

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



**CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA**

**“DISEÑO DE UN PROTOTIPO TRITURADOR DE MAÍZ”**

PROPUESTA TECNOLÓGICA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

AUTOR:

**Fernando Edison Romero Samaniego**

TUTOR:

**Ing. SEGUNDO ÁNGEL CEVALLOS BETÚN Ms.C.**

Latacunga, agosto 2025

### DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Yo FERNANDO EDISON ROMERO SAMANIEGO declaro ser autor (a) del presente proyecto de investigación: DISEÑO DE UN PROTOTIPO TRITURADOR DE MAÍZ, siendo Ing. SEGUNDO ÁNGEL CEVALLOS BETÚN Ms.C. tutor del presente trabajo; y eximo 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 el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Fernando Edison Romero Samaniego



Número de C.I.: 1721815122



### AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

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

“DISEÑO DE UN PROTOTIPO TRITURADOR DE MAÍZ”, de Fernando Edison Romero Samaniego, de la Carrera de Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, julio del 2025

Ing. Segundo Angel Cevallos Betún MSc.  
C.C. 050178243-7

## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Con el presente documento se pone a consideración que el señor Romero Samaniego Fernando Edison con número de cédula 172181512-2, ha desarrollado el proyecto titulado “Diseño y construcción de un prototipo de tallos de maíz para comunidades del GAD Parroquial de Isinlivi”, como una propuesta técnica orientada a mejorar el manejo de residuos agrícolas y fomentar la mecanización en pequeñas unidades productivas rurales.

Luego de la revisión de los criterios técnicos, operativos y de pertinencia comunitaria, se avala la implementación del prototipo, ya que cumple con los requerimientos funcionales y se considera una solución viable y beneficiosa para las condiciones socioeconómicas de la parroquia. Su ejecución contribuirá al aprovechamiento de los residuos postcosecha, facilitando su transformación en insumos útiles para actividades agropecuarias sostenibles.

Este aval se extiende a solicitud del interesado y podrá ser presentado ante las instancias correspondientes para respaldar su aplicación en el entorno rural definido.

Isinlivi, a los 3 días del mes de Julio del año 2025.

Firma

**GAD** PARROQUIAL  
RURAL ISINLIVI  
• Administración 2023 - 2027 •



Firmado electrónicamente por:  
TITO HERNAN ZAMORA  
LISINTUNA

Validar únicamente con FirmaBC

TITO HERNAN ZAMORA L.

**PRESIDENTE DEL GAD PARROQUIAL RURAL DE ISINLIVI**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA		X
PROYECTO INVESTIGACIÓN	DE INFORME INVESTIGACIÓN	
	DE ARTÍCULO CIENTÍFICO	

Fecha: Latacunga, 4 de agosto del 2025

Estimado  
MSc.  
Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina  
Director de Carrera de Electromecánica

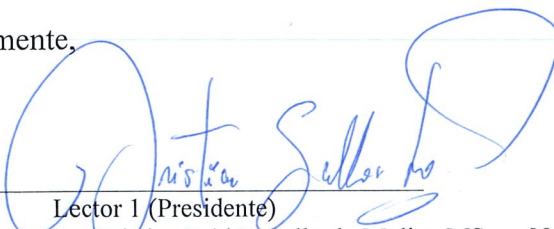
Presente.

De mi consideración.

Reciba un cordial saludo a la vez deseándole éxitos en sus funciones, cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título "DISEÑO DE UN PROTOTIPO TRITURADOR DE MAÍZ", propuesto por el estudiante Fernando Edison Romero Samaniego de la Carrera de Electromecánica, me permito indicar que el la estudiante ha incluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores , por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Plan de Titulación correspondiente a la opción Propuesta Tecnológica en virtud de lo cual el postulante puede presentarse a la Sustentación Final de su Proyecto de Titulación..

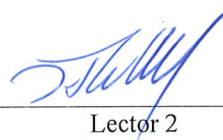
Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,



Lector 1 (Presidente)

Nombre: Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina MSc . Nombre: Ing. Laurencio Alfonso Héctor Luis PhD.  
CC: 050284769-2 CC: 175836725-2



Lector 2



Lector 3


Nombre: Ing. Torres Tamayo Enrique PhD.  
CC: 17571294-0

## CERTIFICACIÓN DE INFORME DE SIMILITUD

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Propuesta Tecnológica con el tema: “**DISEÑO DE UN PROTOTIPO TRITURADOR DE MAÍZ**”, del estudiante Fernando Edison Romero Samaniego, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, remito la captura de pantalla del reporte del sistema de reconocimiento de texto Turnitin, con un porcentaje de coincidencias del 7 %; y, expreso una vez más, mi conformidad en cuanto a la dirección del trabajo de titulación.

**Fernando Romero**

**Trituradora de Maiz**

 Quick Submit  
 Quick Submit  
 Universidad Técnica De Cotopaxi

### Detalles del documento

Identificador de la entrega  
trncoid::1-3306623875


Fecha de entrega  
5 ago 2025, 6:12 a.m. GMT-5

Fecha de descarga  
5 ago 2025, 8:59 a.m. GMT-5

Nombre de archivo  
Para\_revisión\_de\_P1\_2.pdf

Tamaño de archivo  
3.0 MB

71 Páginas  
14.066 Palabras  
71.562 Caracteres




 Página 2 of 76 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trncoid::1-3306623875

## 7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Fuentes principales

6%  Fuentes de Internet  
1%  Publicaciones  
1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguir de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Latacunga, agosto de 2025.



**Firma**

Ing. Segundo Ángel Cevallos Betún Ms.C.  
C.C.: 050178243-7



LANGUAGE CENTER  
Universidad Técnica de Cotopaxi



## AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés de Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“DISEÑO DE UN PROTOTIPO TRITURADOR DE MAÍZ”** presentado por: Romero Samaniego Fernando Edison egresado de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, julio de 2025.

Atentamente,

Mg. Bolívar Cevallos Galarza.  
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS - UTC  
CI: 0910821669



## AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento por la valiosa y principal colaboración para la implementación de esta tesis. Su apoyo incondicional, tanto en el ámbito económico como en el académico, ha sido fundamental para la sustentación y alcanzar mi titulación como Ingeniero Electromecánico. En especial, extiendo mi gratitud al Ingeniero Nelson Romero, cuyo respaldo ha sido clave en este logro de formación académica.

Extiendo mi gratitud a Miriam Samaniego ya que durante toda mi formación académica a sido elemental para llegar a este punto con su apoyo como mi familia, mi madre, quien me ha acompañado en cada decisión y cada acto de responsabilidad como individuo.

Agradezco a Félix Romero, mi padre, por la templanza, carácter y disciplina que me inculcó puliendo mi formación como persona y profesional.

Autor:

Fernando Edison Romero Samaniego.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profundo respeto y gratitud a quienes han sido mi fuente de inspiración y apoyo incondicional a lo largo de este camino, a mi familia, por su comprensión, paciencia y confianza en cada uno de mis pasos. A mis mascotas que siempre fueron un punto importante de motivación y alegría. En este logro se refleja el esfuerzo, la perseverancia, el compromiso y la promesa de cumplir con esta meta y seguir puliendo mi crecimiento profesional.

Autor:

Fernando Edison Romero Samaniego.

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

**TITULO: “DISEÑO DE UN PROTOTIPO TRITURADOR DE MAÍZ”**

**Autor/es:** Fernando Edison Romero Samaniego

**RESUMEN**

El presente trabajo de titulación tuvo como propósito el diseño, desarrollo e implementación de un prototipo de triturador de tallos de maíz, enfocado en responder a las necesidades técnicas y operativas de las unidades productivas rurales de pequeña escala, particularmente en la parroquia de Isinliví, provincia de Cotopaxi, Ecuador. En esta zona, la acumulación de residuos agrícolas postcosecha, como los tallos de maíz, representa un desafío ambiental y productivo, debido a la falta de tecnologías apropiadas que permitan su transformación y aprovechamiento eficiente. Esta problemática ha provocado que los residuos sean abandonados en el campo, quemados o gestionados de forma deficiente, generando impactos negativos en el suelo, como son: la proliferación de plagas, emisiones contaminantes y pérdida de materia orgánica reutilizable, frente a esta realidad, el proyecto propone una solución tecnológica de bajo costo, con un diseño portátil y adaptable a terrenos irregulares, permitiendo a los pequeños agricultores reducir tiempos de procesamiento, mejorar las condiciones sanitarias y reutilizar la biomasa en procesos de compostaje o insumo ganadero. El diseño final aprobado por el GAD Parroquial de Insinliví integra doce cuchillas fabricadas en acero inoxidable AISI 304, ensambladas en un eje cuya velocidad de funcionamiento es de 3132 RPM, con un torque aproximado de 5 Nm, permitiendo una capacidad de alimentación en la tolva de 10 kg, los resultados obtenidos cumplieron con los objetivos planteados como es reducir el volumen de residuos, mejorar la eficiencia del proceso de transformación orgánica y representa una alternativa viable para zonas rurales que carecen de soluciones tecnológicas. Las simulaciones realizadas mostraron una adecuada distribución de esfuerzos, bajos niveles de deformación y estabilidad mecánica del conjunto. La inversión total del proyecto ascendió a \$2170 entre costos directos e indirectos, el mismo confirma su viabilidad técnica y económica para contextos rurales de baja escala.

**Palabras clave:** Trituración, caña de maíz, compostaje, residuos orgánicos, sostenibilidad.

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

**Theme:** “Design of a Corn Crusher Prototype”

**Author:**  
Fernando Edison Romero Samaniego

**ABSTRACT**

The purpose of this thesis was to design, develop, and implement a prototype corn stalk crusher, focusing on meeting the technical and operational needs of small-scale rural production units, particularly in the parish of Isinliví, Cotopaxi Province, Ecuador. In this area, the accumulation of post-harvest agricultural waste, such as corn stalks, poses an environmental and productive challenge due to the lack of appropriate technologies that enable its transformation and efficient use. This problem has led to waste being abandoned in the fields, burned, or poorly managed, resulting in negative impacts on the soil, including the proliferation of pests, pollution, and the loss of reusable organic matter. Faced with this reality, the project proposes a low-cost technological solution with a portable design that can be adapted to uneven terrain, allowing small farmers to reduce processing times, improve sanitary conditions, and reuse biomass in composting processes or as livestock feed. The final design, approved by the Insinliví Parish GAD, integrates twelve blades made of AISI 304 stainless steel, assembled on a shaft with an operating speed of 3,132 RPM and an approximate torque of 5 Nm, allowing a hopper feed capacity of 10 kg. The results obtained met the objectives set, including reducing waste volume, improving the efficiency of the organic transformation process, and providing a viable alternative for rural areas lacking technological solutions. The simulations carried out showed adequate distribution of forces, low levels of deformation, and mechanical stability of the assembly. The total investment for the project amounted to \$2,170, comprising both direct and indirect costs, confirming its technical and economic viability in small-scale rural contexts.

