequeños tamaños, mezclados en polvo, son de naturaleza no abrasiva, que fluyen fácilmente. Su peso específico se sitúa entre 0,6 - 0,8 t/m<sup>3</sup>.

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.

La siguiente tabla muestra los valores del coeficiente ( $i$ ) de disminución de flujo que indica la reducción de capacidad de transporte debida a la inclinación:

*Tabla 8 Coeficiente de disminución de flujo*

Inclinación de crestas	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
$i$	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4

**Fuente:** Investigadores

## 4.9. Velocidad óptima de rendimiento

### 4.9.1. Potencia para moler

Mediante pruebas realizadas se estableció que la velocidad óptima para moler el maíz húmedo es de 50 a 90 rpm pero por un corto tiempo ya que afecta el esfuerzo físico.

Para este caso se seleccionó una velocidad de 3000 rpm para obtener una productividad alta y darle sentido al proyecto.

$$T = \frac{P}{v} \Rightarrow P = T * v$$

Ecuación 7

$P =$  Potencia requerida

$T =$  Torque necesario

$v =$  Velocidad rpm

$$P = 1200 \text{ w}$$

Tabla 9 Selección del Motor

SELECCIÓN DEL MOTOR			
DATOS TÉCNICOS			
TIPO	TORQUE	POTENCIA	RPM
Llave de impacto de 1/2"	468	710	2700
Llave de impacto de 3/4"	440	710	2700
Taladro percutor de 1/2"	650	1200	3000
Taladro de 5/8"	500	500	700

**Fuente:** Investigadores

#### 4.10. Potencia del Accionamiento

##### 4.10.1. Potencia para el Desplazamiento Horizontal del Material ( $P_H$ )

$$P_H(KW) = C_o * \frac{Q * L}{367}$$

Ecuación 8

Donde:

Q = Flujo del material Transportado

L = Longitud del transportador

$C_o$  = Coeficiente de resistencia del material del transportador

Para identificar el coeficiente de resistencia del material ( $C_o$ ) lo identificaremos en la siguiente tabla a continuación:

*Tabla 10 Coeficiente de resistencia del material*

<b>Tipo de Material</b>	<b>Valor de (<math>C_o</math>)</b>
Harina, serrín, productos granulosos	1,2
Turba, sosa, polvo de carbón	1,6
Antracita, carbón, sal de roca	2,5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

**Fuente:** Investigadores

#### 4.10.2. Potencia de Accionamiento en Vacío ( $P_N$ )

$$P_N(KW) = \frac{D * L}{20} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

D = Diámetro de la sección del canalón de la carcasa del transportador

L = Longitud del transportador

#### 4.10.3. Potencia de Accionamiento Total ( $P_T$ )

$$P_T = P_H + P_N \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

$P_H$  = Potencia para el desplazamiento horizontal del material

$P_N$  = Potencia de accionamiento en vacío

#### 4.11. Cuchillas de Trituración

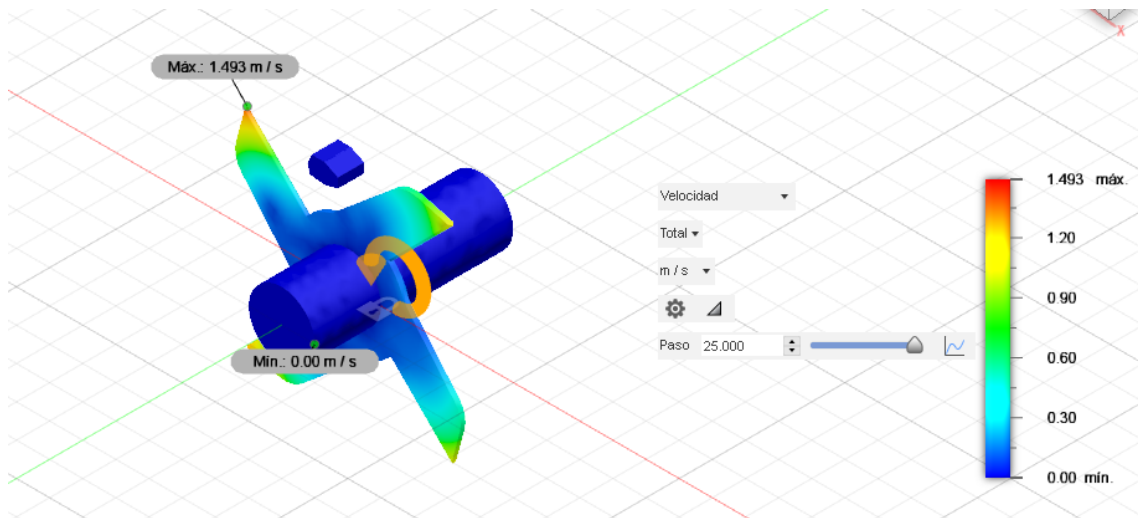


Figura 21 Velocidad de la Cuchilla de Trituración

**Fuente:** Investigadores

Para realizar el diseño del sistema de trituración mediante cuchillas del molino compacto se tomó como referencia la velocidad proporcional para triturar el maíz húmedo es importante considerar los factores claves como el diámetro de la hélice la longitud de la cuchilla el ángulo de inclinación de la hélice el número de vueltas y la velocidad de corte para realizar las pruebas y ajustar según las necesidades de la aplicación.

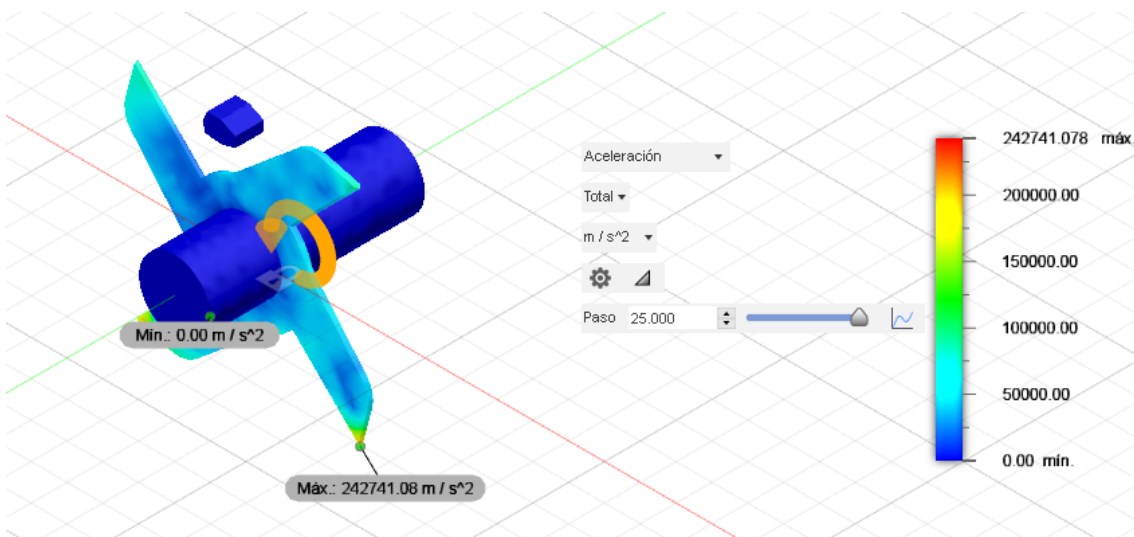


Figura 22 Presión de Contacto con las Cuchillas

**Fuente:** Investigadores

La presión de contacto con las cuchillas con carga tiene la velocidad proporcional para triturar el maíz húmedo correspondiente al ángulo de inclinación de la hélice y su trituración absoluta

$$D = \frac{L}{n * \tan (\theta)} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

D = Diámetro de la cuchilla (en metros o centímetros)

L = Longitud total de la cuchilla (en metros o centímetros)

n = Número de vueltas de la hélice

$\theta$  = Ángulo de inclinación de la hélice (en grados)

## Rejilla de Alimentos

### 4.12. Rejilla De Alimentos

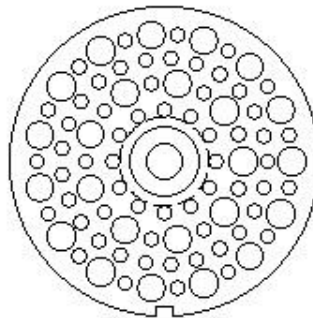


Figura 23 Diseño de la Rejilla de Alimentos

**Fuente:** Investigadores

La rejilla de alimento se diseñó con respecto a la cantidad de pasta de maíz húmedo que va salir como resultado final.

## Área perforada

$$A_P = \frac{R^2 * 90,69}{T^2}$$

Ecuación 12

Donde:

R = Diámetro de perforación

T = Paso entre perforación

### 4.13. Estructura de Soporte

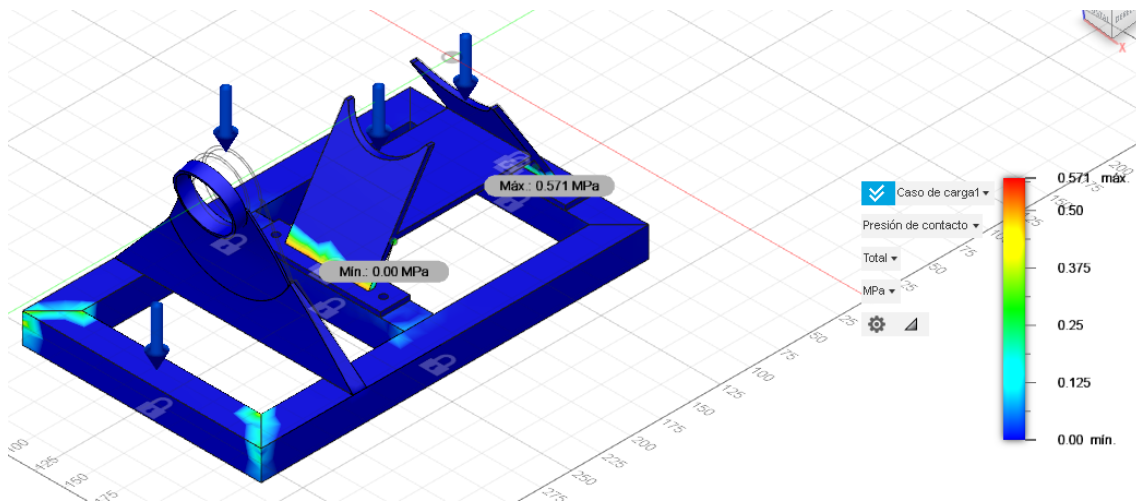


Figura 24 Estructura de Soporte

**Fuente:** Investigadores

El factor de seguridad en la estructura de soporte de un molino compacto es crucial para garantizar su durabilidad y seguridad durante la operación. Este factor se refiere al margen adicional de resistencia que se incorpora en el diseño para soportar cargas inesperadas o condiciones extremas. En el molino compacto, un factor de seguridad adecuado asegura que la estructura pueda manejar sobrecargas, vibraciones y posibles impactos sin fallar, protegiendo tanto el equipo como a los operadores y prolongando la vida útil del molino.

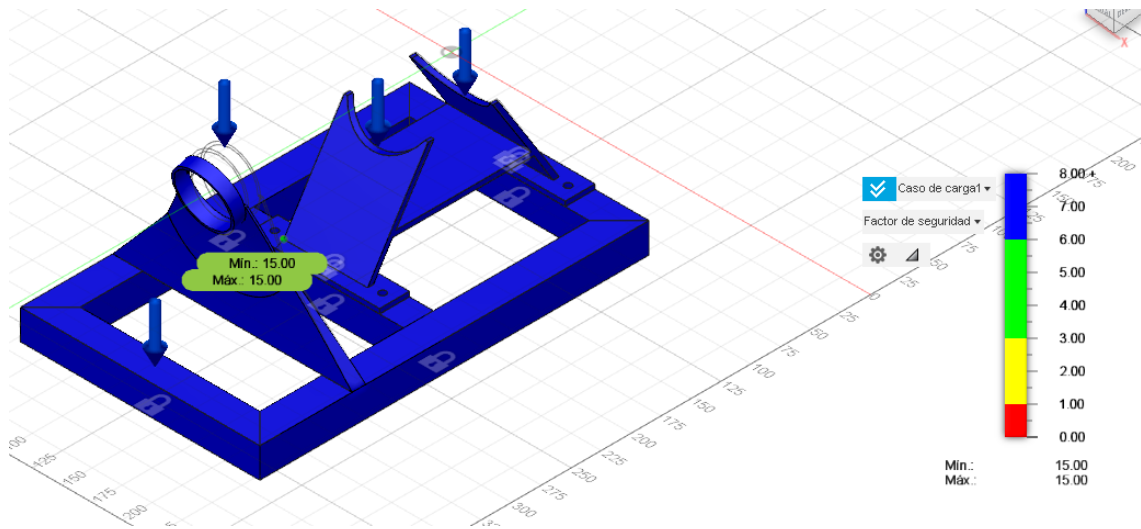


Figura 25 Coeficiente de Seguridad

**Fuente:** Investigadores

El diseño parece estar sobre diseñado para los criterios de análisis actuales asegurando que los objetivos del coeficiente de seguridad cumplan los estándares de su aplicación.

#### 4.14. Control Eléctrico

**Cálculo del cable:** identificar el tipo de cable adecuado para la instalación de los componentes.

Ley de Ohm

$$I = \frac{P}{V} \quad \text{Ecuación 13}$$

$$I = 10 \text{ A}$$

Para el cálculo de la sección (S) de los conductores activos en los tramos de corriente alterna monofásica, se empleará la siguiente ecuación:

$$s = \frac{2 * P * L}{\Delta V * C * V} \quad \text{Ecuación 14}$$

$s =$  Sección del cable conductor en  $mm^2$

$P =$  Potencia máxima que va a transportar el cable,  $W$

$L =$  Longitud del cable conductor,  $m$

$\Delta V =$  es la caída de tensión máxima permitida en los conductores

Tabla 11 Valores de conductividad del cobre para distintas temperaturas

Conductividad del cobre $\left(\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}\right)$ en función de la temperatura $T$ ( $^{\circ}C$ )							
20	30	40	50	60	70	80	90
56	54	52	50	48	47	45	44

**Fuente:** Investigadores

Según se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, deberá ser en los conductores de corriente alterna como máximo del 2% la caída de tensión.

$C =$  conductubidad del materil del conductor

En este caso cobre, cuya conductividad a  $20^{\circ}$  es de  $56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$

El cable a utilizar es el flexible de #18

#### 4.15. Establecimiento de la estructura funcional

El establecimiento de la estructura funcional de un molino de granos compacto implica definir las diferentes etapas y funciones necesarias para su operación eficiente.

##### 1. Alimentación:

- Recepción y almacenamiento de granos.
- Sistema de transporte o alimentación hacia la etapa de molienda.

## **2. Trituración:**

- Mecanismo de molienda (puede ser tornillo sin fin, cuchillas, piedras, etc.).
- Ajuste de la configuración de molienda según el tipo de grano y el tamaño deseado.
- Control de la velocidad y fuerza de molienda.

### **4.16. Diseño conceptual**

#### **Requerimientos de los usuarios:**

Identificar los requisitos de los usuarios, como capacidad de molienda, tipos de granos a procesar, calidad de molienda deseada y espacio disponible para la instalación del molino.

#### **Dimensiones y distribución del espacio:**

Determinar el tamaño y la forma del molino de acuerdo con el espacio disponible. Un molino compacto debe ser diseñado para ocupar la menor cantidad de espacio posible.

#### **Mecanismo de molienda:**

Seleccionar el tipo de mecanismo de molienda adecuado para los granos seleccionados. Considerar aspectos como eficiencia de molienda, facilidad de ajuste y mantenimiento.

#### **Alimentación y transporte de granos:**

Diseñar un sistema eficiente para la alimentación de granos al molino, ya sea de forma manual o automática. Considerar la capacidad de carga, la uniformidad de alimentación y la prevención de obstrucciones.

### **4.17. Justificación del diseño**

El molino compacto es un producto para hogares que necesitan del mismo, con el cual el trabajo se agilizará, este está diseñado para moler granos especialmente maíz húmedo, se lo trabaja de pie, este producto se coloca encima de un mesón o una superficie.

Dentro del diseño se toma como parte el molino manual porque es característico dentro de todos los hogares, se sigue con la tradición y costumbre del molino manual de granos, la gente reconoce y lo identifica como un producto de trabajo en el ante pasado.

## **5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **5.1. Alcance del Proyecto**

Diseño: Incluye la creación de planos y especificaciones técnicas detalladas del molino de granos compacto.

Adquisición de materiales y componentes: Determina los materiales y componentes necesarios para la construcción del molino y establece un proceso de adquisición.

Construcción y montaje: Realiza la construcción física del molino, el ensamblaje de los componentes y la instalación de sistemas auxiliares.

Pruebas y puesta en marcha: Realiza pruebas para asegurar que el molino funcione correctamente y realiza los ajustes necesarios.

Capacitación y documentación: Proporciona capacitación sobre el uso y mantenimiento del molino y crea documentación técnica detallada.

### **5.2 Establecimiento de la estructura funcional**

El establecimiento de la estructura funcional de un molino compacto implica organizar componentes clave para un rendimiento eficiente en un diseño reducido. El sistema de alimentación incluye una tolva y un mecanismo de dosificación para regular el flujo del material. El sistema de trituración de molienda contiene tornillo sin fin, cuchillas y una rejilla de cribado que permiten reducir el tamaño del material de manera uniforme.

El motor eléctrico, junto con la transmisión de potencia, impulsa las cuchillas, mientras que el chasis y los componentes de vibración proporcionan soporte estructural y reducen el ruido. Un mando normal ajusta los parámetros operativos. La seguridad, como los interruptores que protegen al operador. El material molido se extrae a través de un conducto de salida, y un colector que mantiene el área limpia. El diseño compacto facilita la movilidad.

### 5.3 Acero inoxidable 304

El acero inoxidable 304 es uno de los mejores aceros para el contacto con alimentos debido a su resistividad demostrada en la Ecuación 1 y la gráfica de sus características que va a continuación:

$$\sigma = \frac{E}{n} \quad \text{Ecuación 1}$$

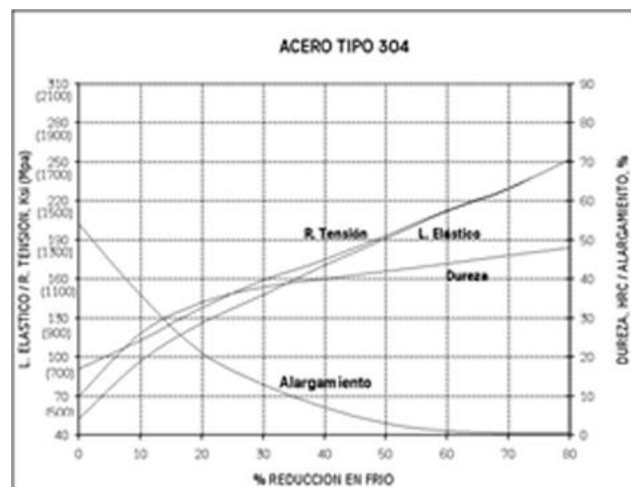
$\sigma$  = esfuerzo permisible

E = Resistencia a la fluencia

n = factor de diseño ( $n_d$ ) o seguridad ( $n_s$ )

Una vez calculado se obtuvo como esfuerzo permisible: 950 kg/cm<sup>2</sup>

*Gráfica 1 Resistividad del Acero Inoxidable 304*



**Fuente:** Internet

### 5.4 Capacidad del Sistema de Alimentación

El proceso de diseñar y fabricar una tolva que pueda almacenar y dispensar hasta 8 libras de un material específico de manera eficiente, segura y controlada. Este proceso implica una cuidadosa selección de materiales, diseño estructural, y mecanismos de descarga que se adapten a la capacidad establecida.

## **Razones para la construcción de una tolva con esta capacidad específica:**

### **Precisión en la dosificación:**

Una tolva diseñada para 8 libras permite una dosificación precisa del material, lo cual es crucial en procesos que requieren cantidades exactas, como en la alimentación de maquinaria, mezclado de ingredientes, o procesos de producción.

### **Optimización del espacio:**

La capacidad de 8 libras determina las dimensiones de la tolva, lo que permite optimizar el espacio en instalaciones donde el tamaño y la eficiencia del uso del espacio son importantes.

### **Control del flujo de material:**

El diseño específico para 8 libras asegura que el flujo de material sea constante y controlado, evitando problemas como bloqueos o descarga inconsistente, que pueden ocurrir si la tolva está sobrecargada o subutilizada.

El diseño del sistema de alimentación del molino compacto está referido a el cálculo del volumen del cilindro de alimentación y referido a las características a la tolva del sistema de en el cual se demostró mediante la Ecuación 2 y la Ecuación 3 el volumen el cual va a tener la capacidad para almacenar el maíz húmedo.

### **Cálculo del volumen de un cilindro**

$$V = \pi * r^2 * h \quad \text{Ecuación 2}$$

$$V_2 = 259.672,6 \text{ mm}^3$$

$$V = h * a * L \quad \text{Ecuación 3}$$

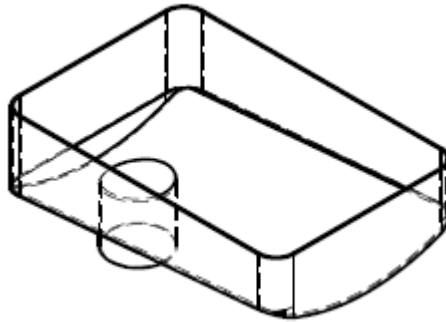


Figura 26 Tolva de Alimentación Construida

**Fuente:** Investigadores

### 5.5 Sistema de Trituración

El tornillo sin fin fue construido para satisfacer la necesidad de transmitir movimiento y fuerza en situaciones donde se requiere una alta reducción de velocidad y un aumento del torque en un espacio compacto. Este mecanismo es ampliamente utilizado en aplicaciones donde se necesita controlar el movimiento de manera precisa y eficiente.

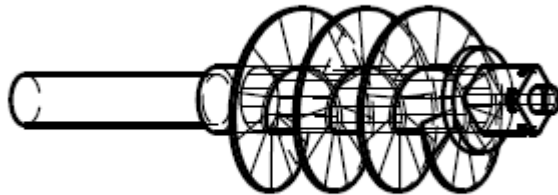


Figura 27 Tornillo sin fin

**Fuente:** Investigadores

#### Área de relleno del canalón ( $S$ ):

Este cálculo se realizó para determinar la cantidad de material necesario para llenar un canalón a una altura específica. El área de relleno es fundamental para garantizar que el canalón funcione correctamente en la recolección y manejo de la pasta de maíz, o en la transferencia de materiales en un sistema de canalización en la Ecuación 4 es una fórmula matemática específica, utilizada en

el diseño y análisis del canalón, que relaciona variables como la geometría del canalón, la altura de relleno y otros factores para calcular el área de relleno de manera precisa.

$$S = \lambda \frac{\pi * D^2}{12}$$

Ecuación 4

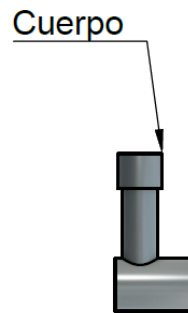


Figura 28 Canalón o Cuerpo

**Fuente:** Investigadores

### **Velocidad de desplazamiento (V)**

El cálculo para determinar la rapidez con la que el maíz húmedo triturado o fluido se mueve a lo largo de una trayectoria o dentro de un sistema la Ecuación 5 es una fórmula específica utilizada en este contexto para relacionar diversas variables, como la distancia recorrida y el tiempo, con el fin de calcular la velocidad de desplazamiento de manera precisa.

$$V = \frac{p * n}{60}$$

Ecuación 5

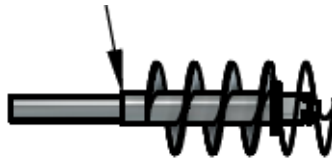


Figura 29 Velocidad de desplazamiento en el tornillo sin fin

**Fuente:** Investigadores

### **Determinación del flujo del material (Q)**

Calcular el flujo del material es esencial para garantizar que el proceso de trituración se lleve a cabo de manera eficiente y controlada en la Ecuación 6 permite obtener un valor exacto del flujo, que es crucial para mantener la consistencia en la producción y evitar interrupciones.

El cálculo del flujo del material es fundamental para el diseño y dimensionamiento de equipos, como transportadores o canalizaciones la Ecuación 6 proporciona los datos necesarios para asegurarse de que los equipos sean capaces de manejar el flujo previsto sin sobrecargas ni atascos.

Al conocer el flujo del material, se puede optimizar el uso de los recursos, asegurando que la cantidad de material utilizado se alinee con la demanda del proceso. Esto ayuda a minimizar el desperdicio y maximizar la eficiencia del sistema.

$$Q = 3600 * S * v * p * i$$

Ecuación 6



Figura 30 Flujo del Material

**Fuente:** Investigadores

## 5.6 Potencia del accionamiento

### Potencia para el desplazamiento horizontal del material ( $P_H$ )

La potencia necesaria para el desplazamiento horizontal del material es crucial para dimensionar y seleccionar el equipo adecuado, como motores o sistemas de transporte como se puede demostrar en la Ecuación 9 permite obtener un valor exacto de la potencia, asegurando que se utilice la cantidad adecuada de energía para mover el material de manera eficiente.

El cálculo de la potencia para el desplazamiento horizontal del material utilizando la Ecuación 7 proporciona un valor fundamental que influye en el diseño, la selección de equipos, y la evaluación de costos de un sistema de transporte de materiales. Este valor asegura que el sistema sea energéticamente eficiente, económico, y capaz de cumplir con los requisitos operativos, garantizando un funcionamiento seguro y fiable del proceso.

$$P_H(KW) = C_o * \frac{Q * L}{367} \quad \text{Ecuación 7}$$

### Potencia de accionamiento en vacío ( $P_N$ )

Se realizó el cálculo para determinar la cantidad de energía necesaria para hacer funcionar un sistema o equipo sin carga, es decir, en condiciones de operación en vacío como podemos demostraren la Ecuación 8 es una fórmula específica utilizada para relacionar variables como la velocidad del motor, la fricción interna del sistema, y las pérdidas mecánicas, con el fin de calcular la potencia requerida para mantener el equipo en movimiento sin realizar trabajo útil.

El cálculo de la potencia de accionamiento en vacío utilizando la Ecuación 8 proporciona un valor clave que ayuda a entender y optimizar el rendimiento de un sistema o equipo cuando opera sin carga. Este valor es fundamental para el diseño, la selección de componentes, la optimización energética, y el cumplimiento de normativas, garantizando que el sistema funcione de manera eficiente y económica incluso en condiciones de operación en vacío.

$$P_N(KW) = \frac{D * L}{20} \quad \text{Ecuación 8}$$

### Potencia de accionamiento en total ( $P_T$ )

El cálculo de la potencia de accionamiento total mediante la Ecuación 9 se realiza para determinar la energía necesaria para operar el sistema de trituración bajo todas las condiciones, incluyendo carga y fricciones internas. Este cálculo es crucial para dimensionar correctamente los elementos internos y equipos, garantizar eficiencia energética, y asegurar que el sistema funcione dentro de los parámetros operativos óptimos. La ecuación 9 se utiliza específicamente porque integra todos los factores de pérdida y carga, proporcionando una estimación precisa de la potencia requerida para un funcionamiento seguro y eficiente.

$$P_T = P_H + P_N$$

Ecuación 9

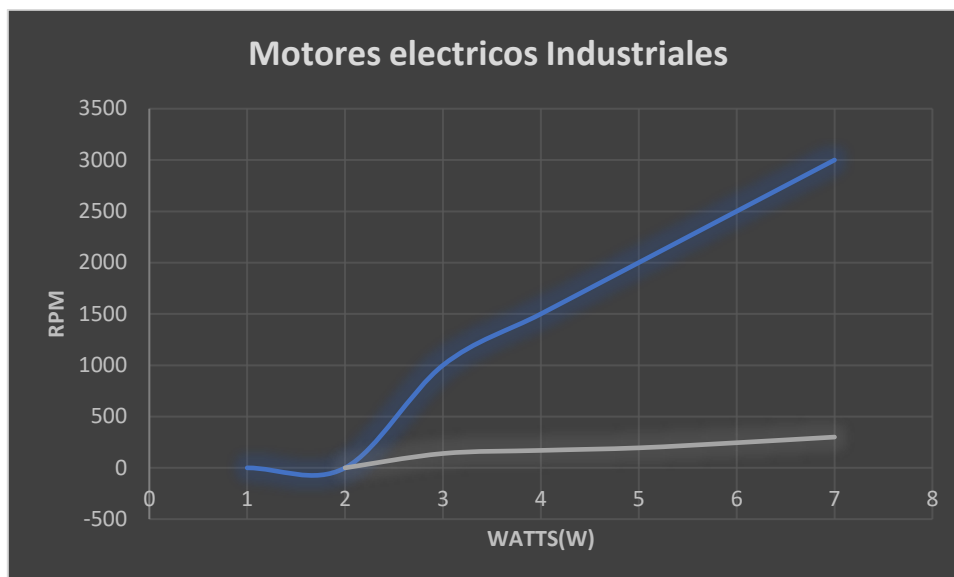


Figura 31 Potencia de Molinada

**Fuente:** Investigadores

### 5.7 Motor Universal

El proceso de selección de un motor universal para un molino compacto: Es la serie de pasos y criterios técnicos utilizados para escoger un motor adecuado que se adapte adecuadamente al molino compacto, garantizando que el motor proporcione la potencia, torque, eficiencia y compatibilidad necesarias para el funcionamiento eficiente del molino.