**Keywords:** Crushing, Corn Stalks, Composting, Organic Waste, Sustainability.

## ÍNDICE GENERAL

1.	INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2.	INTRODUCCIÓN .....	1
2.1	SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	2
2.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
2.2.1	Objeto y campo de acción .....	3
2.3	BENEFICIARIOS .....	3
2.3.1	Directo .....	3
2.3.2	Indirecto.....	4
2.4	JUSTIFICACIÓN .....	4
2.5	OBJETIVOS .....	5
2.5.1	General.....	5
2.5.2	Específicos.....	5
2.6	SISTEMAS DE TAREAS .....	5
3.	MARCO TEÓRICO.....	9
3.1	ANTECEDENTES .....	9
3.1.1	Temas de investigación de trituradoras .....	9
3.1.2	Resistencia mecánica de los tallos de maíz .....	12
3.1.3	Materia prima .....	12
3.1.4	Módulo triturador .....	12
3.1.5	Tipos de trituradoras .....	14
3.1.6	Definición de diseño general del módulo triturador de tallos de maíz.....	18
3.1.7	Características del producto a triturar.....	18
3.1.8	Reducción de tamaño de tallos de maíz.....	18
3.1.9	Naturaleza de las fuerzas usadas en reducciones de tamaño .....	19
3.2	ELEMENTOS DE CONEXIÓN .....	19
3.2.1	Tensión Monofásica .....	19

3.2.2	Grado de Protección .....	19
3.3	CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL CONDUCTOR.....	20
3.3.1	Corriente Máxima.....	20
3.3.2	Calibre del Conductor.....	20
3.3.3	Potencia de Demanda .....	20
3.3.4	Selección del Calibre del Conductor .....	20
3.4	UNIONES SOLDADAS.....	21
3.4.1	Soldadura .....	21
3.4.2	Soldadura (MIG/MAG o GMAW).....	21
3.4.3	Soldadura manual por arco eléctrico smaw .....	21
3.4.4	TIG o soldadura por arco de Tungsteno con gas (GTAW) .....	21
3.5	PERNOS, TUERCAS Y TORNILLOS.....	22
3.5.1	Chavetas, pasadores y collares .....	22
3.6	USO DE SOFTWARE.....	22
3.7	DESAFÍOS Y CONSIDERACIONES .....	22
4.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.....	23
4.1	DISEÑO DEL ESTUDIO .....	23
4.1.1	Definición de Variables .....	24
4.1.2	Matriz de identificación de variable .....	24
4.2	SELECCIÓN DE MATERIAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO TRITURADOR.....	24
4.2.1	Instalación del Equipo .....	26
4.3	ELEMENTOS PARA EL DISEÑO DE LA TRITURADORA DE TALLOS DE MAÍZ 29	
4.3.1	Diseño de la estructura del prototipo triturador de tallos de maíz.....	29
4.3.2	Diseño de la malla o Zaranda para el prototipo triturador de tallos de maíz.....	30
4.3.3	Diseño de las cuchillas, tipo y selección del material .....	31

4.3.4	Velocidad de corte de la trituradora de tallos de maíz .....	34
4.3.5	Datos de resistencia a la fluencia cortante para el diseño de cálculo de las Cuchillas.....	35
4.3.6	Ecuación del esfuerzo máximo de la cuchilla .....	35
4.3.7	Datos del filo de la cuchilla .....	35
4.3.8	Diseño del árbol de transmisión de la trituradora de tallos de maíz.....	36
4.3.9	Fuerza de Corte.....	37
4.3.10	Torque Requerido para el Corte .....	38
4.3.11	Potencia de Corte.....	39
4.3.12	Datos y ecuaciones para el cálculo de la potencia del Motor .....	39
4.3.13	Diseño de las poleas para el prototipo triturador de tallos de maíz.....	40
4.3.14	Ecuación de la relación de transmisión .....	41
4.3.15	Selección del material de construcción del módulo triturador de tallos de maíz.....	41
4.3.16	Característica del elemento a triturar.....	42
5.	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	43
5.1	RESULTADOS DE LA ECUACIONES ESTABLECIDAS PARA EL PROTOTIPO TRITURADOR DE TALLOS DE MAÍZ .....	43
5.1.1	Tabla de resultados del diseño de la cuchilla .....	43
5.1.2	Tabla de resultados de potencia requerida y selección de motor .....	43
5.1.3	Selección del motor para el prototipo triturador de tallos de maíz.....	43
5.1.4	Desarrollo de las ecuaciones del prototipo triturador de tallos de maíz.....	44
5.1.5	Materiales de las cuchillas.....	44
5.1.6	Esfuerzo máximo de la cuchilla.....	44
5.1.7	Fuerza de corte.....	45
5.1.8	Torque o Par de corte.....	45
5.1.9	Potencia requerida .....	45
5.1.10	Selección de motor .....	46

5.1.11	Poleas y correas de transmisión.....	46
5.1.12	Comparativa del prototipo vs máquinas comerciales .....	48
5.1.13	Datos técnicos de costo energético con la relación de carga.....	48
5.2	ANÁLISIS DEL PROTOTIPO TRITURADOR DE TALLOS DE MAÍZ .....	49
5.2.1	Presupuesto.....	60
5.2.2	Van y Tir del prototipo triturador de tallos de maíz .....	61
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
6.1	CONCLUSIONES .....	62
6.2	RECOMENDACIONES.....	63
7.	ANEXO.....	1
7.1	ANEXO I.....	1
7.1.1	PLANO ELÉCTRICO.....	1
7.2	ANEXO II.....	1
7.2.1	PLANOS MECÁNICOS .....	1
7.3	ANEXO III .....	1
7.3.1	IMÁGENES DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN .....	1
7.3.2	Cálculo del árbol de transmisión .....	9
7.4	ANEXO IV .....	20
7.4.1	MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO .....	20

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.3. Tareas a cumplir .....	5
Tabla 3.1. Tabla de tipos de trituración .....	19
Tabla 4.1. Componentes del módulo triturador de tallos de maíz .....	24
Tabla 4.2. Tabla de Acero inoxidable.....	24
Tabla 4.3. Lista de implementación de la máquina. ....	27
Tabla 4.4. Tipos de material de construcción.....	31
Tabla 4.5. Diseño, uso y característica de las cuchillas.....	32
Tabla 4.7. Tipos de Motores.....	39
Tabla 4.7. Polea. ....	40
Tabla 4.8. Especificaciones técnicas del acero inoxidable AISI 304. ....	41
Tabla 4.9. Datos del motor seleccionado.....	5
Tabla 5.1. Tabla de producto antes de la trituración. ....	58
Tabla 5.2. Tabla de producto triturado. ....	58
Tabla 5.3. Tabla de porcentaje de los resultados de las tablas anteriores mencionadas.....	58
Tabla 5.4. Descripción de costos directos. ....	60
Tabla 5.5. Descripción de costos indirectos. ....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Trituración por corte. ....	13
Figura 3.2. Trituración por impacto[5]. ....	13
Figura 3.3. Trituradora por compresión[6]. ....	14
Figura 3.4. Trituradora giratoria[8] .....	15
Figura 3.5. Trituradora de eje horizontal industrial. ....	15
Figura 3.6. Vista interna de la trituradora de eje vertical[11]. ....	16
Figura 3.7. Trituradora circular. ....	16
Figura 3.8. Trituradora de martillos[13]. ....	17
Figura 3.10. Diagrama de flujo de las partes del módulo triturador de tallos de maíz. ....	18
Figura 3.11. Ip de motores[16]. ....	20
Figura 3.12. Software Fusion 360[20]. ....	22
Figura 4.1. Referenciación geográfica de la zona donde se instalará el prototipo triturador de desechos maíz. ....	23
Figura 4.2. Diseño de la cuchilla con afilado de 30 grados para altas RPM. ....	34
Figura 4.3. Ensamblaje de las cuchillas en el eje para obtener el árbol de cuchillas. ....	34
Figura 4.4. Cotas de la cuchilla. ....	36
Figura 4.5. Diseño propio de las cuchillas. ....	37
Figura 4.6. Diagrama de torque de corte. ....	37
Figura 5.1. Simulación de fuerza de reacción. ....	50
Figura 5.2. Simulación de factor de seguridad. ....	50
Figura 5.3. Simulación de estrés de la estructura. ....	51
Figura 5.4. Simulación de deformación. ....	51
Figura 5.5. Simulación de estrés. ....	52
Figura 5.6. Simulación de desplazamiento. ....	52
Figura 5.7. Simulación de fuerza de reacción. ....	53
Figura 5.8. Simulación de deformación. ....	53
Figura 5.9. Simulación de aceleración. ....	54
Figura 5.10. Simulación de velocidad. ....	54
Figura 5.11. Simulación de temperatura. ....	55
Figura 5.12. Simulación de flujo de calor .....	55
Figura 5.13. Simulación de aceleración en la polea. ....	56
Figura 5.14. Simulación de velocidad en la polea. ....	56

Figura 5.15. Parte de la banda trapezoidal.....	57
Figura 5.16. Carcaza de arrancador directo.....	57
Figura 5.17. Relé térmico y contactor. ....	57
Figura 5.18. Gráfica de los resultados de trituración obtenidos.....	59
Figura 5.19. Desechos orgánicos triturado primer ensayo. ....	59
Figura 5.20. Desechos triturados. ....	59
Figura 5.21. Resultante de la prueba de trituración.....	60

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

Tema del Proyecto: Diseño de un prototipo triturador de maíz.

### Modalidad de Titulación:

Propuesta Tecnológica

Proyectos de Investigación

Carrera: Ingeniería Electromecánica

Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto: No aplica

### Equipo de Trabajo:

Romero Samaniego Fernando Edison

Área de Conocimiento: 07. Ingeniería, industria y construcción.

07	Ingeniería Industria y Construcción	071. Ingeniería y profesiones afines.
		0713. Tecnología de protección del medioambiente.

Línea de Investigación: Tecnología Industrial, Gestión de la Producción, Riesgos y Seguridad Laboral.