Gráfica 2 Características Motores Industriales

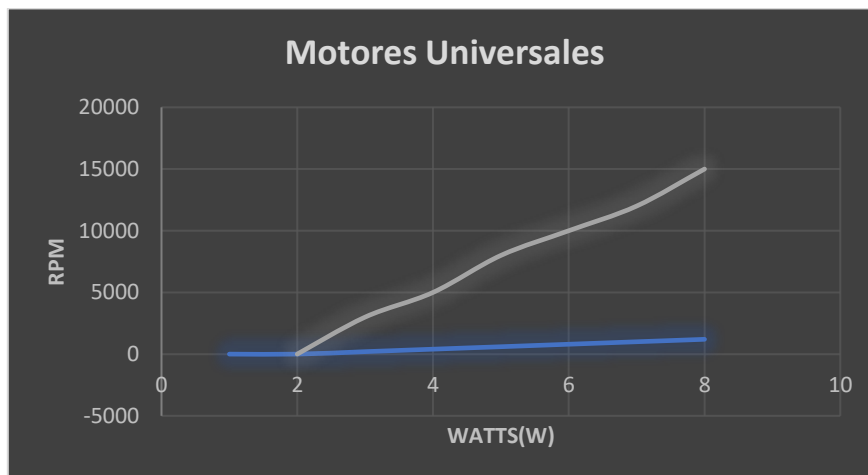
Fuente: Investigador

Tabla 12 Características Motores Universales

Característica	Descripción
<b>Tipo de corriente</b>	CA y CC (puede funcionar con corriente alterna y continua)
<b>Velocidad de rotación (RPM)</b>	Alta, típicamente entre 3,000 y 20,000 RPM, dependiendo de la aplicación
<b>Par motor (Torque)</b>	Alto a bajas velocidades, adecuado para aplicaciones que requieren fuerza inicial
<b>Tamaño y peso</b>	Compacto y liviano, lo que permite diseños más pequeños y portátiles
<b>Eficiencia</b>	Moderada, puede ser menos eficiente que otros motores especializados
<b>Potencia</b>	Varía ampliamente, desde 100 W hasta más de 2,000 W
<b>Control de velocidad</b>	Fácil de implementar, permite múltiples velocidades
<b>Coste</b>	Relativamente bajo, lo que contribuye a la asequibilidad de los productos

<b>Durabilidad</b>	Moderada, con desgaste principalmente en los carbones
<b>Ruido</b>	neralmente más ruidoso que otros tipos de motores debido a la alta ocidad
<b>Aplicaciones comunes</b>	Electrodomésticos (aspiradoras, licuadoras, batidoras), herramientas eléctricas
<b>Capacidad de frenado</b>	Rápida, importante para aplicaciones que requieren detenerse rápidamente
<b>Refrigeración</b>	Generalmente aire forzado, para evitar sobrecalentamiento
<b>Compatibilidad de voltaje</b>	Adaptable a diferentes voltajes, comúnmente 110-120V o 220-240V según la región

**Fuente:** Investigadores



Gráfica 3 Características del Motor Universal

**Fuente:** Investigadores

$$T = \frac{P}{v} \Rightarrow P = T * v$$

Ecuación 10

P = Potencia requerida

T = Torque necesario

v = Velocidad rpm

## 5.8 Cuchillas de Trituración

El dimensionamiento de las cuchillas de doble hélice se calculó para asegurar un corte eficiente y preciso del material, optimizando el rendimiento del sistema y garantizando la durabilidad de las cuchillas. Es fundamental obtener las dimensiones correctas para evitar sobrecargas, desgaste prematuro, o ineficiencias en el proceso de corte.

Se utilizó la Ecuación 11 porque integra variables clave como el diámetro, la longitud, el ángulo de inclinación, y el número de vueltas de la hélice, proporcionando una fórmula precisa para calcular las dimensiones óptimas. Esta ecuación permite adaptar las cuchillas a las especificaciones técnicas requeridas, asegurando que el sistema funcione de manera eficiente y dentro de los parámetros operativos establecidos.

$$D = \frac{L}{n * \tan(\theta)}$$

Ecuación 11



Figura 32 Cuchillas de trituración

**Fuente:** Investigadores

*Tabla 13 Prueba de Cuchillas*

<b>PRUEBAS CUCHILLAS</b>				
<b>VELOCIDAD</b>	<b>RPM</b>	<b>TORQUE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>% DE TRITURACIÓN</b>
1	2000	-	½ Libra	Trituración 40%
2	2500	-	½ Libra	Trituración 70%
3	3000	-	½ Libra	Trituración 100%

**Fuente:** Investigadores

## **5.9 Rejilla del Molino**

### **Área de Perforación**

El área de perforación de una rejilla de acero inoxidable se calculó para asegurar que la rejilla cumpla con sus funciones de filtrado o ventilación sin comprometer la resistencia estructural. Es crucial determinar el área adecuada de perforación para equilibrar el flujo de aire o líquido con la durabilidad y capacidad de carga de la rejilla.

Se utilizó la Ecuación 12 porque permite calcular con precisión el área total de las perforaciones en relación con el tamaño y disposición de los orificios. Esta ecuación ayuda a garantizar que la rejilla cumpla con las especificaciones de diseño, proporcionando un equilibrio óptimo entre permeabilidad y resistencia, adaptándose a las necesidades del proyecto.

$$A_p = \frac{R^2 * 90,69}{T^2}$$

Ecuación 12

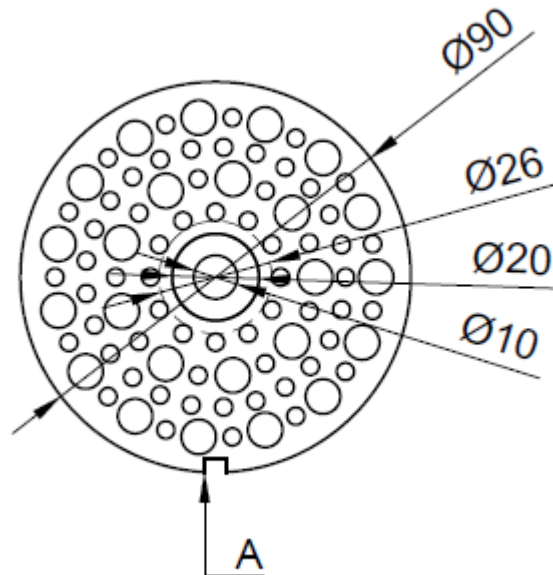


Figura 33 Rejilla de Retención

**Fuente:** Investigadores

### 5.10 Estructura de Soporte

La estructura de soporte de un molino compacto está diseñada para proporcionar estabilidad y durabilidad durante la operación, soportando tanto el peso del molino como las fuerzas dinámicas generadas durante la molienda. Generalmente, esta estructura está fabricada con materiales robustos como acero o aleaciones metálicas, que resisten el desgaste y las vibraciones. El diseño incluye un marco sólido que sostiene los componentes clave del molino, como el motor, las piedras o rodillos de molienda, y los sistemas de alimentación y descarga. Además, la estructura puede incorporar bases ajustables o amortiguadores para adaptarse a diferentes superficies, reducir la transmisión de vibraciones al entorno y garantizar un funcionamiento seguro. El factor de seguridad en el diseño asegura que la estructura pueda manejar cargas imprevistas sin comprometer su integridad.

Los resultados del análisis de soporte de la estructura indican que la estabilidad y resistencia son adecuadas para soportar las cargas operativas del equipo. Las pruebas de estrés confirman que el factor de seguridad es satisfactorio, lo que minimiza el riesgo de fallos bajo condiciones extremas, garantizando un rendimiento confiable y duradero en aplicaciones industriales o comerciales.

### 5.11 Variables de Producción

En un molino compacto de accionamiento electromecánico, las variables de producción son esenciales para su eficiencia. Incluyen la tasa de molienda (kg/hora), que mide cuánto material se procesa, y la velocidad de rotación (RPM) del motor, que afecta la capacidad de molienda. El consumo de energía (kWh) influye en los costos operativos, mientras que el tamaño del material de salida (micras o mm) asegura la calidad del producto final. Además, el desgaste de las cuchillas y el tiempo de inactividad afectan la continuidad y la eficiencia del proceso de molienda.

Observaremos los valores operacionales de la máquina mediante una tabla

Tabla 14 Variables de Producción

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Rango Óptimo / Meta</b>
<b>Tasa de Producción</b>	Cantidad de molienda por hora	Unidades/hora	8lbr/hora
<b>Velocidad optima de operación</b>	Velocidad en la cual realiza el trabajo	RPM	2470RPM
<b>Tiempo de Ciclo</b>	Tiempo necesario para completar un ciclo de molienda	Segundos/lb	120 - 240 segundos/lb
<b>Utilización del Equipo</b>	Porcentaje de tiempo que el equipo está en operación	%	85% - 95%
<b>Eficiencia del Equipo</b>	Relación entre la producción real y la producción teórica	%	90% - 100%
<b>Tiempo de Inactividad</b>	Tiempo que la máquina está inactiva	Días	6 días
<b>Cumplimiento de Plazos</b>	Porcentaje de molinada completada a tiempo	%	95% - 100%

**Fuente:** Investigadores

### 5.112 Variable de Matrices

Las variables de matrices en un molino compacto son cruciales para su eficiencia y durabilidad. Incluyen la fuerza de cierre, que asegura un sellado adecuado durante la molienda, y la dureza del material, que determina la resistencia al desgaste. El ángulo de desmoldeo facilita la expulsión del material molido, mientras que la precisión de corte asegura que las partículas alcanzan el tamaño deseado. La vida útil de la matriz y su desgaste afectan la frecuencia de mantenimiento. El tiempo de ciclo y la tolerancia dimensional garantizan la calidad y consistencia del producto final.

En un molino compacto, las variables de matrices incluyen dimensiones de componentes, capacidad de carga, y eficiencia de molienda. Estas matrices ayudan a modelar el comportamiento del molino, optimizar el diseño y garantizar un rendimiento eficiente, ajustando aspectos estructurales y operativos según las necesidades.

Tabla 15 Variable de Matrices

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Rango Óptimo / Meta</b>
<b>Fuerza de Cierre</b>	Fuerza necesaria para mantener las partes de la matriz juntas durante la operación	Libras	Depende del material y tamaño
<b>Espesor del Material</b>	Grosor del material que será procesado con la matriz	mm	0.5 - 10 mm
<b>Dureza del Material</b>	Resistencia del material que será procesado	HRC	50 HRC
<b>Precisión de Corte</b>	Exactitud en la dimensión de las piezas cortadas o formadas	mm	$\pm 0.01$ - $\pm 0.5$ mm
<b>Vida Útil de la Matriz</b>	Cantidad de ciclos antes de requerir mantenimiento o reemplazo	Ciclos	100,000 - 1,000,000 ciclos
<b>Temperatura de Operación</b>	Temperatura a la que opera la matriz	°C	20 - 40°C
<b>Tiempo de Ciclo</b>	Tiempo necesario para completar un ciclo de operación de la matriz	Segundos	5 - 20 segundos

**Fuente:** Investigadores

### 5.11 Diseño Conceptual

El diseño conceptual implica la creación de una representación inicial del equipo, enfocada en su funcionalidad y estructura básica. Incluye la disposición de los componentes principales, como la cámara de molienda, las cuchillas y tornillo sin fin, y el sistema de alimentación y extracción. El objetivo es definir cómo interactúan estos elementos para optimizar el rendimiento, la eficiencia y la durabilidad del molino. Este diseño debe considerar aspectos como el tamaño, el tipo de material procesado, y las condiciones operativas, estableciendo una base para el desarrollo detallado y la fabricación del molino.

### 5.11 Diseño Dimensional

El diseño dimensional se centra en la determinación precisa de las dimensiones y proporciones de sus componentes clave. Incluye el cálculo del tamaño y la forma de la cámara de molienda, el diámetro y longitud de las cuchillas o martillos, y la capacidad de la tolva de alimentación. Este diseño asegura que todos los elementos encajen correctamente, operen de manera eficiente, y cumplan con los requisitos de rendimiento. La correcta dimensión optimiza el flujo del material, la capacidad de procesamiento, y la facilidad de mantenimiento, garantizando un funcionamiento efectivo del molino.

### 5.13 Análisis económicos

Dentro de este análisis se establecerán los costos de materiales e insumos para determinar el costo total para el armado de la máquina.

Tabla 16 Análisis Económico Acero Inoxidable

Descripción	Cant.	Unid.	Valor Unit.	Valor total
Tubo cuadrado 25x25 mm	0,5	Unid	24,56	12,28
Angulo 30x3 mm	0,25	Unid	37,30	9,33
Tolva impresión 3D	0,25	Unid	107,85	26,96
Ac Inox. 304 ½	0,25	kg	5,80	1,45
<b>TOTAL</b>				49,99

**Fuente:** Investigadores

Tabla 17 Análisis Económico Selección del Motor

Descripción	Cant.	Unid.	Valor Unit.	Valor total
Mot. Universal IMPACT RPM 3000 V110	1	Unid	120	120
<b>TOTAL</b>				120

Fuente: Investigadores

Tabla 18 Análisis Económico Materiales Secundarios

Descripción	Cant.	Unid.	Valor Unit.	Valor total
Pulsador marcha 22mm	1	Unid	2,05	2,05
Pulsador de contacto Inversor de giro 22mm verde	1	Unid	2,23	2,23
Dimer Electrico	1	Unid	2,30	2,30
Luz piloto. 22mm Verde 220 V	1	Unid	2,83	2,83
Cable sucre TSJN N°3x14 AWG con. Nacional	3	m	1,33	3,10
Cable sucre TSJN N°4x12 AWG con. Nacional	2	m	1,15	2,30
Enchufe de 20-220 V	1	Unid	2,80	2,80
<b>TOTAL</b>				17,61

Fuente: Investigadores

Tabla 19 Análisis Económico Mano de Obra

Descripción	Cant.	Unid.	Valor Unit.	Valor total
Mano de obra	20	Unid	100	100
Carcasa del Molino	1	Unid	30	30
Filamento Impresión 3D	1	Unid	21	21
Bocín De Bronce	1	kg	10	10
Carcasa estructural para el Motor	1	-	40	40
<b>TOTAL</b>				201

Fuente: Investigadores

Tabla 20 Análisis Económico Total

Descripción	Valor total
Acero Inoxidable	49,99
Selección Del Motor	120
Materiales Secundarios	17,61
Mano de Obra	201
	<b>388,61</b>

Fuente: Investigadores

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- Al diseñar el sistema de alimentación identificamos que la coeficiencia de carga máxima es de 4.7 N y que en el sistema de trituración dependerá del diámetro del tornillo, el paso de la hélice y la densidad del material dando como resultado 388,26mm de relleno en el canalón con un sistema de potencia de 1200W para conducir y triturar mediante las cuchillas y que la presión de contacto de obtener la trituración absoluta
- Al evaluar los requisitos técnicos y las expectativas de los usuarios correspondiente a la eficiencia de molinada fue fundamental que para procesar 8 lb de material en 480 segundos, asegura un rendimiento eficiente y adaptable a diversas aplicaciones equilibrando entre capacidad y velocidad garantizando una molienda igual que la tradicional sin comprometer la durabilidad del equipo.
- La incorporación de motores universales de 1200W de 3000 RPM mejora significativamente la eficiencia del proceso, proporcionando una molienda más rápida y uniforme, su alta potencia y velocidad, permiten al molino manejar cargas más grandes sin comprometer el producto final. En conjunto, el diseño y los motores robustos garantizan una experiencia superior para el usuario y una vida útil prolongada del equipo.

## 6.2. Recomendaciones

- Evaluar el rendimiento del molino compacto. Además, se deben programar mantenimiento preventivo regular para garantizar la eficiencia a largo plazo. Esto implica la revisión periódica de componentes clave, la lubricación adecuada y la sustitución de piezas desgastadas.
- Al analizar las variables obtenidas se sugiere implementar la capacitación para asegurar que los usuarios locales estén familiarizados con el funcionamiento y mantenimiento básico del molino. La capacitación puede abordar aspectos de seguridad, resolución de problemas simples y prácticas de operación eficientes.
- La implementación del molino compacto integrara actualizaciones tecnológicas que mejoren la eficiencia y la durabilidad del molino compacto. Esto podría incluir mejoras en los sistemas de control, materiales más avanzados, o la incorporación de innovaciones que optimicen el rendimiento global del sistema.

## 7. REFERENCIAS

### Bibliografía

- [1] FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Datos estadísticos, <http://www.fao.org/faostat/>, 2017.
- [2] ODEPA, Estudio, análisis y evolución de la competitividad y transparencia del mercado nacional del maíz. Informe de resultados. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura de Chile., Chile: <http://www.odepa.cl/wpcontent/filesmf/1389707495informeMaiz2007.pdf>, 2007.
- [3] S. E. M. Larota, «slideshare,» 19 12 2016. [En línea]. Available: <https://www.slideshare.net/SimonEduardoMamaniLa/apuntes-de-molienda>
- [4] E. Melo Cruz, «<https://es.slideshare.net/>,» 13 Febrero 2016. [En línea]. Available: [es.slideshare.net/FanychanCosplayer/molienda-58229503](https://es.slideshare.net/FanychanCosplayer/molienda-58229503).
- [5] J. B. N. C. J.G. Brenna, Las operaciones de la ingeniería de los alimentos 3a Ed., Zaragoza: Aspen Publishers Inc, 1998.
- [6] S. Hall. A, A. R. Halowenco y H. G. Laughlin, Diseño de elementos de maquinas, Mexico: Mc- Graw Hill, 1971.
- [7] D. Prieto, «[www.Grabcad.com](http://www.Grabcad.com),» 3 Julio 2013. [En línea]. Available: <https://grabcad.com/library/molino-de-rulos-1>
- [8] D. Cesar y J. Aguirre, «<https://repositorio.upct.es/>,» 18 Junio 2013. [En línea]. Available: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/3356/pfc5100.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [9] S. Celis, «<https://www.engormix.com/>,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.engormix.com/balanceados/articulos/sistema-molienda-con-molino-t40415.htm>.
- [10] R. L. Mott, Diseño de elementos de maquinas, Mexico: Pearson, 2006.

- [11] J. R. Sanz, «Transporte de la pulpa de café a los procesadores mediante tornillos sin fin,» Cenicafe-Fedecafe, p. 2, 1996.
- [12] C. De Mallorca, «<https://web.conselldemallorca.cat/>,» 2020. [En línea]. Available: <https://web.conselldemallorca.cat/es/-/molins-de-sang>.
- [13] L. INASEL Cia., «Inaseculador,» 2015. [En línea]. Available: [http://www.inasecuador.com/productos/simatic\\_s7/](http://www.inasecuador.com/productos/simatic_s7/).
- [14] U. d. Cantabria, Maquinas y mecanismos, Cantabria, 2019
- [15] L. A. Garces, «Operaciones con solidos,» Laboratorio de Molienda y Tamizado, p. 8, 2017.
- [16] V. M. Faires, Diseño de elementos de maquinas 4 ed., Buenos Aires: Pomaire, 1980.
- [17] ACEROBSV. (2018). ACEROBSV. Obtenido de ACEROBSV: <https://acerobsv.com/angulos-estandar.html> Aldana, S., Vereda, F., Hidalgo-Alvarez, R., & de Vicente, J. (2016). Facile synthesis of magnetic agarose microfibers by directed selfassembly. Polymer, 93, 61-64. aprendemostecnologia.org. (2015). Obtenido de Mecanismos de transmisión del movimiento: <https://aprendemostecnologia.org/maquinas-y-mecanismos/mecanismos-de-transmision-del-movimiento/>
- [18] Chadán, J. C. (2011). ESTUDIO DE UN SISTEMA DOSIFICADOR DE GRANOS EN LA TOLVA DE UN MOLINO DE PIEDRA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE MOLIENDA DE CEBADA Y MAÍZ.
- [19] Lara, C. (2012). DISEÑO DE UN MOLINO DE RODILLOS PARA MOLIENDA DE GRANOS DE ALIMENTOS DESTINADOS AL SECTOR DEL CESTTA-ESPOCH. Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1982/1/96T00161.pdf>

## ANEXOS

### Memoria Técnica

#### Selección de acero Inoxidable

$$\sigma = \frac{Sy}{n}$$

$$\sigma_y = \frac{Sy}{n_d}$$

$$\sigma_y = \frac{1900 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$\sigma_y = 950 \text{ kg/cm}^2$$

#### Potencia para moler

##### Cálculo:

$$T = \frac{P}{v} \Rightarrow P = T * v$$

$$P = 0,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 3000 \text{ rpm}$$

$$P = 1200 \text{ w}$$

#### Capacidad de Sistema de Alimentación

##### Datos:

$$h = 100\text{mm}$$

$$a = 200\text{mm}$$

$$L = 300\text{mm}$$

$$r = 28,75\text{mm}$$

##### Cálculo del volumen de un cilindro:

$$V = \pi * r^2 * h$$

$$V_2 = \pi * r_1^2 * h_1$$

$$V_2 = \pi * 28,75^2 \text{ mm} * 100 \text{ mm} = 259.672,6 \text{ mm}^3$$

**Volumen total del sistema de alimentación:**

**Calculo:**

$$V = h * a * L$$

$$V = 100\text{mm} * 200\text{mm} * 300\text{mm}$$

$$V = 6'000.000\text{mm}^3$$

$$1 \text{ libra} - - - 708737,5\text{mm}^3$$

$$x - - - 708737,5\text{mm}^3$$

$$x = \frac{1 \text{ libra} * 6'000.000\text{mm}^3}{708737,5\text{mm}^3}$$

$$x = 8.46 \text{ libras}$$

**Selección Sistema de Trituración**

**Área de relleno del canalón (S):**

$$S = \lambda \frac{\pi * D^2}{12}$$

$$S = \lambda \frac{\pi * D^2}{12}$$

$$S = (0,25) \frac{\pi * (0,762)^2}{12}$$

$$S = 3800,06mm$$

### Velocidad de desplazamiento (V)

$$V = \frac{p * n}{60}$$

$$V = \frac{0,03m * 3000rpm}{60}$$

$$V = 1,5 \frac{m}{s}$$

### Determinación del flujo del material (Q)

$$Q = 3600 * S * v * p * i$$

$$Q = 3600 * S * v * p * i$$

$$Q = 3600 * (3800,06) * (1,5) * (0,8) * (0,4)$$

$$Q = 6,56x10^{10}$$

### Potencia del accionamiento

### Potencia para el desplazamiento horizontal del material ( $P_H$ )

$$P_H(KW) = C_o * \frac{Q * L}{367}$$

$$P_H(KW) = (4) * \frac{(6,56 \times 10^{10}) * (0,115)}{367}$$

$$P_H(KW) = 0,763$$

### Potencia de accionamiento en vacío ( $P_N$ )

$$P_N(KW) = \frac{D * L}{20}$$

$$P_N(KW) = \frac{(0,762) * (0,115)}{20}$$

$$P_N(KW) = 0,483$$

### Potencia de accionamiento en total ( $P_T$ )

$$P_T = P_H + P_N$$

$$P_T = 0,762 + 0,483$$

$$P_T = 1,2 (kW)$$

$$P_T = 1200 W$$

### Cuchillas de Trituración

$$D = \frac{L}{n * \tan(\theta)}$$

$$D = \frac{88mm}{4 * \tan(60^\circ)}$$

$$D = 34,8$$

$$D = \frac{88mm}{2 * \tan(60^\circ)}$$

$$D = 19,6$$

### Rejilla de Alimentos

#### Área perforada

$$A_p = \frac{R^2 * 90,69}{T^2}$$

$$A_p = \frac{(4)^2 mm * 90,69}{(6)^2 mm}$$

$$A_p = 40,30$$

$$A_p = \frac{(8)^2 mm * 90,69}{(10)^2 mm}$$

$$A_p = 59,70$$

$$A_p = 90\emptyset$$

### Cálculo del cable:

Ley de Ohm

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{1200 \text{ w}}{120 \text{ v}}$$

$$I = 10 \text{ A}$$

Para el cálculo de la sección (S) de los conductores activos en los tramos de corriente alterna monofásica, se empleará la siguiente ecuación:

$$s = \frac{2 * P * L}{\Delta V * C * V}$$

$$s = \frac{2 * 1200 \text{ w} * 2 \text{ m}}{0.02 * 56 \frac{\text{m}}{\Omega * \text{mm}^2} * 120 \text{ v}}$$

$$s = 3,57 \text{ mm}^2$$

## ANEXOS

Anexo 1



Construcción Cuchillas y Rejilla

Anexo 2



Finalización Tornillo sin fin y Cuchillas

Anexo 3



Cuerpo del molino Compacto

Anexo 4



Primeras pruebas del molino con las cuchillas

Anexo 5



Prueba De la Rejilla modificada

Anexo 6



Segunda prueba de las Cuchillas

Anexo 7



Sacando filo de las cuchillas

Anexo 8



Elaboración de la carcasa del molino

Anexo 9



Anexo 10



Finalización de la carcasa del molino y molino completo

## FICHAS TÉCNICAS



FICHA TÉCNICA DEL ACERO INOXIDABLE

## FICHA TÉCNICA DEL ACERO INOXIDABLE

TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE		SERIE 300		
		Acero al Cromo - Níquel	Acero al Cromo - Níquel - Molibdeno	
DESIGNACIÓN	TIPO AISI	<b>304</b>	<b>316</b>	
	COMPOSICIÓN QUÍMICA	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 18% - 20%* Ni 8% - 10,5%*	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 16% - 18%* Ni 10% - 14%* Mo 2% - 2.5%*	
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO A 20C (DENSIDAD) (g/cm <sup>3</sup> )	7.9	7.95 - 7.98	
	MÓDULO DE ELASTICIDAD (N/mm <sup>2</sup> )	193.000	193.000	
	ESTRUCTURA	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	
	CALOR ESPECÍFICO A 20C (J/Kg K)	500	500	
	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA A 20C/100C (W/m K)	15 / 16	15 / 16	
	COEFICIENTE DE DILATACIÓN A 100C (x 10 <sup>-6</sup> C <sup>-1</sup> )	16.0 - 17.30	16.02 - 16.5	
PROPIEDADES ELÉCTRICAS	INTERVALO DE FUSIÓN (C)	1398/1454	1371/1398	
	PERMEABILIDAD ELÉCTRICA EN ESTADO SOLUBLE RECOCIDO	AMAGNETICO 1.008	AMAGNETICO 1.008	
PROPIEDADES MECÁNICAS A 20C	CAPACIDAD DE RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20C (μm)	0.72 - 0.73	0.73 - 0.74	
	DUREZA BRINELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	130150 / 180330	130185 / -	
	DUREZA ROCKWELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	7088 / 1035	7085 / -	
	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN RECOCIDO / DEFORMACIÓN EN FRÍO Rm (N/mm <sup>2</sup> )	520 - 720 / 540 - 750	540690 / -	
	ELASTICIDAD RECOCIDO / CON DEFORMACIÓN EN FRÍO Rp (N/mm <sup>2</sup> )	210 / 230	205410 / -	
	ELONGACIÓN (A <sub>5</sub> ) MIN (%)	≥ 45		
PROPIEDADES MECÁNICAS EN CALIENTE	RESILIENCIA KCVL / KVL (J/cm <sup>2</sup> )	160 / 180	160 / 180	
	ELASTICIDAD	RP(0.2) A 300C/400C/500C (N/mm <sup>2</sup> )	125 / 97 / 93	140 / 125 / 105
		RP(1) A 300C/400C/500C (N/mm <sup>2</sup> )	147 / 127 / 107	166 / 147 / 127
	LÍMITE DE FLUENCIA A 500C/600C/700C/800C σ <sub>1</sub> /10 <sup>7</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	68 / 42 / 14.5 / 4.9	82 / 62 / 20 / 6.5	
TRATAMIENT. TÉRMICOS	RECOCIDO COMPLETO RECOCIDO INDUSTRIAL (OC)	ENFR. RÁPIDO 100R1120	ENFR. RÁPIDO 100R1120	
	TÉMPERADO	NO ES POSIBLE	NO ES POSIBLE	
	INTERVALO DE FORJA INICIAL / FINAL (C)	1200 / 925	1200 / 925	
	FORMACIÓN DE CASCARILLA, SERVICIO CONTINUO / SERVICIO INTERMITENTE	925 / 840	925 / 840	
OTRAS PROPIEDADES	SOLDABILIDAD	MUY BUENA	MUY BUENA	
	MAQUINABILIDAD COMPARADO CON UN ACERO BESSEMER PARA a. B1112	45%	45%	
	EMBOTICIÓN	MUY BUENA	BUENA	

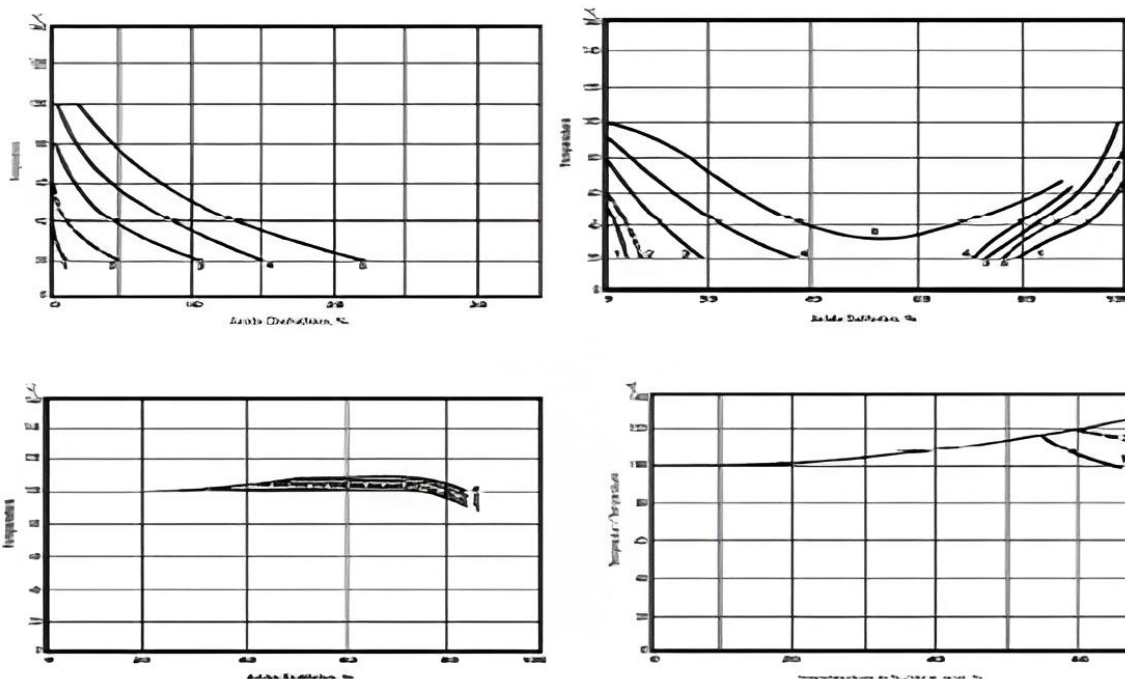
\* Son aceptables tolerancias de un 1%

Anexo 1 Ficha Técnica Acero Inoxidable 304

Fuente: Internet

### Resistencia a la corrosión.

En los diagramas se observan las pérdidas de peso, determinadas experimentalmente para diferentes probetas atacadas con concentraciones variables para distintos ácidos en función de la temperatura. Las curvas representan la pérdida de peso de 0,1 0,3 1,0 3,0 y 10,0 gr/m<sup>2</sup>-Hr. Generalmente una pérdida de peso de 0,3 gr/m<sup>2</sup>-hr (línea segmentada) se considera en el límite para ser considerado económicamente viable un acero inoxidable.