Sublíneas de investigación de la Carrera: Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

## 2. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la mecanización agrícola orientada a pequeños productores ha cobrado una importancia creciente en el desarrollo de tecnologías accesibles que fortalezcan la productividad y sostenibilidad del sector agropecuario. Una de las soluciones más destacadas es la implementación de máquinas trituradoras especializadas en el procesamiento de tallos de maíz, residuos agrícolas que se generan después de la cosecha. Estos equipos permiten convertir la biomasa residual en recursos útiles, como forraje para la alimentación animal, material para acolchado orgánico o insumos para la elaboración de compost, contribuyendo así al aprovechamiento sostenible de los desechos agrícolas. En este contexto, uno de los equipos que ha demostrado contribuir de manera notable a mejorar el desempeño operativo y la

sostenibilidad ambiental de los sistemas productivos rurales es la máquina trituradora de tallos de maíz. Este tipo de maquinaria ha sido concebida para transformar los residuos agrícolas postcosecha, específicamente los tallos del maíz en insumos de alto valor como forraje para el ganado, material para acolchado orgánico o materia prima para procesos de compostaje.

El tallo de maíz, una biomasa que queda como subproducto tras la recolección del grano, suele ser desaprovechada, especialmente en parcelas menores a una hectárea. En muchos casos, estos residuos son abandonados en el campo, lo que puede ocasionar efectos negativos como la compactación del suelo, la aparición de plagas o prácticas insostenibles como la quema al aire libre. Ante esta problemática, las trituradoras de tallos surgen como una solución práctica, económica y ecológica, facilitando el aprovechamiento de estos materiales y fomentando un uso más consciente y eficiente de los recursos disponibles agrícolas. Su implementación en pequeñas unidades productivas permite no solo reducir el impacto ambiental, sino también optimizar el uso de insumos locales, mejorando el fortalecimiento de la independencia económica y la viabilidad financiera de los pequeños productores rurales.

Las parroquias rurales como Isinliví o similares en la Sierra ecuatoriana, los residuos están compuestos en su mayoría por subproductos agrícolas, como el rastrojo de maíz y restos de cosechas, estos residuos tienen bajo impacto ambiental cuando se integran de forma tradicional en prácticas como el compostaje o alimentación animal, sin embargo, su mala gestión puede llevar a problemas como la quema al aire libre o proliferación de plagas, su generación per cápita es baja, se estima de 0,2 a 0,4 kg por persona por día a diferencia con los 0,8 a 1,2 kg/kg/día en zonas urbanas. Isinliví es una parroquia rural geográficamente está ubicado en el cantón Sigchos, el cual forma parte de la provincia de Cotopaxi, en la República del Ecuador.

La propuesta se orienta al diseño técnico y construcción funcional de un prototipo funcional portátil en la trituración de los tallos de maíz. El uso de trituradoras representa una solución innovadora y sostenible para el manejo de residuos orgánicos. Estas trituradoras reducen el volumen de los residuos, facilitando su manejo y procesamiento posterior, como el compostaje o alimento usado en ganadería.

## **2.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

Esta problemática se presenta en la parroquia de Isinliví, ubicado dentro del cantón Sigchos, en la provincia de Cotopaxi, una de las problemáticas que enfrentan los pequeños productores agrícolas está relacionada con la gestión ineficiente de los residuos postcosecha del cultivo de maíz, particularmente los tallos, cuya acumulación provoca compactación del suelo,

proliferación de plagas y prácticas nocivas como la quemar de los tallos de maíz, esta situación limita el aprovechamiento de la biomasa para uso pecuario o agrícola y evidencia la falta de soluciones tecnológicas adaptadas al contexto local.

A pesar del potencial de la mecanización como herramienta de mejora, no existe hasta la fecha intervención técnica por parte de instituciones públicas o privadas ni un diseño de máquina trituradora específica para las condiciones agroecológicas, económicas y operativas de unidades menores a una hectárea ni se dispone de estudios de factibilidad económica ni análisis costo-beneficio que respalden su implementación, lo que impide una planificación efectiva desde el GAD parroquial.

Cabe señalar que el desarrollo de un prototipo de tallos de maíz que reduzca tiempos de procesamiento, minimice riesgos ergonómicos y sanitarios para que permita un manejo adecuado de residuos, un criterio técnico fundamental fue la eliminación de una base estructural fija, buscando alcanzar una solución de diseño adecuada compacto, móvil, y adaptable a terrenos irregulares, optimizando la funcionalidad, portabilidad y accesibilidad para pequeños agricultores, bajo principios de bajo costo y eficiencia operativa.

## **2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

En la parroquia rural de Isinliví, el procesamiento manual de tallos de maíz demanda largos periodos de tiempo, limitando el rendimiento agrícola. Esta práctica favorece la quema al aire libre y la proliferación de plagas, afectando el suelo y la salud ambiental. Ante la falta de tecnología, se propone un triturador que agilice el procesamiento y minimice estos impactos en entornos rurales.

### **2.2.1 Objeto y campo de acción**

#### **2.2.1.1 Objeto de Investigación:**

Prototipo triturador de maíz.

#### **2.2.1.2 Campo de Acción:**

3	Ciencias Tecnológicas	3313. Tecnologías e Ingenierías Mecánicas.
		3313.15. Diseño de Máquinas.

## **2.3 BENEFICIARIOS**

Los beneficiarios del prototipo triturador de maíz son diversos y a continuación se detallan:

### **2.3.1 Directo**

Los beneficiarios principales son el GAD parroquial de Isinliví y el tesista.

### **2.3.2 Indirecto**

Las comunidades que pertenecen al GAD parroquial de Isinliví a beneficiarse son: La provincia, Guantualó, El salado, Tungiche, Malinguapamba, Samilpamba, Hierba buena, Cochalo de Isinliví, Isinliví centro, Quilagpamba, Yugsialó, Guantugloma, Guangomalag, Almuerzo Pugro, Tondos, Guingopana.

La comunidad académica de la carrera de Ingeniería Electromecánica. A más de hogares, negocios, comunidades e instituciones que buscan reducir su impacto ambiental y mejorar la gestión de residuos orgánicos.

## **2.4 JUSTIFICACIÓN**

Este proyecto surge como propuesta viable a la notable carencia de soluciones tecnológicas específicas para el manejo eficiente de residuos agrícolas en la parroquia de Isinliví, con especial énfasis en la trituración de tallos de maíz, un residuo abundante, a pesar de las iniciativas y gestiones realizadas por el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) parroquial para impulsar la modernización de las actividades agropecuarias locales, no se han desarrollado ni implementado hasta ahora sistemas mecánicos o dispositivos de ingeniería adaptados a las condiciones particulares de las pequeñas unidades productivas predominantes en la zona. Esta falta de innovación tecnológica se ve reflejada además en la ausencia de estudios técnicos rigurosos que permiten evaluar la posibilidad de implementar desde una perspectiva técnica y económica de introducir la trituradora de tallos de maíz que responda a las limitaciones agroecológicas, topográficas y económicas del entorno rural. El desarrollo de este prototipo no solo contribuirá al avance del conocimiento científico en la mecanización agrícola adaptada a contextos rurales, sino que también fortalecerá los mecanismos de transferencia tecnológica y capacitación dirigidos agricultores y técnicos del sector.

Con la colaboración entre el GAD parroquial y la capacidad investigativa de la academia constituye un modelo integral de cooperación que busca ofrecer una solución tecnológica concreta, sostenible en el tiempo y replicable en zonas con características similares. La implementación de este proyecto permitirá optimizar el manejo de residuos agrícolas, reducir la dependencia de métodos tradicionales y pocos eficientes mejorando las condiciones productivas y ambientales de la comunidad rural de Isinliví.

## 2.5 OBJETIVOS

### 2.5.1 General

Construir a través del diseño un prototipo triturador de maíz para unidades productivas menores a una hectárea de producción, reduciendo el tiempo en el proceso de trituración de desechos del maíz para la obtención de compostaje y alimento para ganadería en las comunidades que pertenecen al GAD parroquial de Isinliví.

### 2.5.2 Específicos

- Determinar las características técnicas necesarias para el diseño de una trituradora de tallos de maíz generados en la comunidad, menores a una hectárea.
- Diseñar el prototipo triturador de maíz por medio de software de CAD para su simulación y demostración.
- Implementar el módulo una vez hecho correcciones necesarias si se lo requiera en el software CAD.

## 2.6 SISTEMAS DE TAREAS

Tabla 2.1. Tareas a cumplir

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Actividades (tareas)</b>	<b>Resultados esperados</b>	<b>Técnicas, Medios e Instrumentos</b>
Determinar las características técnicas necesarias para el diseño de una trituradora de tallos de maíz generados en la comunidad, menores a una hectárea.	Revisión de la información para su análisis y recopilación de datos.  Identificación los requerimientos energéticos de la trituradora.  Evaluación del mecanismo de operación de los sistemas de trituración.	Fundamentación Teórica.  Buscar estudios revisados en plataformas especializadas como, Google Scholar, Scopus o ResearchGate.	Documentos, sitios web, Internet.  Desarrollo del marco teórico.  Costos.

<p>Diseñar el prototipo triturador de maíz por medio de software de CAD para su simulación y demostración.</p>	<p>Obtención de software CAD para su diseño.</p> <p>Asentar el levantamiento de las medidas en planos para modelar la estructura del prototipo triturador de desechos de maíz.</p> <p>Dimensionamiento de las cuchillas y su grosor para que el corte en la trituración sea el que se requiere.</p> <p>Incorporación de una malla o zaranda para que los desechos sólidos orgánicos no pasen directamente sin triturar.</p> <p>Realización de los cálculos de la potencia del motor para seleccionar la fuente de alimentación.</p> <p>Selección de material para su construcción.</p>	<p>Selección e implementación de un software CAD adecuado para diseñar el módulo triturador (como AutoCAD, SolidWorks, Fusion 360). El software debe permitir el desarrollo de modelos 3D, la simulación de ensamblajes y la generación de planos detallados para la fabricación del prototipo.</p> <p>Obtención de un conjunto preciso de planos con las medidas detalladas de cada componente del triturador (dimensiones del cuerpo principal, sistema de cuchillas, áreas de entrada y salida de los residuos). Estos planos servirán como base para la</p>	<p>Medición, Software, laptop.</p> <p>Planos</p>
--	--	---	--

	<p>Evaluación de los materiales a emplearse para el diseño y fabricación de la parte estructural y árbol de cuchillas.</p> <p>Selección de los equipos según requerimientos y presupuesto.</p>	<p>construcción física del módulo.</p> <p>Cálculo adecuado de las dimensiones de las cuchillas (largo, ancho y grosor) basadas en el tipo de residuos que se procesarán. Las cuchillas deben estar dimensionadas para proporcionar cortes eficientes y duraderos, adaptándose a las especificaciones del motor y la velocidad de rotación.</p> <p>Fusion 360 permite realizar simulaciones de carga y estrés en los modelos, lo que es útil para asegurarte de que el triturador funcionará de manera eficiente.</p>	
<p>Implementar el módulo una vez hecho correcciones necesarias si lo requiera en el software CAD.</p>	<p>Verificación de la soldadura en la parte estructural y resistencia para el ensamblaje de las partes.</p>	<p>Asegurarse de que las soldaduras sean fuertes y duraderas para asegurar la estabilidad y resistencia de la</p>	<p>Investigación bibliográfica y campo con su experimentación.</p> <p>Fotografías.</p>