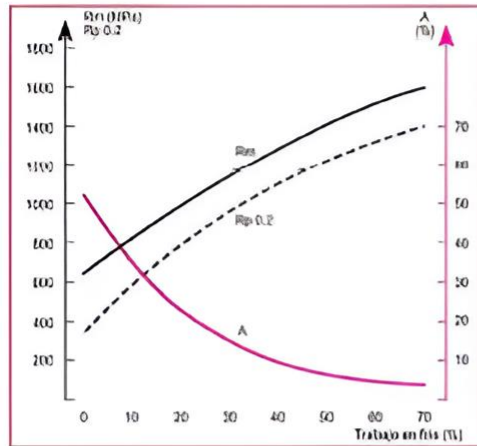
Curva	Pérdida de peso
1	0,1 gr/m <sup>2</sup> -hr.
2	0,3 gr/m <sup>2</sup> -hr.
3	1,0 gr/m <sup>2</sup> -hr.
4	3,0 gr/m <sup>2</sup> -hr.
5	10,0 gr/m <sup>2</sup> -hr.

Anexo 2 Resistencia del Acero Inoxidable 304

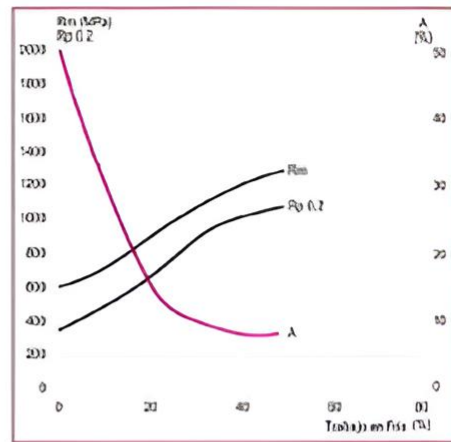
Fuente: Internet

## Efecto de trabajo en frío en las propiedades mecánicas

### AISI 304



### AISI 304L



## Propiedades físicas

Densidad a 20°C kg/dm <sup>3</sup>	Conductividad Térmica 20 °C W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>	Calor Específico 20°C J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>	Resistencia Eléctrica 20°C Ω·mm <sup>2</sup> /m
7,9	15	500	0,73

## Modulo de elasticidad kN/mm<sup>2</sup>

20°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C
200	194	186	179	172	165

## Coefficiente de expansión térmica en 10<sup>-6</sup> · K<sup>-1</sup> entre 20 °C y

	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C
	16	17	17	18	18

## Anexo 3 Propiedades Físicas del Acero Inoxidable 304

**Fuente:** Internet

## Tratamiento Térmico

Trabajo en caliente °C	Enfriamiento	Tratamiento térmico °C	Enfriamiento	Estructura
1150 - 850	aire	1000 - 1100	Agua, aire forzado.	Austenita con un contenido menor de ferrita

## Recomendaciones sobre mecanizado

Los parámetros de corte que se encuentran a continuación deben ser considerados como valores guía. Estos valores deberán adaptarse a las condiciones locales existentes.

### TORNEADO

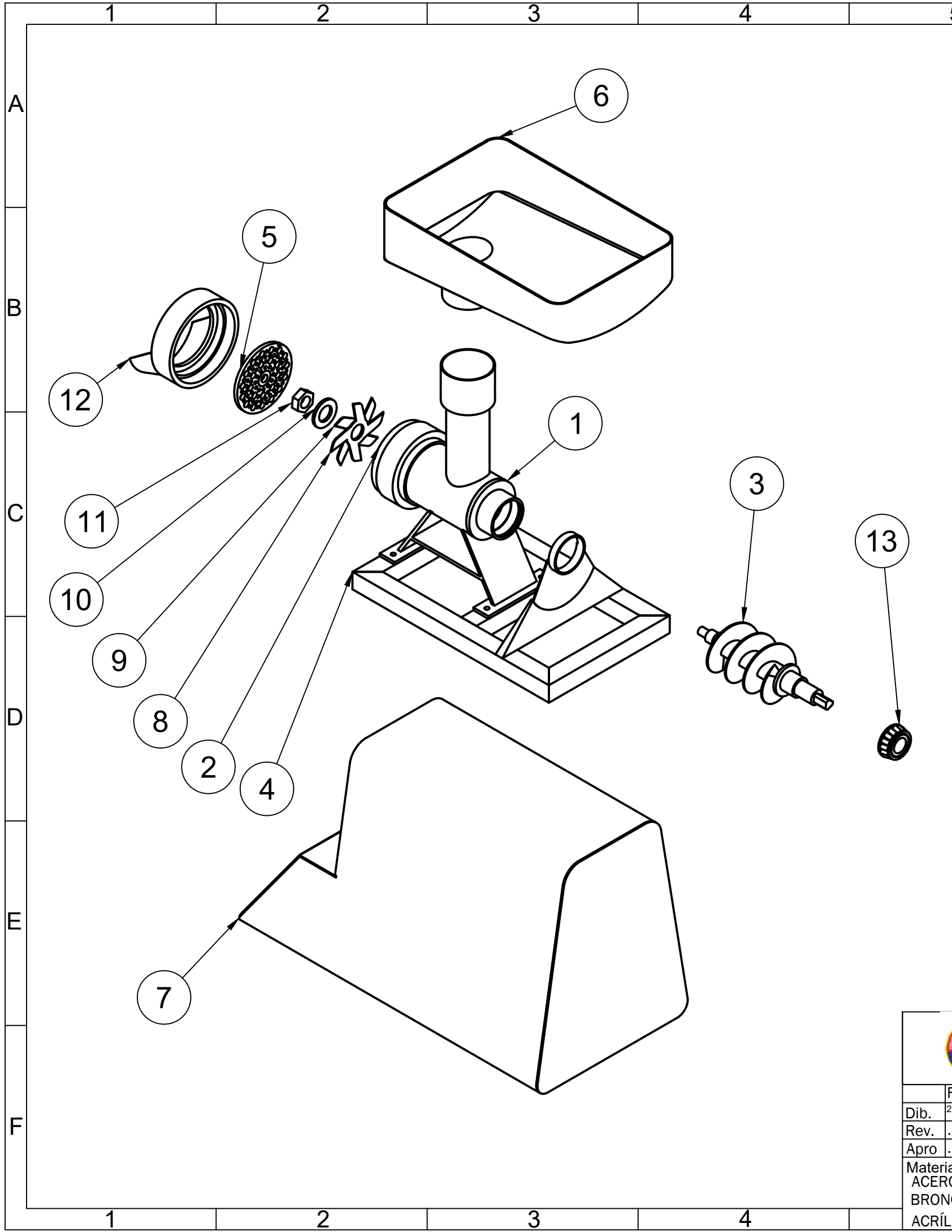
Parámetros de corte	Torneado con metal duro		Torneado con acero rápido
	Torneado de desbaste	Torneado fino	Torneado fino
Velocidad de corte (vc) m/min.	170 - 145	160 - 210	25 - 45
Avance (f) mm/r	0,2 - 0,4	0,1 - 0,2	0,1 - 0,5
Profundidad de corte (ap) mm.	1 - 4	0,5 - 1	0,5 - 3
Mecanizado grupo ISO	M20 - M30	M10	-

### Fresado con metal duro

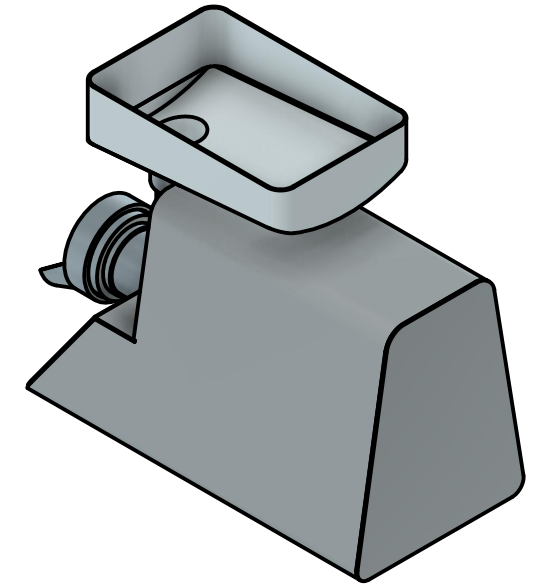
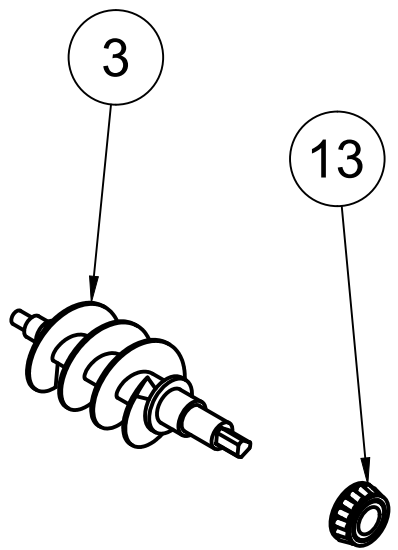
Parámetros de corte	Fresado con metal duro	
	Fresado de desbaste	Fresado en fino
Velocidad de corte (vc) m/min.	60 - 120	100 - 155
Avance (fz) mm/diente	0,2 - 0,3	0,2
Profundidad de corte (ap) mm.	≤ 4	≤ 0,6
Mecanizado grupo ISO	M20 - M30	M10



### Taladrado con broca HSS

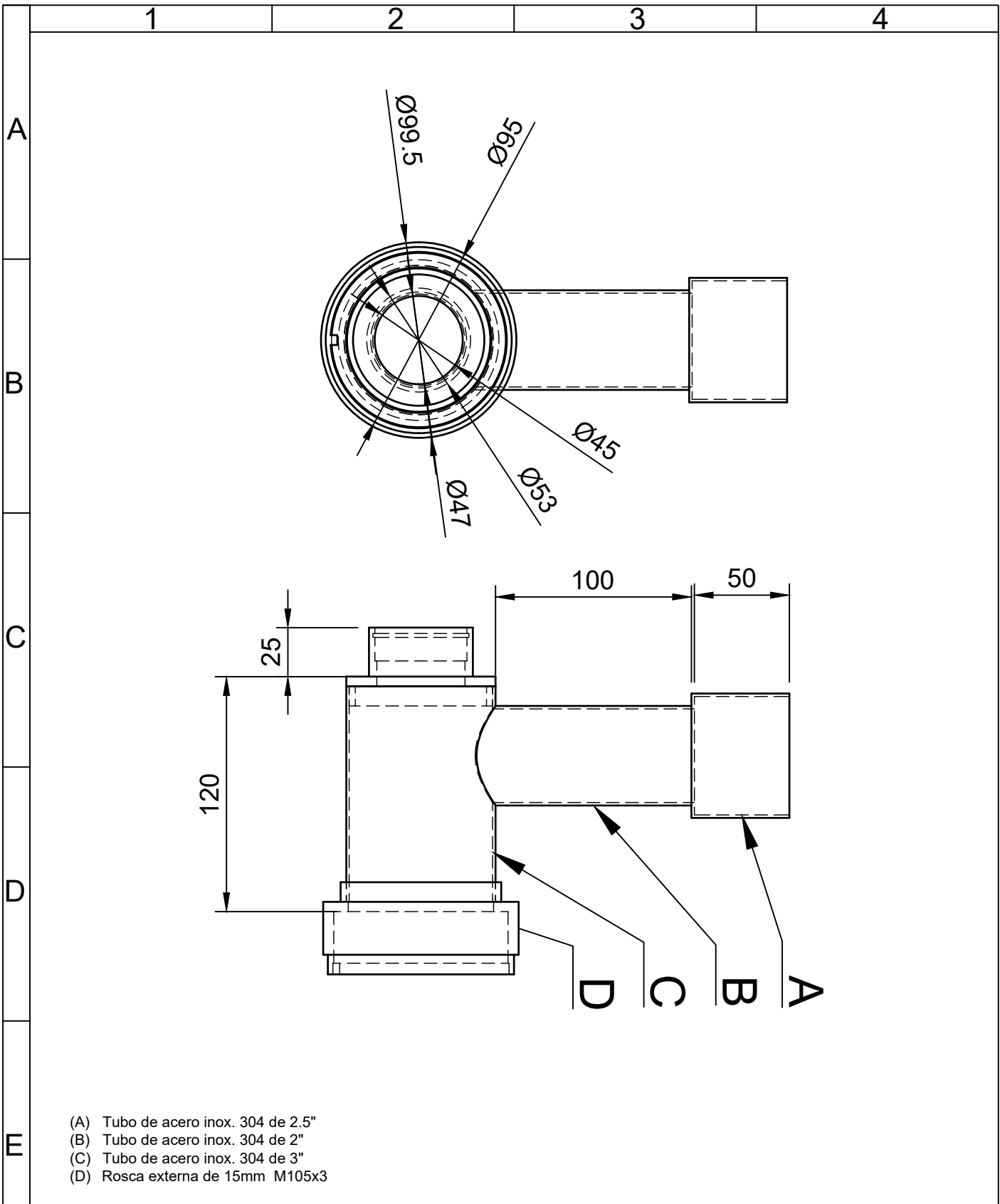
Diámetro	20	30	40
Velocidad de corte (vc) m/min.	200	200	200
Avance (f) mm/r	0,01	0,12	0,15



Lista de piezas			
elemento	ctd	número de pieza	material
1	1	Bastidor	Acero inoxidable AISI 304
2	1	Salida	Acero inoxidable AISI 304
3	1	Tornillo sin fin	Acero inoxidable AISI 304
4	1	Base del molino	Acero
5	1	Rejilla	Acero inoxidable AISI 304/bronce
6	1	Tolva	HP 3D HR CB PA 12 (con impresora 3D en color HP Jet Fusion 580)
7	1	Carcasa	Acrílico
8	1	Cuchilla 01	Acero inoxidable AISI 304
9	1	Cuchilla 02	Acero inoxidable AISI 304
10	2	Rodela	Acero inoxidable AISI 304
11	1	Tuerca de ajuste	Acero
12	1	Tapa roscada	Acero inoxidable AISI 304
13	1	Rodamiento	Acero



		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>			
Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>		
Dib. 25/04/2024	CUNALATA F. Y MANOBANDA J.	1:5			
Rev. ...	...	...			
Apro. ...	...	...			
Materiales: ACERO INOX 304/ BRONCE/ ACERO/ ACRÍLICO		Tolerancias: ASTM	Número Lamina N° 09	Asignatura: PROPUESTA TECNOLÓGICA	Denominación: <b>MOLINO</b>



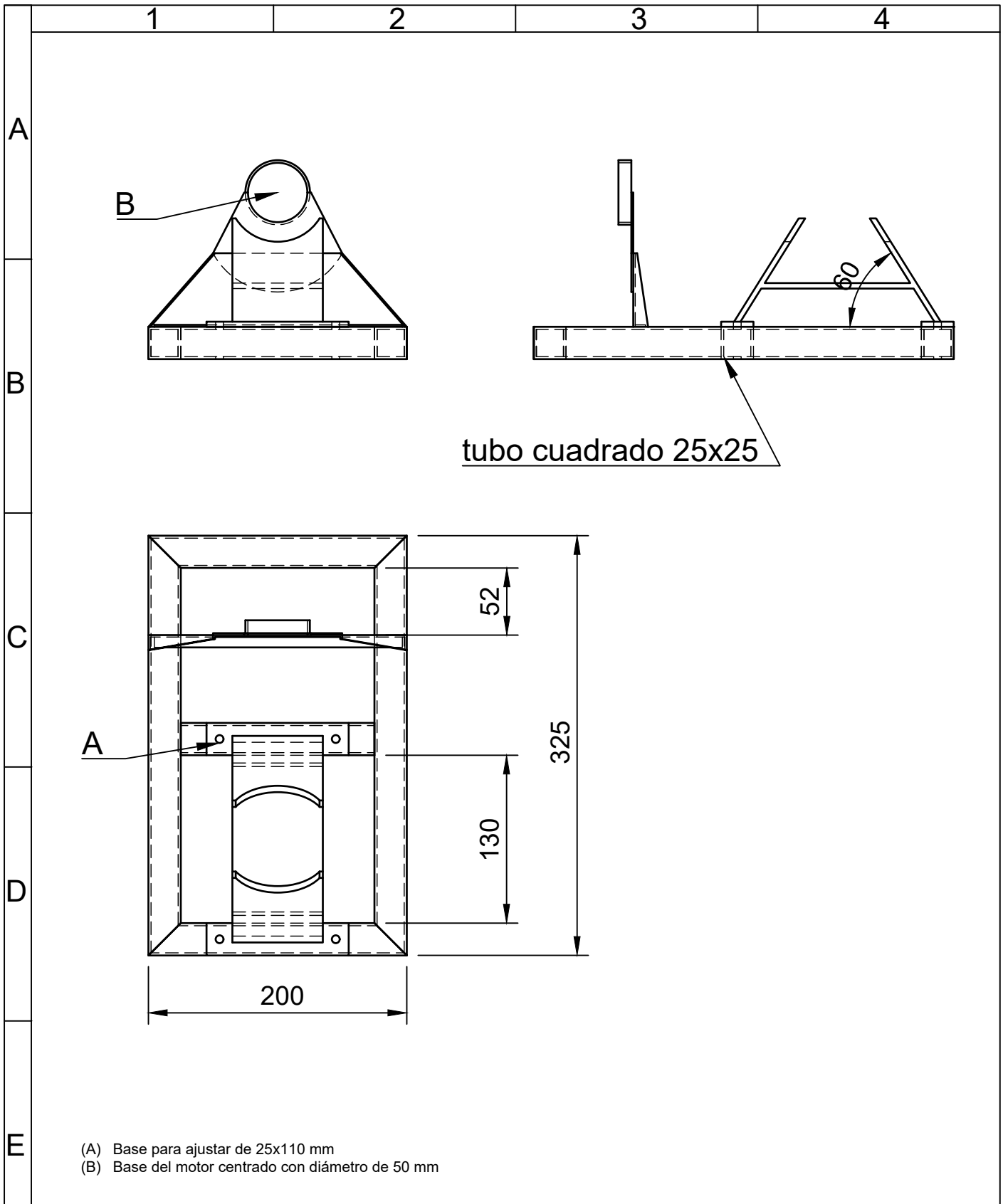
1	CUERPO DEL MOLINO	ASTM/DIBUJO 1	ACERO INOX.	1	MODELO 1	...
Nº de Pieza	Denominación	Nº de Norma / Dibujo	Material	Nº de orden	Nº del Modelo / semiproducto	Peso kg/pieza Observaciones



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA	
Dib. 25/04/2024	CUNALATA F. y MANOBAMDA J.	1:5	ELECTROMECAÁNICA	
Rev. ...	...			
Apro. ...	...			
Materiales:	Tolerancias:	Número Lamina	Asignatura:	Denominación:
ACERO INOX. 304	ASTM A480	Nº 01	PROPUESTA TECNOLÓGICA	CUERPO DEL MOLINO



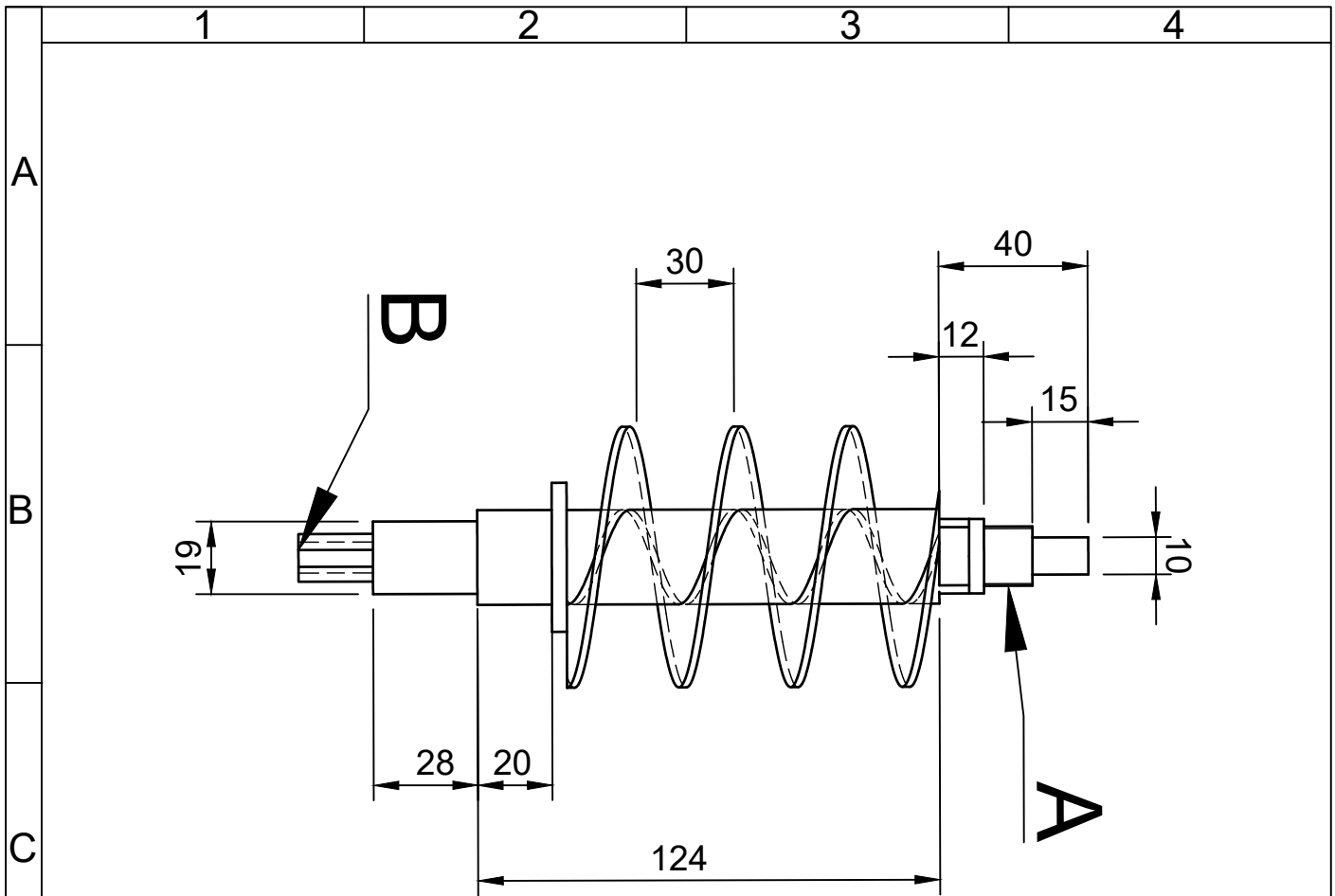
1	BASE DEL MOLINO	ASTM/DIBUJO 1	ACERO INOX.	1	MODELO 1	...
N° de Pieza	Denominación	N° de Norma / Dibujo	Material	N° de orden	N° del Modelo / semiproducto	Peso kg/pieza Observaciones



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA	
Dib. 09/02/2024	CUNALATA F. y MANOBAMDA J.	1:5	ELECTROMECAÁNICA	
Rev. 09/02/2024	...			
Apro. ...	...			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Asignatura:
ACERO INOX. 304		ASTM A480	N° 02	PROPUESTA TECNOLÓGICA
			Denominación:	BASE DEL MOLINO



- (A) Rosca externa M16x1  
 (B) Base triangular de acople para el motor

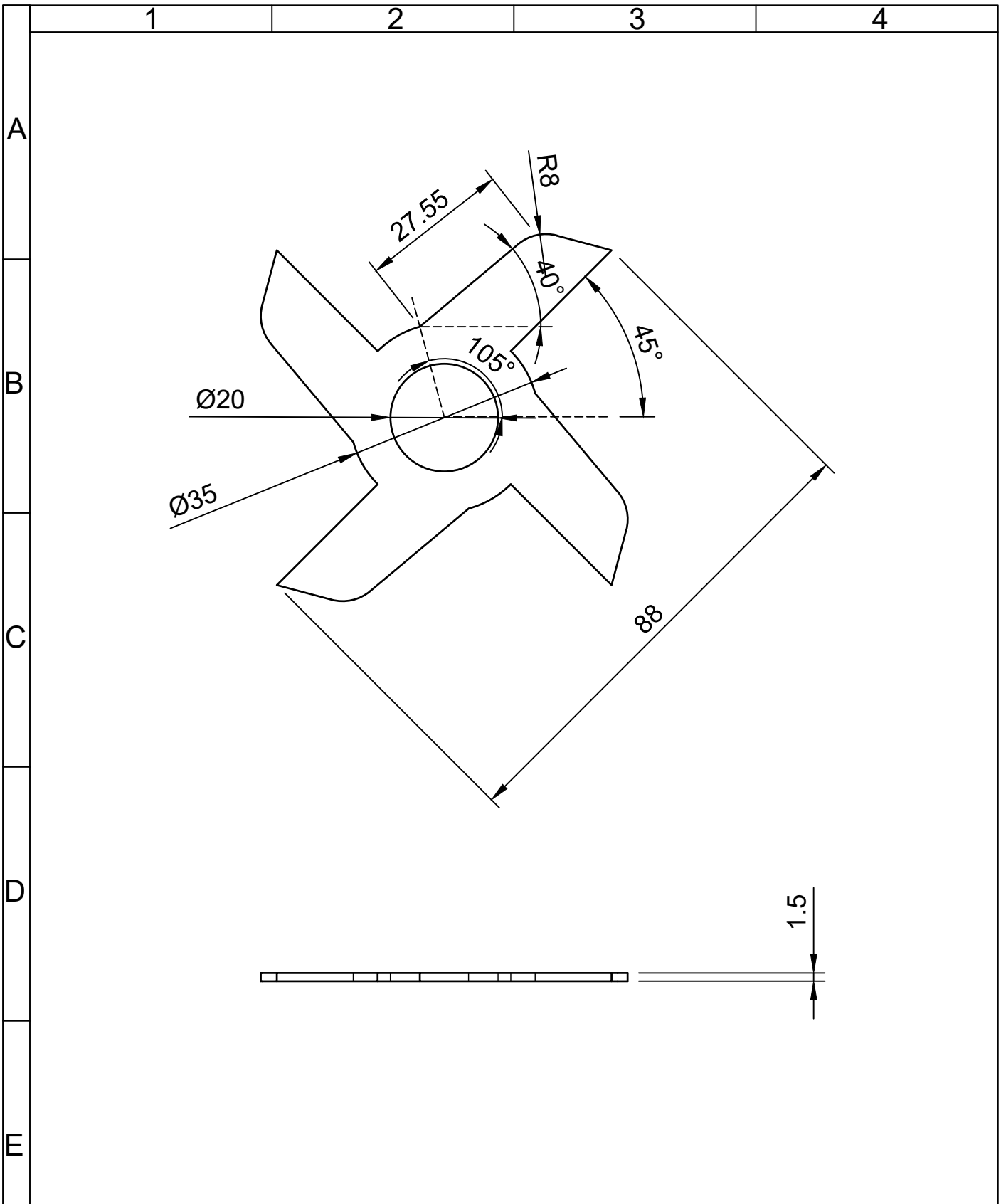
1	TORNILLO SIN FIN	ASTM/DIBUJO 1	ACERO INOX.	1	MODELO 1	...
N° de Pieza	Denominación	N° de Norma / Dibujo	Material	N° de orden	N° del Modelo / semiproducto	Peso kg/pieza Observaciones



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 25/04/2024	CUNALATA F. y MANOBAMDA J.	1:5		
Rev. ...	...			
Apro. ...	...			
Materiales:	Tolerancias:	Número Lamina N° 03	Asignatura:	Denominación:
ACERO INOX. 304	ASTM A480		PROPUESTA TECNOLÓGICA	TORNILLO SIN FIN