	<p>Ensamblaje del eje con las cuchillas para conformar el árbol de cuchillas.</p> <p>Ensamblaje y ajuste de las partes a la parte estructural como panel, batería, inversor, árbol de cuchillas, arrancador directo, regulador de carga, motor, poleas, banda de transmisión.</p>	<p>estructura del módulo triturador.</p> <p>El árbol de cuchillas debe quedar ensamblado de manera precisa, asegurando que las cuchillas estén alineadas correctamente para un corte eficiente.</p> <p>Identificación de los materiales y sus costos.</p> <p>Inspección y registro de fallas mecánicas en la operación de la máquina de trituración.</p> <p>Instalación de la máquina trituradora.</p> <p>Un ensamblaje integral de todos los componentes del sistema, con las conexiones eléctricas y mecánicas correctamente configuradas y ajustadas para el funcionamiento</p>	<p>Instrumentos de medición: multímetro, tacómetro.</p>
--	---	--	---

		eficiente del prototipo triturador.	
--	--	--	--

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 ANTECEDENTES

Las experiencias de las investigaciones relacionadas con el diseño y construcción de máquinas trituradoras en diferentes contextos productivos permiten identificar enfoques metodológicos, criterios de diseño, resultados operativos y beneficios socioambientales que orientan y respaldan el presente proyecto de estudio. Por lo siguiente, se presenta un estudio comparativo de tres proyectos de titulación que abordan la creación de trituradoras para residuos orgánicos o plásticos, desarrollados en Ecuador y México, que aportan antecedentes relevantes sobre factibilidad técnica, económica y funcional de este tipo de tecnologías.

##### 3.1.1 Temas de investigación de trituradoras

Este estudio se fundamentó en una investigación previa orientada a diversas tesis como referencia, de la cuales se establecieron las más relevantes con el objetivo de obtener aportes conceptuales y metodológicos que contribuyan a la estructuración de la presente propuesta como se los explica a continuación:

**Tema de investigación.** – “Diseño y construcción de una trituradora para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en la florícola Adelflowers”.

**Lugar.** – Provincia de Pichincha, Cantón Cayambe, Parroquia Juan Montalvo, Ecuador.

**Autores:** Guzmán Guzmán J.A., & N. A. Grandes Merizalde, “*Diseño y construcción de una trituradora para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en la florícola Adelflowers*”, Tesis de grado, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador, 2018.

Este proyecto se llevó a cabo el diseño e implementación de un equipo para el procesamiento de desechos orgánicos provenientes de las actividades de la florícola Adelflowers, ubicada en el cantón Cayambe, provincia de Pichincha. A partir del análisis de las condiciones productivas y ambientales del lugar, se identificó la necesidad de procesar los tallos de alstroemerias, residuos que hasta entonces no eran gestionados de forma eficiente.

La investigación contempló el estudio de los requerimientos funcionales, el diseño mecánico asistido por software CAD, la selección de componentes eléctricos y mecánicos, y el

procesamiento de 120 kg/h, utilizando un motor de 3 Hp y un método de transmisión por medio de bandas flexibles, con el cual se logró un régimen de giro de 2124 rpm durante el proceso de corte. Las cuchillas y contracuchillas fueron diseñadas con una separación de 2,5 mm, permitiendo obtener fragmentos entre 10 y 30 mm, adecuados para procesos de compostaje[1].

Los resultados demostraron que el equipo fue técnicamente funcional, eficiente y de bajo costo, representando una alternativa viable para pequeños productores. Asimismo, se concluyó que la implementación de esta tecnología contribuyó a mejorar la gestión de residuos agrícolas, favoreciendo prácticas sostenibles y la producción de abono orgánico a partir de desechos florícolas.

**Tema de Investigación.** – “Diseño de un prototipo triturador de desechos orgánicos”.

**Lugar:** Planta de Biogás de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, México.

**Autores:** J. Hernández Díaz, “*Diseño de un prototipo de triturador de desechos orgánicos*”, Tesis de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 2015.

En el desarrollo del proyecto se aplicó el enfoque QFD, conocido como despliegue de la función de calidad, fue aplicado como herramienta metodológica, estructurada en tres fases: especificaciones, diseño conceptual y diseño de detalle. A través de esta metodología, se identificaron los requerimientos del cliente, los cuales fueron traducidos en variables de ingeniería mensurables. Para validar y optimizar el diseño, se utilizaron herramientas como el análisis funcional.

El diseño incluyó tres rotores de 190 mm de diámetro, cada uno equipado con cinco cuchillas dispuestas a 45 grados, y fue impulsado por un motor de 1,5 Hp. El prototipo resultante permitió reducir el tiempo de procesamiento de residuos en un 50 % con respecto al trabajo manual, y disminuyó la necesidad de mano de obra de tres a una sola persona. Todo ello con un costo máximo de \$10,000 MXN, es decir, aproximadamente diez veces menor que el de un equipo comercial con prestaciones similares.

El proyecto que es posible desarrollar un triturador funcional, económico y eficiente para el tratamiento de residuos orgánicos a pequeña escala. La aplicación de una metodología estructurada como QFD permitió satisfacer los requerimientos técnicos, económicos y operativos de una planta de biogás, reducir la dependencia del trabajo manual y ofrecer una alternativa de bajo costo frente a equipos industriales convencionales.

**Tema de Investigación.** – “Estudio de factibilidad para la aplicación de una máquina trituradora de plástico en la empresa MG Gestores Ambientales”.

**Lugar:** Eloy Alfaro, Durán-Provincia del Guayas, Ecuador

**Autor:** J. O. Sánchez Vargas, “*Estudio de factibilidad para la aplicación de una máquina trituradora de plástico en la empresa MG Gestores Ambientales*”, Tesis de grado, Carrera de Ingeniería Industrial, Univ. Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador, 2015.

La investigación desarrollada fue de tipo mixto, con enfoques cualitativo y cuantitativo, complementada por métodos descriptivos, bibliográficos y de campo. Se aplicaron los métodos deductivo e inductivo para el análisis de la información, lo que permitió abordar el problema desde una perspectiva general hasta aspectos específicos, como instrumentos de recolección de datos como entrevistas a directivos, lo cual permitió obtener una visión integral de la situación. La población de estudio estuvo conformada por 36 empresas del sector plástico, seleccionadas por su vinculación con el uso de resinas recicladas. Para el análisis de datos se empleó Microsoft Excel, realizándose un procesamiento estadístico y un estudio financiero orientado a evaluar la viabilidad de implementar un sistema de trituración de plástico implementado en la empresa MG Gestores Ambientales.

La empresa produce actualmente 5 toneladas semanales de plástico reciclado picado, comercializado a \$ 0,70 por kilogramo. Su cartera de cliente es limitada, con apenas seis compradores, siendo uno de ellos, la empresa PICA, responsable del 85 % de las ventas, situación que evidencia una alta dependencia comercial. Además, se identificó una demanda insatisfecha de plástico reciclado en presentación granulada, que posee mayor valor agregado. Frente a este escenario, se propuso la adquisición de un sistema triturador, capaz de pulverizar el plástico reciclado, permitiendo comercializar el producto a un precio de \$0,90 por kilogramo.

La implementación de esta tecnología permitiría duplicar la capacidad productiva hasta alcanzar las 10 toneladas semanales, con beneficios económicos significativos. El análisis financiero se obtuvo una Tasa Interna de Retorno del 78,91 % y un Valor Actual Neto equivalente a \$223.522,44 y un retorno de la inversión en un periodo de apenas 1 año y 7 meses. Asimismo, la rentabilidad del negocio aumentaría del 15,18 % al 24,21 %.

Se concluyó que la propuesta es técnica y económicamente viable. La incorporación de la nueva máquina no solo añadió valor al producto final, elevando su precio de venta, sino que también mejoró la eficiencia operativa y competitividad de la empresa, permitió atender parte de la

demanda insatisfecha del mercado local y redujo costos asociados a la dependencia del trabajo manual.

### **3.1.2 Resistencia mecánica de los tallos de maíz**

La resistencia mecánica relacionado con los tallos de maíz constituye un elemento fundamental en el diseño de equipos como trituradoras, ya que permite estimar la fuerza necesaria para su corte o procesamiento. Esta resistencia varía según factores como el estado del tallo (verde o seco), su contenido de humedad y el diámetro del mismo. En promedio, los tallos secos presentan una resistencia a la compresión de 10 a 25 kgf/cm<sup>2</sup>, mientras que en estado verde varía entre 5 y 15 kgf/cm<sup>2</sup>. La resistencia al corte también es menor en tallos frescos (3 a 8 kgf/cm<sup>2</sup>) en comparación con los secos (6 a 12 kgf/cm<sup>2</sup>). Estos valores han sido reportados en diversos estudios científicos y técnicos que analizan las propiedades físicas del maíz con fines agrícolas e industriales. Esta información permite dimensionar correctamente los componentes mecánicos de una trituradora y seleccionar un sistema motriz adecuado para su funcionamiento eficiente, especialmente en contextos de pequeña producción agrícola [2].

### **3.1.3 Materia prima**

Esta propuesta tecnológica emplea como materia prima los residuos sólidos producidos durante la actividad principal en el GAD parroquial de Isinliví para una reutilización de nutrientes y evitar el uso de fertilizantes químicos o como alimento para ganadería.

### **3.1.4 Módulo triturador**

Los trituradores de materia prima utilizan cuchillas o sistemas de trituración para descomponer los tallos de maíz en partículas más pequeñas. Con ello están las especificaciones requeridas para implementar el uso de la materia prima en la necesidades que sean requeridas [3].

#### **3.1.4.1 Tipos de Trituración**

#### **3.1.4.2 Trituración por Corte**

Los residuos son cortados por cuchillas giratorias hasta alcanzar el tamaño deseado.

"La trituración por corte es eficaz para residuos vegetales y facilita su compostaje" [4].

En la siguiente imagen se aprecia como se desempeña la trituración por corte de forma vertical mientras las cuchillas giran van haciendo pequeños cortes hasta que ya no quede nada de material por triturar.



Figura 3.1. Trituración por corte.