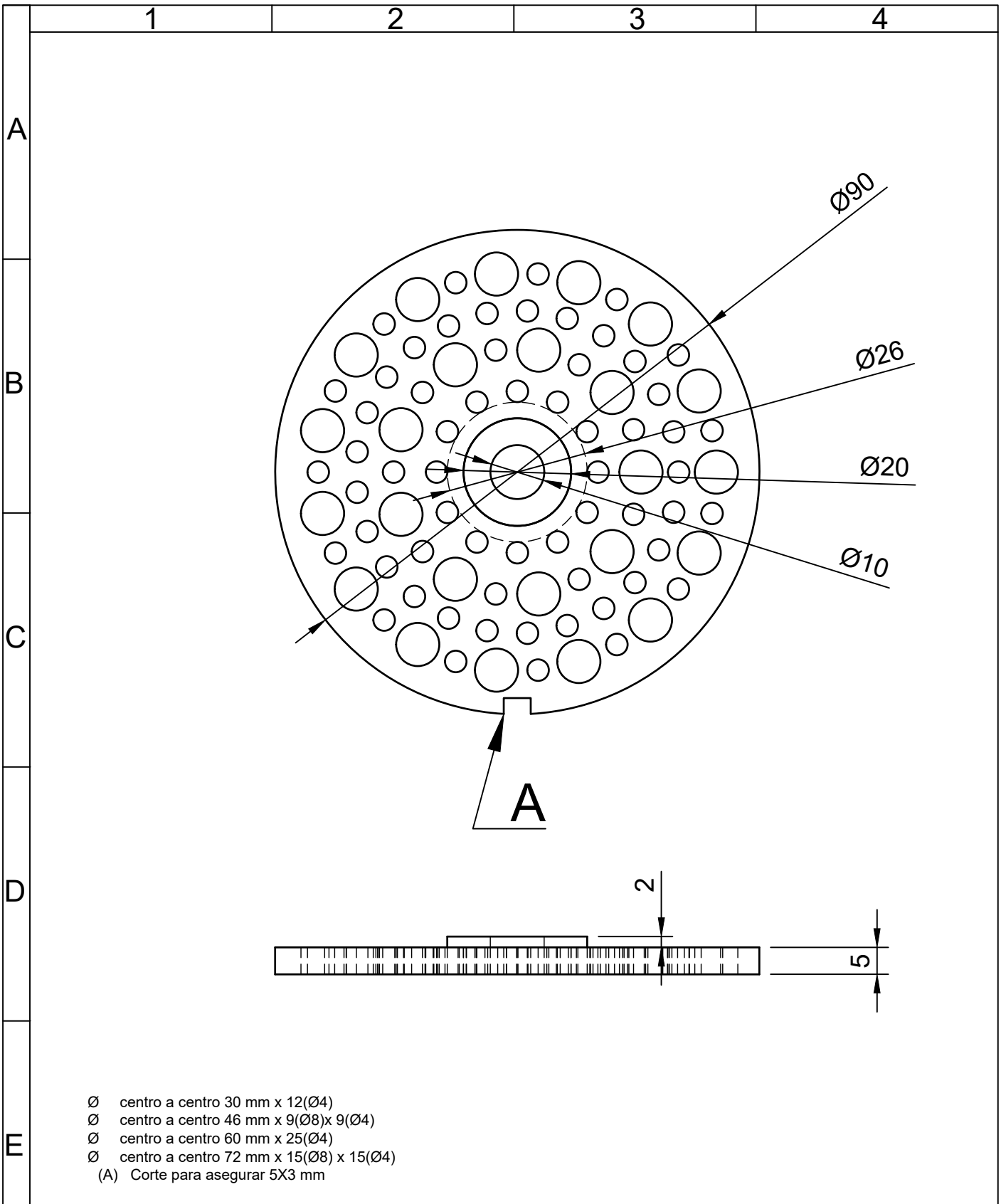
1	CUCHILLAS	ASTM/DIBUJO 1	ACERO INOX.	1	MODELO 1	...	
N° de Pieza	Denominación	N° de Norma / Dibujo	Material	N° de orden	N° del Modelo / semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 25/04/2024	CUNALATA F. y MANOBAMDA J.	1:5		
Rev. ...	...			
Apro. ...	...			
Materiales:	Tolerancias:	Número Lamina N° 04	Asignatura:	Denominación:
ACERO INOX. 304	ASTM A480		PROPUESTA TECNOLÓGICA	CUCHILLAS



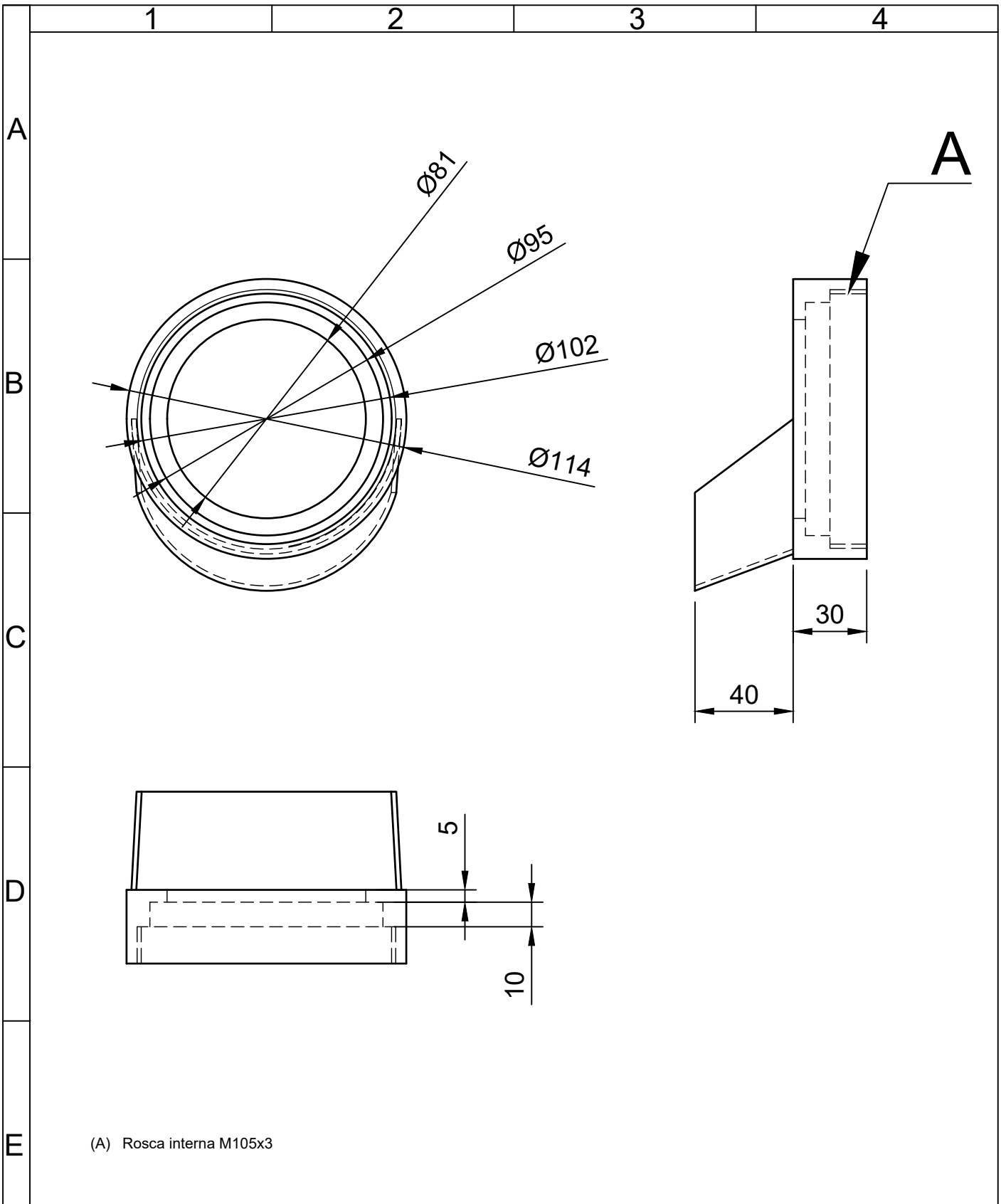
1	REJILLA	ASTM/DIBUJO 1	ACERO INOX.	1	MODELO 1	...
N° de Pieza	Denominación	N° de Norma / Dibujo	Material	N° de orden	N° del Modelo / semiproducto	Peso kg/pieza Observaciones



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA				
Dib. 25/04/2024	CUNALATA F. y MANOBAMDA J.						1:5
Rev. ...	...						
Apro. ...	...						
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Asignatura:	Denominación:		
ACERO INOX. 304		ASTM A480	N° 05	PROPUESTA TECNOLÓGICA	REJILLA		



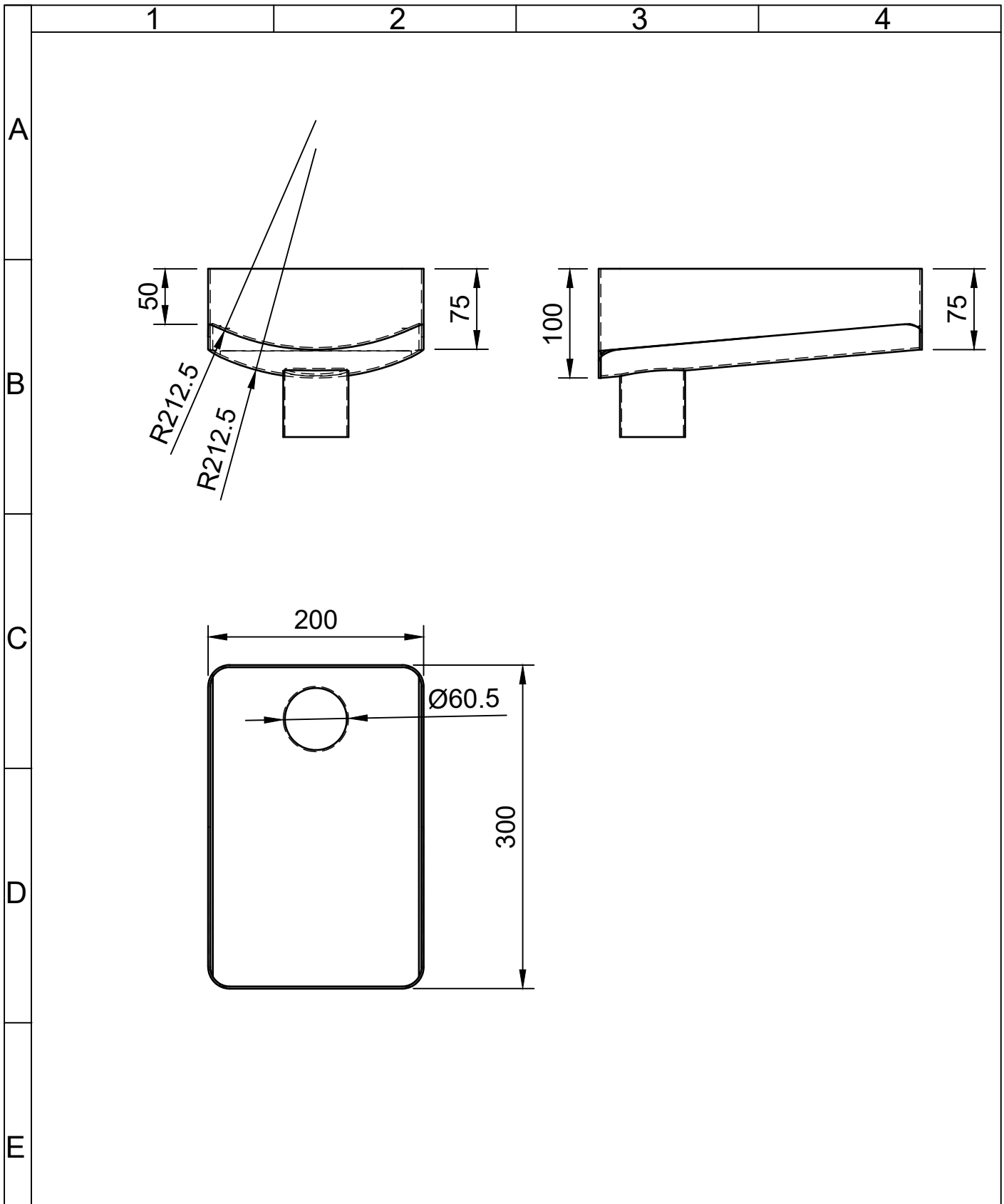
1	TAPA DE AJUSTE	ASTM/DIBUJO 1	ACERO INOX.	1	MODELO 1	...
Nº de Pieza	Denominación	Nº de Norma / Dibujo	Material	Nº de orden	Nº del Modelo / semiproducto	Peso kg/pieza Observaciones



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA				
Dib. 25/04/2024	CUNALATA F. y MANOBAMDA J.						1:5
Rev. ...	...						
Apro. ...	...						
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Asignatura:	Denominación:		
ACERO INOX. 304		ASTM A480	Nº 06	PROPUESTA TECNOLÓGICA	TAPA DE AJUSTE		



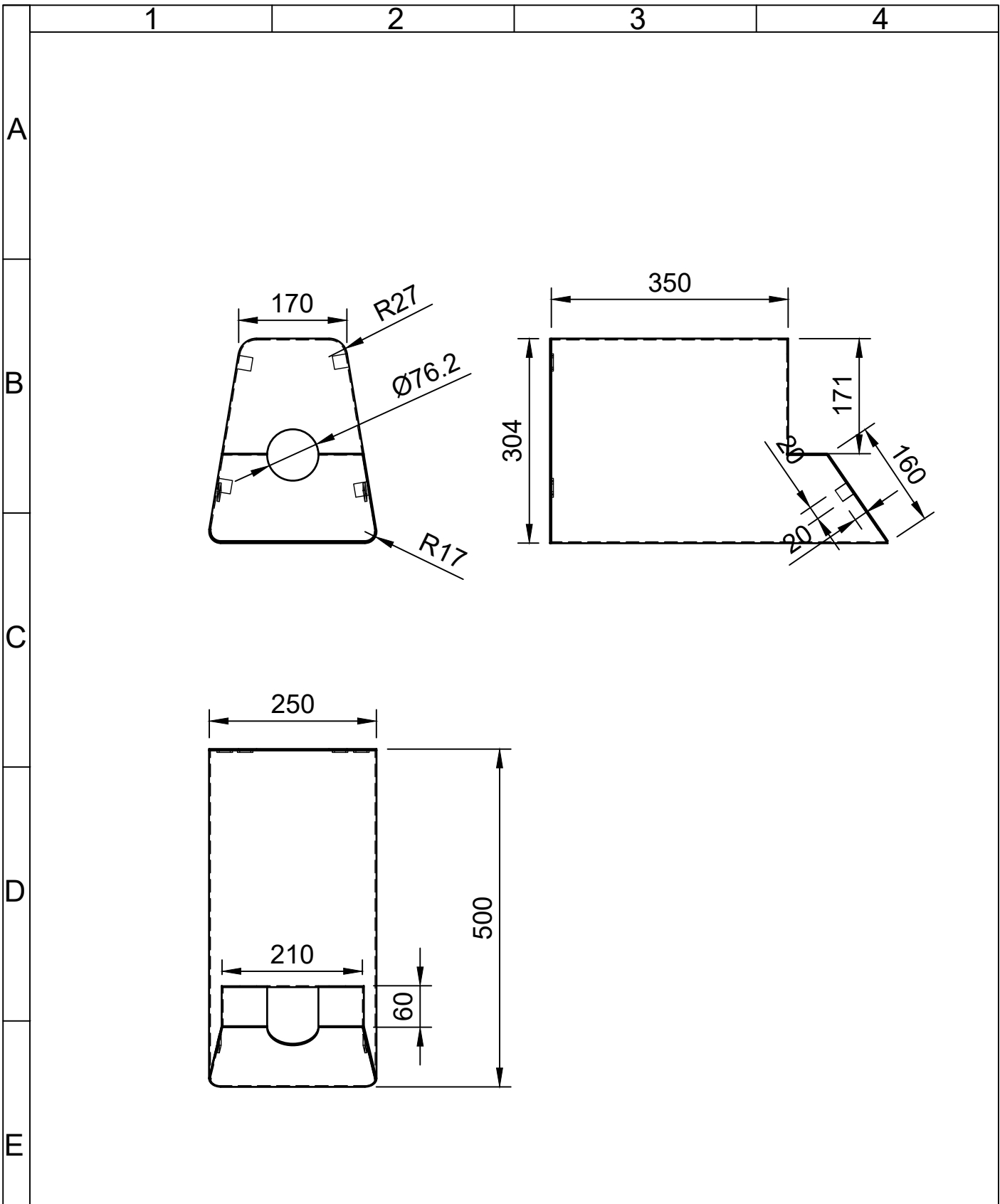
1	TOLVA	ASTM/DIBUJO 1	ACERO INOX.	1	MODELO 1		...
N° de Pieza	Denominación	N° de Norma / Dibujo	Material	N° de orden	N° del Modelo / semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib. 25/04/2024	CUNALATA F. y MANOBAMDA J.				1:5
Rev. ...	...				
Apro. ...	...				
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina N° 07	Asignatura:	Denominación:
ACERO INOX. 304		ASTM A480		PROPUESTA TECNOLÓGICA	TOLVA