### 3.1.4.3 Trituración por Impacto

La trituradora de impacto es un equipo que emplea la fuerza generada por impactos sucesivos para desintegrar la materia a triturar, este tipo de maquinaria se caracteriza por ofrecer granulometría más uniforme en comparación con las trituradoras de mandíbulas, así como una mayor calidad en la forma de las partículas obtenidas y su uso no es recomendable en materiales abrasivos, ni en materiales muy duros. Se distinguen dos configuraciones principales dentro de esta categoría están los trituradores de barras de choque y la de martillos. El mecanismo de impacto esta compuesto por barras rectangulares fijas y dispuestas paralelos al rotor [5].

En la siguiente figura se aprecia el movimiento de una trituradora de impacto que al momento de impactarse con las barras de choque o de martillo pulveriza el material introducido:

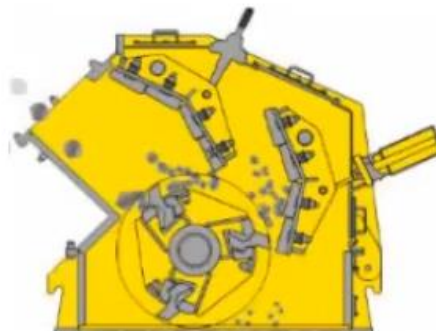


Figura 3.2. Trituración por impacto [6].

### 3.1.4.4 Trituración por Compresión

Este tipo de maquinaria reduce los materiales al presionarlos entre partes móviles y estacionarias, y puede utilizarse en procesos iniciales o intermedios de trituración, usando generalmente superficies metálicas opuestas, lo que resulta un tamaño muchos más pequeño que funcionan mejor en materiales con niveles de dureza mediano a alto que pueden ser secos o húmedos. Los residuos son comprimidos y desgarrados por rodillos giratorios [7].

En la siguiente ilustración se aprecia una trituradora por compresión para trabajos industriales ya que son requeridas para uso riguroso y continuo:



Figura 3.3. Trituradora por compresión [7].

### 3.1.5 Tipos de trituradoras

#### 3.1.5.1.1 Trituradora Giratoria

Esta trituradora de mandíbula circular es un tipo de trituradora giratoria que aplasta material en varios puntos de forma giratoria. La cabeza trituradora presenta una estructura cónica y está dispuesta en forma de embudo, abierta en su parte superior, esta cabeza gira dentro de una carcasa fija, siendo sostenida en la parte superior de la máquina mediante un eje robusto que permite su rotación. El movimiento generado por los excéntricos en el extremo inferior del eje provoca que la cabeza de trituración se desplace alejándose de la superficie fija, sin importar su posición dentro de la periferia del equipo. Durante este proceso, los materiales sólidos quedan atrapados en la zona con forma de “V” que se forma entre la cabeza giratoria y la carcasa, donde son sometidos a un ciclo continuo de compresión hasta ser expulsados por la parte inferior. [8].

En la siguiente figura se aprecia como tritura el material introducido hasta el tamaño que se requiera o se haya configurado según el requerimiento del usuario.



Figura 3.4. Trituradora giratoria [9]

#### 3.1.5.1.2 Trituradora de Martillos de Eje Horizontal

Los molinos de impacto de martillo están diseñados para aplastar materiales blandos en medios duros, desde medios blandos, hasta medio duros, estos dispositivos están diseñados para la producción de pedidos a granel y una situación sin problemas. Las fábricas de impacto de martillo están diseñadas específicamente para aplastar materiales gruesos con altos rendimientos, lo que resulta en la producción de altos rendimientos [7].

En la siguiente imagen se aprecia como es una trituradora de eje horizontal con una amplia entrada para mayor capacidad de trituración a más de ser robusta para una mayor durabilidad.



Figura 3.5. Trituradora de eje horizontal industrial.

#### 3.1.5.1.3 Trituradora de martillos de eje vertical

Este tipo de maquinaria cuenta con rotor con un eje en la ubicación vertical, el material entra dentro del rotor cuando esta gira a alta velocidad, el material se proyecta hacia afuera donde se encuentran los yunques o las pantallas de impacto. También hay un escenario en el que la sustancia gastada afecta a una cámara que contiene la sustancia idéntica para aplastar un explosivo. [11].

En la siguiente imagen se observa el funcionamiento interno de la trituradora de martillos de eje vertical ya que según su configuración se ajusta a las necesidades del usuario según sea el caso.



Figura 3.6. Vista interna de la trituradora de eje vertical [12].

#### 3.1.5.1.4 Trituradoras de Corte o Cuchillas

Estas trituradoras son comunes en aplicaciones domésticas y pequeñas comunidades. Utilizan cuchillas giratorias para cortar y reducir el tamaño de los residuos orgánicos.

Ventajas: Son fáciles de mantener y operar, y son adecuadas para residuos vegetales suaves.

Ejemplo: "Las trituradoras de cuchillas se utilizan ampliamente en áreas rurales de Ecuador para gestionar los residuos de jardines y huertos" [13].

Por las investigaciones realizadas que más adelante se detalla, se escoge el uso del diseño prototipo es un aspecto crucial del proceso de diseño como base la trituradora de corte o cuchillas por su versatilidad, de fácil mantenimiento y por la dificultad de la geografía donde se ubicará la máquina para su funcionamiento.

En la figura siguiente se aprecia el modelo de una trituradora doméstica para hojas constando de dos pares de cuchillas en sentido vertical.



Figura 3.7. Trituradora circular.

### 3.1.5.1.5 Trituradoras de Martillos

Utilizan martillos móviles para desintegrar residuos más duros y fibrosos, como ramas y tallos gruesos. Son adecuadas para instalaciones de compostaje de mayor escala.

Ventajas: Alta eficiencia en la trituración de materiales más duros.

Ejemplo: "Las trituradoras de martillos han demostrado ser efectivas en proyectos de compostaje comunitario en la Sierra ecuatoriana" [4].

La siguiente figura se detalla el funcionamiento de una trituradora de martillos de gran capacidad y de que partes está compuesta.



Figura 3.8. Trituradora de martillos [14].

### 3.1.6 Definición de diseño general del módulo triturador de tallos de maíz

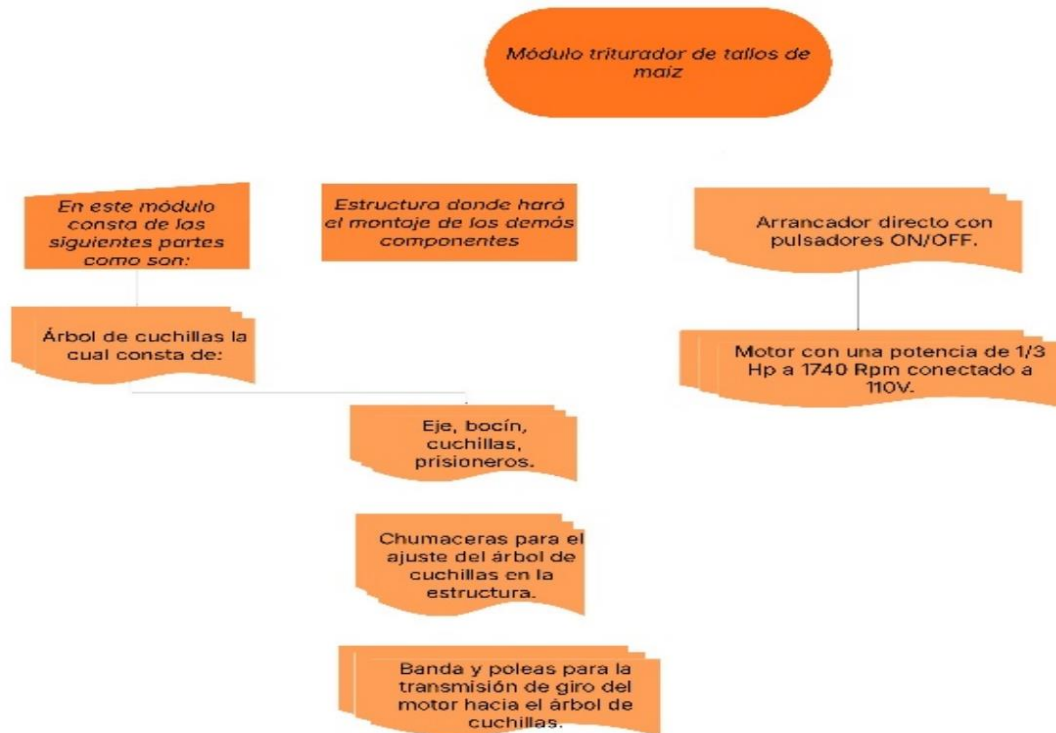


Figura 3.9. Diagrama de flujo de las partes del módulo triturador de tallos de maíz.

Diseñar es la elaboración de propuesta para solventar una necesidad específica o solucionar un problema. El resultado del módulo triturador de desechos orgánicos es crearlo en simulación para plasmarlo en la realidad entonces el producto debe ser funcional, confiable, seguro, en este caso como ingeniería se está teniendo conocimientos básicos para poder desplegarse en la solución de necesidades que van requiriendo en el día y mejorar el aprendizaje [15].

### 3.1.7 Características del producto a triturar

En la selección del tipo de máquina se debe tener conocimiento de las propiedades de la materia prima a triturar, como la dureza ya que un material de este tipo genera mayor resistencia al momento de triturar, también se debe considerar que en residuos húmedos facilitando o complicando el proceso de trituración ya que con una mayor humedad existe de mayor manera la presencia de obstrucciones en el sistema de trituración que compromete tanto la tasa de producción como la eficacia del proceso.

### 3.1.8 Reducción de tamaño de tallos de maíz

La acción mecánica que resulta en un tamaño reducido se conoce como acción unitaria y se usó con el fin de disminuir las dimensiones de las partículas en un producto, la trituración, la molienda o el corte hace referencia al concepto que describe el proceso de disminución de los

tamaños cuando se trabaja con productos sólidos. Las partículas pequeñas utilizadas en los sólidos son un factor clave para acelerar los procesos energéticos y el desplazamiento de los cuerpos materiales, lo que permite operaciones como secado, hornear o extracción con ciertos solventes.

### 3.1.9 Naturaleza de las fuerzas usadas en reducciones de tamaño

En todo proceso de trituración, pueden distinguirse tres clases de naturaleza como en la siguiente tabla 3.1. se aprecia.

Tabla 3.1. Tabla de tipos de trituración

<b>FUERZA</b>	<b>PRINCIPIO</b>	<b>APARATOS</b>
Compresión	Cascanueces	Rodillos Trituradores
Impacto	Impacto	Molino de martillos
Cizalla	Frotamiento	Molino de discos

## 3.2 ELEMENTOS DE CONEXIÓN

### 3.2.1 Tensión Monofásica

La tensión monofásica se refiere a la diferencia de potencial eléctrico entre la línea activa y el punto neutro. Es crucial para asegurar que los motores y otros componentes eléctricos sean compatibles con la red de suministro disponible. Los motores monofásicos generalmente se diseñan para operar a tensiones de 110V o 220V. Sin embargo, en algunas regiones, esta tensión puede ser de 115V, 230V o 254V. Por lo tanto, es fundamental seleccionar motores específicos para estas tensiones para asegurar un funcionamiento eficiente y seguro. Los sistemas monofásicos son una combinación de una sola corriente o fase alterna, que es responsable de producir, distribuir y consumir energía eléctrica, por lo tanto todas las fluctuaciones de voltaje son las mismas, la distribución de electricidad monofásica es la opción típica de las cargas que se utilizan principalmente para iluminación y calefacción así como para pequeños motores eléctricos [16].

### 3.2.2 Grado de Protección

Con el nivel de protección de un motor, indicado por el código IP seguido de dos dígitos, describe su resistencia a la entrada de cuerpos extraños y agua. Por ejemplo, un motor con grado de protección IP65 indica está protegido contra el polvo y agua desde cualquier dirección. Seleccionar motores con el grado de protección adecuado según el entorno de instalación es crucial para garantizar su durabilidad y funcionamiento seguro.

### 3.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL CONDUCTOR

Al elegir el conductor eléctrico adecuado para la trituradora, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

#### 3.3.1 Corriente Máxima

La selección del calibre del conductor depende de la corriente máxima que pasará por él, calculada en función de la potencia demandada por la trituradora.

#### 3.3.2 Calibre del Conductor

El calibre del conductor debe ser adecuado para soportar la corriente máxima sin sobrecalentarse, considerando tanto la capacidad de carga actual como las necesidades futuras.

#### 3.3.3 Potencia de Demanda

La demanda de potencia representa la cantidad global de energía requerida por el sistema para operar. Este valor es esencial para dimensionar correctamente los conductores y asegurar que puedan manejar la carga eléctrica sin provocar caídas de tensión significativas o sobrecalentamientos.

#### 3.3.4 Selección del Calibre del Conductor

De acuerdo con tablas de capacidad de carga de conductores, un conductor de calibre AWG 14 puede manejar una corriente de hasta 20A en condiciones normales, lo cual es adecuado para esta aplicación. Sin embargo, si se prevé un aumento en la demanda de potencia o se operará en condiciones extremas, puede ser prudente seleccionar un conductor de calibre AWG 12, que soporta hasta 25A.

Para esta imagen se observa los datos que contiene una placa de información de un motor eléctrico resaltando el grado de Ip que se tiene según su reglamento.

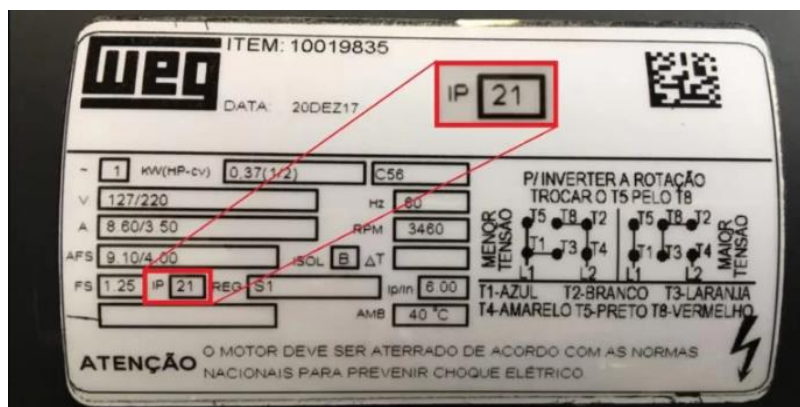


Figura 3.10. Ip de motores [17].

### **3.4 UNIONES SOLDADAS**

El método o los métodos empleados para unir una o varias piezas mediante soldadura consisten en aplicar calor para fusionarlas. Existen distintos tipos de uniones por soldadura, entre los cuales se encuentran: a tope, de monta, en T, en ángulo, de tapón, con riostra y de botones. Todas estas técnicas utilizan calor para lograr la unión, y a lo que por siguiente se describirán las más utilizadas.

#### **3.4.1 Soldadura**

El termino soldadura se usa para describir la unión o la fusión de piezas, que implica calor o compresión, para crear un continuo. Las técnicas de soldadura a menudo dependen de un arco de llama que es creada por la electricidad de la fuente de energía de soldadura, como fuente de calor, el aluminio, el acero dulce y el acero inoxidable son los tres materiales más utilizados para soldar con metales. Los plásticos se pueden soldar, así como otros materiales. El aire caliente o la resistencia eléctrica se usan como fuente de calor en la soldadura de plástico, mientras que la soldadura a metales utilizando un intercambiador resultante del calor producido en la unión por soldadura [18].

#### **3.4.2 Soldadura (MIG/MAG o GMAW)**

Es un electrodo de rosca solida continua y el elemento se colocan libres de arco para garantizar que el proceso de soldadura se complete mientras se mantiene una distancia de arco desde el electrodo.

#### **3.4.3 Soldadura manual por arco eléctrico smaw**

Este método de soldadura utiliza un arco eléctrico generado entre la punta y el cuerpo del electrodo. Durante el proceso, las partículas de metal fundido atraviesan el arco y forman un cordón de soldadura, protegido por una capa de gases que se originan debido a la descomposición del material fundente que recubre el electrodo [19].

#### **3.4.4 TIG o soldadura por arco de Tungsteno con gas (GTAW)**

Es un tipo de soldadura en la que se emplea un electrodo de tungsteno no consumible, acompañado de un material de aporte que si se consume durante el proceso que es una de las técnicas de soldadura que permite la unión de materiales sin requerir el uso de metal de aporte, y solo los dos metales involucrados deben ser contribuidos, lo que requiere un tanque de gas para proporcionar un flujo de gas constante para que el proceso de soldadura esté protegido, este tipo de soldadura es ideal para el proceso en acero inoxidable 304, dejando poco residuo por la soldadura y una buena unión entre las partes de la máquina que son soldadas [19].

### 3.5 PERNOS, TUERCAS Y TORNILLOS

Las tuercas son las piezas que tienen un orificio redondo y roscado que les permite unir un tornillo. Además, estos suministros pueden sujetar y fijar elementos de manera permanente o temporal y pueden desmontarse sin ningún obstáculo. Los tornillos consisten en un bastón o cuerpo que sirve como cabeza y una cabeza que se puede encontrar en varias formas, como es las planas, cilíndricas, hexagonales, redondas, cuadradas [20].

#### 3.5.1 Chavetas, pasadores y collares

Estos componentes se utilizan para acoplar poleas, engranajes, ruedas, volantes a los ejes.

### 3.6 USO DE SOFTWARE

Para la construcción de este diseño se hizo uso del software Fusion 360 para simular y pulir detalles en el diseño previo a su construcción dando una mejor perspectiva de lo que se quiere innovar y aplicar.



Figura 3.11. Software Fusion 360[21].

En las imágenes se observa de distintos ángulos como está simulado el diseño y expuesto al docente que requiere de este prototipo para su aprobación y posterior construcción.

### 3.7 DESAFÍOS Y CONSIDERACIONES

El costo de adquisición e instalación de trituradoras puede ser elevado, especialmente para modelos industriales de alta capacidad y que son de uso continuo. "El alto costo inicial de las trituradoras puede ser una barrera para su adopción, particularmente en comunidades de bajos ingresos", existen desafíos que deben abordarse, como es el costo en la adquisición de este tipo de máquinas y el traslado de la misma para la ubicación para su funcionamiento, por eso es necesario implementar una máquina de bajo costo, útil, y de fácil mantenimiento, además, no sea de uso continuo, sino que sea utilizado según las necesidades que se requiera. Las trituradoras requieren para garantizar su funcionalidad continua, debe mantenerse

regularmente, eficiente y prolongar su vida útil. "El mantenimiento adecuado de las trituradoras es esencial para prevenir fallos y mantener su eficiencia operativa".

## 4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

En esta sección se mencionará el diseño del módulo triturador de tallos de maíz, comenzando con la selección del tipo de sistema de trituración más adecuado para el entorno rural y el tipo de material a procesar. Tras el análisis de distintas alternativas como trituradoras de rodillos, de martillos y de cuchillas, se optó por el sistema de cuchillas giratorias, ya que presenta ventajas significativas en cuanto a simplicidad constructiva, facilidad de mantenimiento y eficiencia en la trituración de desechos fibrosos como tallos de la cosecha de maíz. El volumen diario estimado de residuos a triturar es de aproximadamente 10 kg con una densidad promedio de 150 kg/m<sup>3</sup>, lo que determina un tamaño de tolva adecuado de 0,15 m<sup>3</sup>. La máquina trabajará con un eje rotatorio que porta tres cuchillas de tres lados por bocín dando un total de 12 cuchillas en línea, las cuales girarán a una velocidad de 3132 RPM, con un torque estimado de 5 Nm, considerando un rendimiento del sistema de transmisión del 85 %. Con estos datos permitirán dimensionar adecuadamente los componentes estructurales y mecánicos del sistema.

### 4.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

Identificar el entorno o los escenarios donde se implementará el triturador de desechos de maíz en el GAD parroquial de Isinliví. También realizar casos de estudio con respecto a la autonomía del módulo triturador, para ello analizar los casos de alimentación eléctrica mediante panel solar y con un sistema fotovoltaico y determinar qué sistema es más viable para el proyecto de investigación.

En la siguiente imagen se referencia el sitio donde el prototipo va a estar en funcionamiento en beneficio de las comunidades.

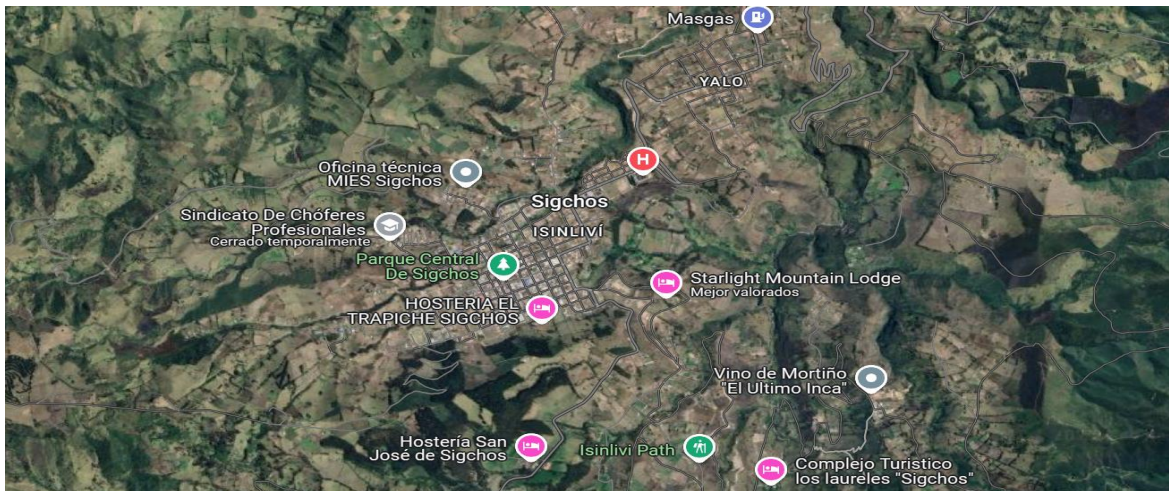


Figura 4.1. Referenciación geográfica de la zona donde se instalará el prototipo triturador de desechos maíz.