1	CARCASA	ASTM/DIBUJO 1	ACERO INOX.	1	MODELO 1	...
N° de Pieza	Denominación	N° de Norma / Dibujo	Material	N° de orden	N° del Modelo / semiproducto	Peso kg/pieza
						Observaciones



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>		
Dib.	25/04/2024	CUNALATA F. y MANOBAMDA J.	1:5			
Rev.	...	...				
Apro	...	...				
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Asignatura:	Denominación:	
ACERO INOX. 304		ASTM A480	N° 08	PROPUESTA TECNOLÓGICA	CARCASA	

1

2

3

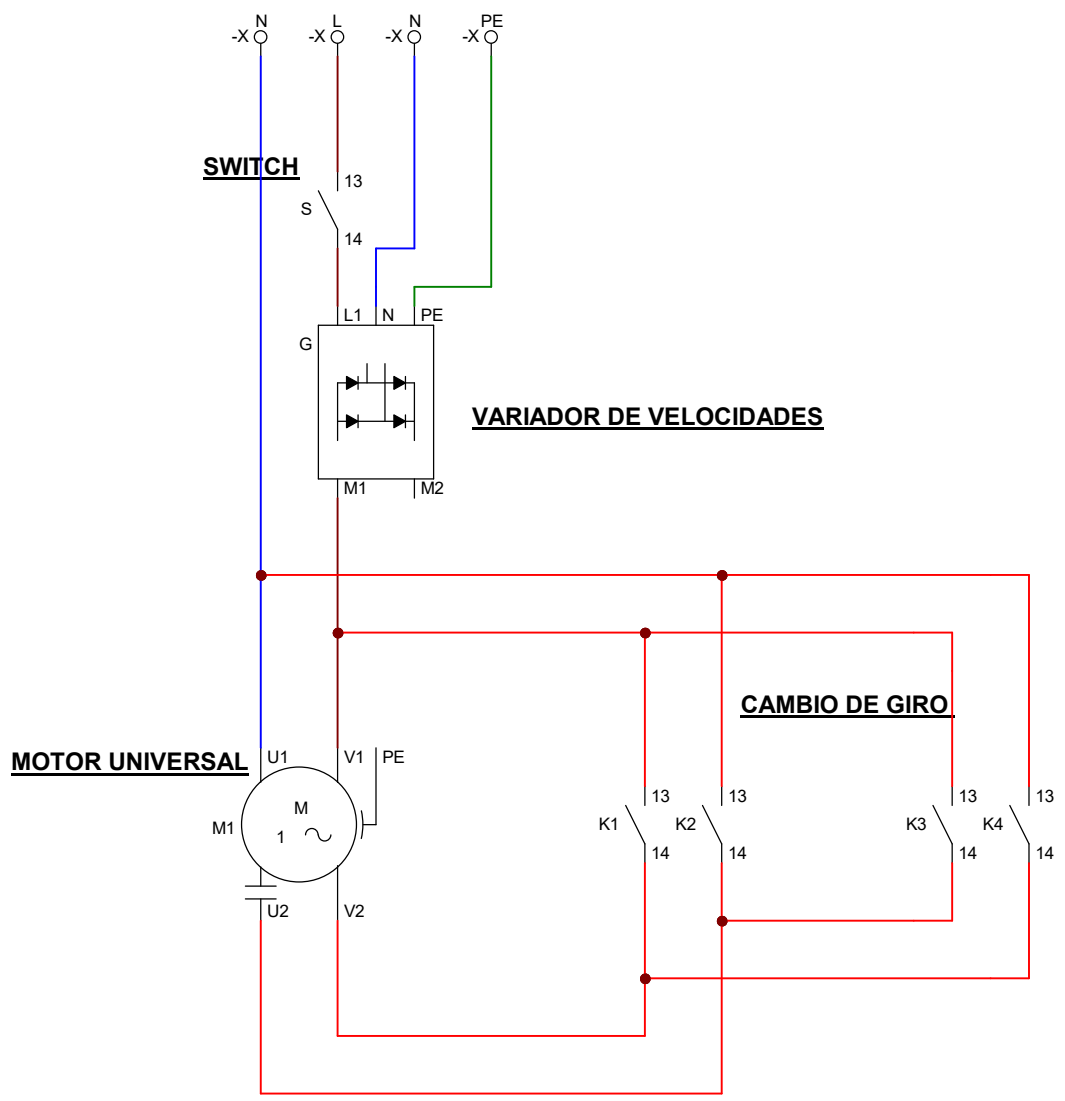
4

5

6

7

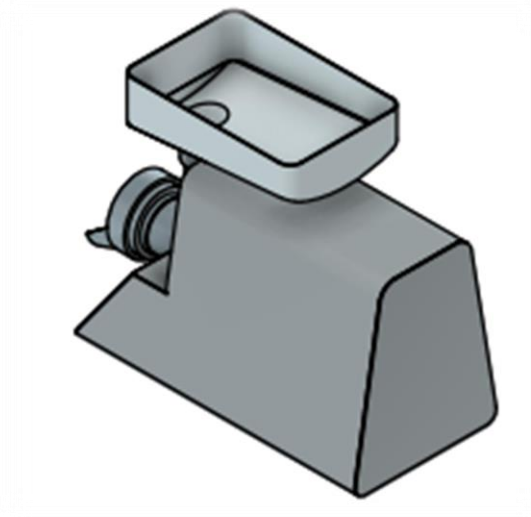
8



	Fecha	Nombre Firmas	Entidad	<b>UTC</b>
Dibujado	22/07/2024	C.F. Y M.J.		
Comprobado	01/08/2024			
Fecha:	Título			Núm: 1 de 1
<b>PROPUESTA TECNOLÓGICA</b>				Archivo: plano electrico.cad

## MANUAL DE ENSAMBLE

### ESPECIFICACIONES



**Peso máximo de carga:** 8 Lb

**Superficie total del equipo:** 1250 cm<sup>2</sup>

**Altura del equipo:** 45 cm

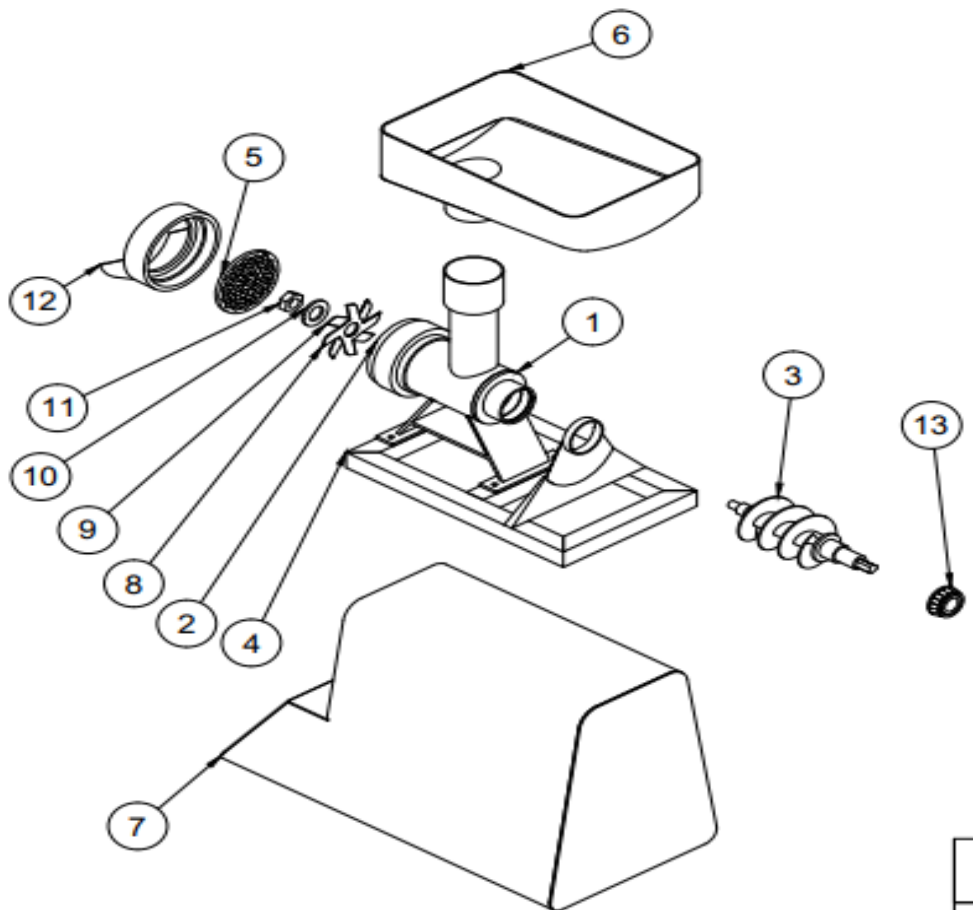
**Peso del equipo:** 25 kg

**Requisitos de alimentación:**

Voltaje de alimentación: 110 V AC, 50 Hz



Corriente de funcionamiento: 3 A

### PIEZAS



Lista de piezas			
elemento	ctd	número de pieza	material
1	1	Bastidor	Acero inoxidable AISI 304
2	1	Salida	Acero inoxidable AISI 304
3	1	Tornillo sin fin	Acero inoxidable AISI 304
4	1	Base del molino	Acero
5	1	Rejilla	Acero inoxidable AISI 304/bronce
6	1	Tolva	HP 3D HR CB PA 12 (con impresora 3D en color HP Jet Fusion 580)
7	1	Carcasa	Acrílico
8	1	Cuchilla 01	Acero inoxidable AISI 304
9	1	Cuchilla 02	Acero inoxidable AISI 304
10	2	Rodela	Acero inoxidable AISI 304
11	1	Tuerca de ajuste	Acero
12	1	Tapa roscada	Acero inoxidable AISI 304
13	1	Rodamiento	Acero

## HERRAMIENTAS

1.  Destornillador estrella 3/8
2.  Llave 5/8

## MONTAJE

1. Implementar el bastidor (cuerpo del molino) a la base del molino con las tuercas tipo mariposa. Pieza 1 en 4.
2. Ajustar la base a la carcasa con las tuercas con base de caucho. Piezas 1 y 4 en 7.
3. Montaje del motor en la base por la parte posterior de la máquina.
4. Insertar las cuchillas en el tornillo sin fin. Piezas 8 y 9 en 3.
5. Insertar la rodela posterior a las cuchillas en el tornillo sin fin. Pieza 10 en 1.
6. Insertar la tuerca 5/8 y ajustar hasta el tope. Pieza 11 en 1.
7. Insertar el tornillo sin fin en el bastidor hasta encajar con el motor al tope. Pieza 3 en 1.

8. Insertar la rejilla, tomar como referencia el tornillo sinfín y el seguro que esta en el bastidor. Pieza 5 en 3 y 1.
9. Ajustar la tapa en el bastidor (no ajustar al tope). Pieza 12 en 1.
10. Insertar la tolva en el bastidor. Pieza 6 en 1.
11. Realizar las conexiones:
  - Conectar la alimentación del motor.
  - Conectar el cambio de giro del motor.
  - Conectar la alimentación al pulsador.
  - Conectar el pulsador al regulador de velocidades.
12. Ajustar las tapas de la carcasa delantera y posterior.

Nota: revisar dos veces las conexiones antes de poner en funcionamiento, ya que puede ocasionar cortocircuito.

## FUNCIONES



1. Encendido y apagado.
2. Regulador de velocidades.
3. Cambio de giro.

## FUNCIONAMIENTO

- Conectar la alimentación, tener en cuenta que es de 110 V.
- Colocar el maíz en la tolva (8 Lb máximo).
- Regular la entrada del maíz.

Nota: antes de encender la máquina verificar que el sentido de giro este (adelante).

- Encender con el pulsador.
- Regular la velocidad necesaria para que no aya recalentamiento o sobreesfuerzo del motor.

# MANUAL DE MANTENIMIENTO

## MOLINO ELÉCTRICO PARA MAÍZ HÚMEDO

### 1. REVISIÓN DE LAS CONEXIONES ELÉCTRICAS:

Revisar las conexiones y el motor cada vez que utilice el molino, para evitar cortocircuito por conexiones en mal estado, en caso de tener fallas en las conexiones dar un mantenimiento:

- Mantener desconectado el equipo.
- Identificar las conexiones en mal estado.
- Desconectar las conexiones.
- Volver a conectar de manera correcta y segura.
- Comprobar que el motor este en buen estado, caso contrario tendrá que dar mantenimiento o reemplazarlo.

### 2. ENGRASAR EL RODAMIENTO:

Engrasar el rodamiento interno después de utilizar 5 o 6 veces el equipo, para evitar que el tornillo sin fin tenga obstrucciones y así evitar el sobreesfuerzo del motor y recalentamiento.

### 3. LIMPIEZA:

Limpiar el molino después de cada uso, para evitar acumulamiento de residuos después de cada uso, así evitando el mal olor y obstrucciones para poder utilizar nuevamente, las partes a limpiar son:

Cada vez que se utilice.

- Tornillo sin fin.
- Cuchillas.
- Rejilla.
- Tapa.
- Bastidor o cuerpo.
- Tolva.

Cada 2 o 3 meses.

- Estructura.
- Carcasa.