#### 4.1.1 Definición de Variables

Determinar la variable clave a estudiar cómo es la reducción de tiempo en la trituración de los desechos orgánicos.

#### 4.1.2 Matriz de identificación de variable

Tabla 4.1. Componentes del módulo triturador de tallos de maíz.

CARACTERISTICAS			
MÓDULO TRITURADOR DE TRITURADOR DE TALLOS			
CATEGORÍAS			
Descripción	Parte	Material	Diámetro
Módulo triturador	Estructura	Acero Inoxidable 304	2 mm
	Eje	Acero Inoxidable 304	25,4 mm
	Cuchillas	Acero Inoxidable 304	3mm
	Bocín	Acero Inoxidable 304	3mm
	Poleas	Aluminio	4,5 pulg
	Chumaceras	Hierro	1 pulg
	Banda	Caucho	A 36

#### 4.2 SELECCIÓN DE MATERIAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO TRITURADOR

Para la selección del material se estableció una tabla valorando las propiedades, resistencia a la corrosión, magnetismo, endurecimiento, ventajas, soldabilidad y temperatura de uso.

Tabla 4.2. Tabla de Acero inoxidable.

Propiedad	Austeníticos	Ferríticos	Martensíticos
<b>Endurecimiento</b>	Deformación en frío, no se endurecen por tratamiento térmico.	No son tratables térmicamente y endurecen poco por deformación.	Su tratamiento térmico que llega a los 1000 grados, tiene buena

			templabilidad incluso en el aire.
<b>Magnetismo</b>	No son magnéticos en estado recocido, una vez endurecidos se vuelven magnéticos.	Magnético	Magnético
<b>Resistencia a la corrosión</b>	Muy recomendable, mejor que los ferríticos y martensíticos a elevadas temperaturas, su resistencia es superior a la de otros tipos de aceros inoxidable.	Excelente en estado de recocido.	Viabile hasta 500 gados centígrados.
<b>Ventajas</b>	Mayor tenacidad que los ferríticos debido a mayor plasticidad por la estructura cubica en la cara, y es más dúctil para procesos de soldadura.	Resistentes a la corrosión inducida por químicos.	Mejor dureza y es utilizado para herramientas cuchillería.
<b>Soldabilidad</b>	Excelente	Soldadura frágil por problema de crecimiento de grano.	Soldadura frágil tendiendo a la fisuración, requiere de precalentamiento de 200 a 300 grados centígrados y

			postcalentamiento de revenido de 600 a 750 grados centígrados.
<b>Temperatura de uso</b>	Temperaturas criogénicas y temperaturas elevadas hasta los 925 grados centígrados, pero con riesgo de sensibilización.	Temperaturas de 400 a 530 grados centígrados de exposición se fragilizan.	Si se realiza el temple necesita de un revenido a 600 grados centígrados.

Una vez establecido la tabla de tipos de aceros inoxidable la selección del acero austenítico AISI 304 es la mejor opción por su resistencia a la corrosión, soldadura, costo y facilidad de limpieza, ya que es de fácil mecanizado, manipulación y resistencia eléctrica a partir de los 20 grados centígrados [22].

Para el diseño del módulo triturador de residuos sólidos orgánicos y analizando modelos de trituradoras tomando en cuenta su diseño y desempeño característico se procedió a la construcción en 3D de las partes como:

- Estructura
- Eje con cuchillas
- Poleas
- Motor

Este prototipo se creó para que sea portátil, de fácil transporte y montaje.

#### **4.2.1 Instalación del Equipo**

Implementar el triturador de desechos orgánicos de acuerdo con las especificaciones técnicas requeridas.

Iniciando con el diseño de la máquina se establece parámetros funcionales como:

- Elementos de la máquina.

- Resistencia al corte de los residuos sólidos orgánicos duros.
- Velocidad y la potencia de corte.
- Capacidad de trituración de la máquina.

En la siguiente tabla se observa la implementación de la máquina, además de las opciones que se tiene para la selección del tipo de trituradora a realizar marcando de 1 a 5 siendo 5 la puntuación más alta en la relación de costos de construcción, mantenimiento y viendo que tipo de máquina es más viable en su construcción como se lo describe a continuación:

Tabla 4.3. Lista de implementación de la máquina.

<b>FABRICACIÓN</b>	<b>Opción 1</b> <b>Trituradora</b> <b>Giratoria</b>	<b>Opción 2</b> <b>Trituradora de</b> <b>martillos</b>	<b>Opción 3</b> <b>Trituradora de</b> <b>corte con</b> <b>cuchillas</b>
El diseño de prototipo debe ser de fácil ensamblaje.	1	2	4
Los componentes que integran la máquina, serán de construcción sencilla.	1	2	4
Los elementos y materiales usados deben estar disponibles en el mercado nacional.	4	4	4
<b>ERGONOMÍA</b>			
Debe tener facilidad para intervenir los componentes de la máquina durante labores de mantenimiento.	2	2	4
No debe tener efectos de contaminación en el medio ambiente.	3	3	5
<b>SEGURIDAD</b>			

El nivel de seguridad debe ser idóneo para precautelar la integridad de personas y recursos utilizados en los procesos de instalación, mantenimiento y reparación del equipo.	5	5	4
<b>ENERGÍA</b>			
La energía que se requiere será abastecida por un motor eléctrico.	5	5	5
<b>APLICACIÓN</b>			
La máquina cortará máximo residuos sólidos orgánicos duros de 0.5 m de largo aproximadamente.	5	5	5
Los trozos resultantes cortados serán de 0.02 a 0.03 m de largo aproximadamente.	4	3	4
Promedio	30	31	39

Una vez hecho la comparativa con los valores en las especificaciones establecidas se obtuvo el promedio de las tres opciones establecidas el cual se eligió la de mayor puntaje que es la opción 3 la trituradora de corte con cuchillas con un puntaje de 39 puntos ya que por su versatilidad y portabilidad es de fácil mantenimiento y también el transporte a zonas de difícil acceso logrando así procesar el material que tenga la comunidad para su beneficio acortando el tiempo de trituración, aprovechando la materia prima para sus diversos usos que esté planificado por los usuarios.

La valoración detallada de la tabla 4.3 se la puede observar en Anexos Tabla V y Tabla VI a partir de la página 19.

### 4.3 ELEMENTOS PARA EL DISEÑO DE LA TRITURADORA DE TALLOS DE MAÍZ

#### 4.3.1 Diseño de la estructura del prototipo triturador de tallos de maíz

La estructura del módulo triturador de tallos de maíz contiene una garganta donde ingresa la materia prima a triturarse y cae a un recipiente donde vayan a transportar el material triturado.

En las siguientes imágenes se observa las distintas vistas de la estructura en vacío y con los demás elementos montados.



Figura 4.1. Vista en 3D desde el software de diseño.

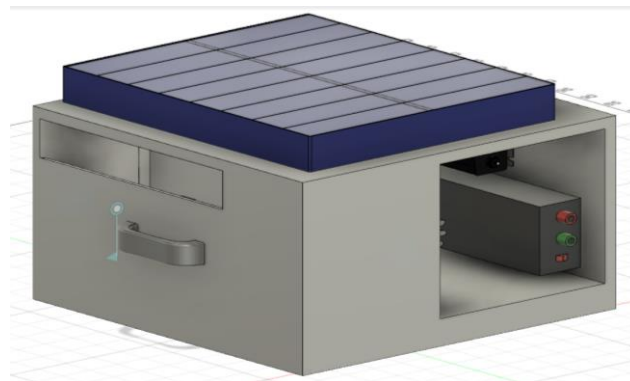


Figura 4.2. Parte isométrica de diseño.

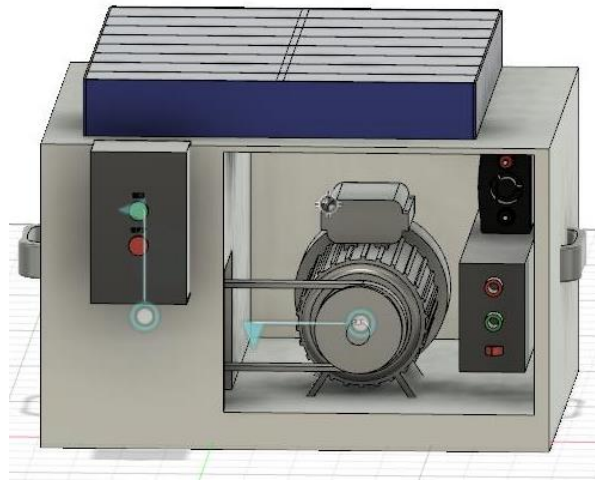


Figura 4.3. Parte frontal de diseño.

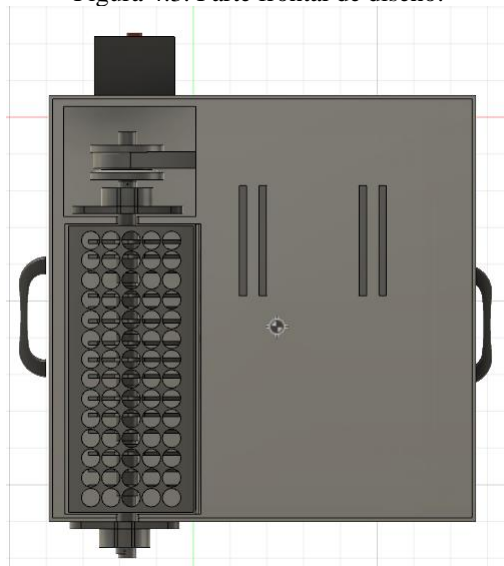


Figura 4.4. Parte inferior de diseño.

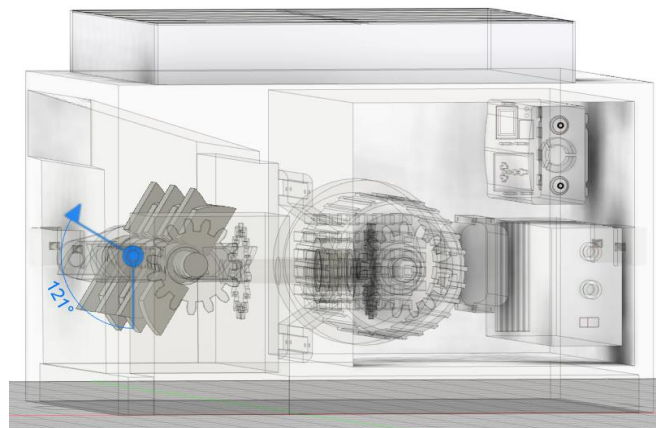


Figura 4.5. Simulación de las cuchillas.

#### 4.3.2 Diseño de la malla o Zaranda para el prototipo triturador de tallos de maíz

El tamaño de partícula, también denominado tamaño de malla, hace referencia a la distribución de dimensiones de los materiales granulares, como arena grava, carbón activado, antracita. Esta

característica se expresa comúnmente mediante sistemas de clasificación estandarizados, como el estadounidense, que utilizan tamices numerados. Un tamiz estándar consiste en una malla metálica o una serie de mallas dispuestas en forma de columna. El proceso de tamizado permite separar una mezcla de gránulos en diferentes fracciones según su tamaño como las partículas de mayor tamaño son retenidas en las mallas superiores, mientras que las más finas atraviesan las aberturas y se acumulan en los niveles inferiores. Este método es aplicable principalmente a partículas mayores a 50 micras (0,050 mm). Cada tamiz se identifica por un número que representa la cantidad de hilos por pulgada lineal en ambas direcciones, por ejemplo, una malla N.º 8 posee 8 hilos verticales y 8 horizontales por pulgada cuadrada en aplicaciones como el tratamiento de agua, el tamaño de partícula de los medios filtrantes se describe mediante una clasificación doble. Esto indica que las partículas pueden atravesar una malla N.º 8 pero quedan retenidas en la N.º 30, correspondiendo a un rango de tamaños de aproximadamente 2,38 mm a 0,595 mm [23]. Véase la tabla de granulometría en Anexo III Tabla II página 4.

Por medio de la tabla de valores de granulometría y para que cumpla con la función que se requiere en el módulo triturador de desechos orgánicos se escogió la malla de una pulgada en su orificio que refiere a 25 mm de diámetro para el tamaño de trituración.

En la siguiente figura se aprecia el modelo referencial de la malla de 1 pulgada.

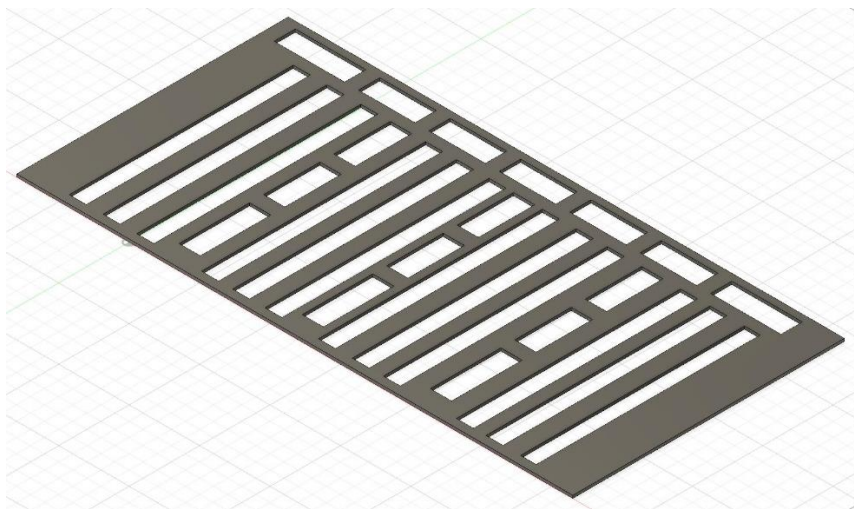


Figura 4.6. Imagen referencial de malla para molino de 1 pulgada.

#### **4.3.3 Diseño de las cuchillas, tipo y selección del material**

Las cuchillas de un equipo de trituración de tallos de maíz se adaptan a diferentes tipos de residuos y aplicaciones, en función de su diseño, material y función. Las cuchillas utilizadas en estas máquinas difieren significativamente entre sí, como:

Tabla 4.4. Tipos de material de construcción.

<b>Material</b>	<b>Ventaja</b>	<b>Uso</b>
Acero Inoxidable	Alta resistencia a la corrosión, durabilidad y mantenimiento del filo.	Materiales húmedos o con contenido ácido.
Acero al Carbono	Alta dureza y capacidad de corte.	Materiales secos y duros.
Acero Aleado	Combinación de dureza y resistencia al desgaste.	Diversos tipos de desechos.

Tabla 4.5. Diseño, uso y característica de las cuchillas.

<b>Diseño</b>	<b>Características</b>	<b>Usos</b>
De corte recto	Bordes rectos y paralelos	Cortes limpios y precisos en materiales uniformes.
De corte en V	Borde en forma de V, facilita la entrada en el material.	Materiales fibrosos y voluminosos.
Dentadas	Borde serrado o con dientes.	Mejora la capacidad de agarrar y cortar materiales difíciles o resbaladizos.
Fijas	Montadas de forma fija en la máquina.	Proporciona estabilidad y tritura materiales consistentes.
Giratorias	Montadas en un eje giratorio.	Eficaz para triturar materiales voluminosos y variados con corte continuo.

De una sola cuchilla	Realiza todo el corte.	Adecuadas para bajos volúmenes de trabajo.
Múltiples cuchillas	Varias cuchillas en serie o paralelo.	Mayor eficacia y capacidad en el proceso de grandes volúmenes de material.
Angulo bajo (menos 30 grados)	Menor resistencia al corte y mejor penetración en materiales duros.	Materiales rígidos y densos.
Angulo alto (mayor 30 grados)	Mayor superficie de contacto y corte más agresivo.	Materiales fibrosos y voluminosos.

Ya establecido el diseño características, uso, ventajas, tanto del material como el diseño de las cuchillas, se escogió de un ángulo de 30 grados para el afilado ya que estas van a girar a altas RPM y como es de material de acero inoxidable su ventaja ante la corrosión y durabilidad en el filo hace que su rendimiento para este tipo de trabajo como es triturar tallos de maíz sea óptimo teniendo una resistencia alta ante humedad y posibles contacto con ácidos naturales de los desechos orgánicos se puedan presentar al momento de trituración.

En la siguiente imagen se aprecia el diseño de la cuchilla simulado en el software Fusion 360.

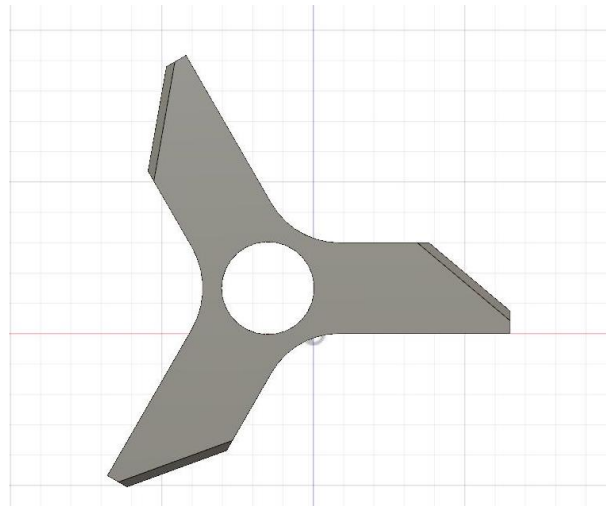


Figura 4.2. Diseño de la cuchilla con afilado de 30 grados para altas RPM.

Para la siguiente imagen se observa el ensamblaje de las cuchillas con el eje y los bocines para formar el árbol de cuchillas que se utilizara en el prototipo triturador de tallos de maíz.

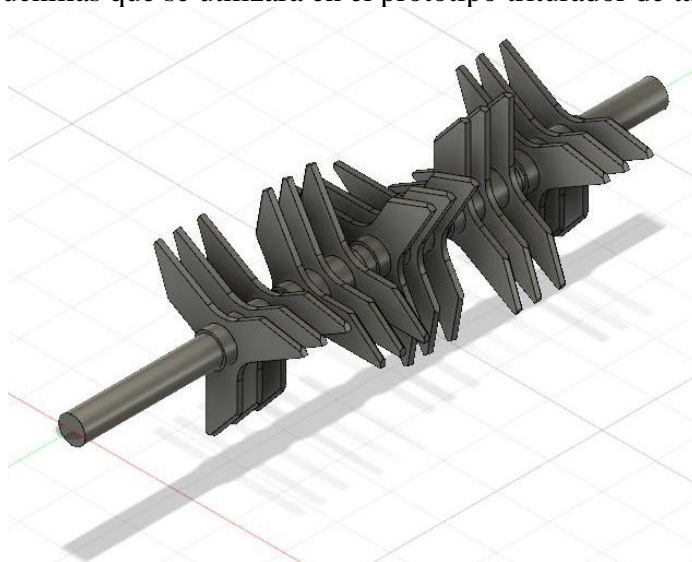


Figura 4.3. Ensamblaje de las cuchillas en el eje para obtener el árbol de cuchillas.

#### 4.3.4 Velocidad de corte de la trituradora de tallos de maíz

Es fundamental establecer la velocidad de alimentación de los tallos de maíz, ya que influye directamente en el rendimiento del sistema para partir con los cálculos y diseño de la trituradora. La velocidad de corte si las cuchillas son más delgadas requieren una velocidad de rotación más alta (600 – 1200 RPM) para mantener una velocidad de corte efectiva y evitar compactación de los residuos orgánicos. La velocidad de corte en cuchillas más gruesas que pueden funcionar a velocidades de rotación más bajas (400 – 600 RPM) ya que su fuerza de impacto es mayor debido al mayor grosor y peso de las cuchillas. Una velocidad de rotación de 600 – 1200 RPM es común para trituradoras de tallos de maíz, pero el grosor óptimo de las cuchillas dependerá

de la velocidad de rotación seleccionada y las características específicas del material a triturar, es importante encontrar un equilibrio entre eficiencia y durabilidad [25].

#### 4.3.5 Datos de resistencia a la fluencia cortante para el diseño de cálculo de las Cuchillas

Para el juego y diseño de las cuchillas y asegurar un corte limpio se escogió cuchillas giratorias por su eficacia en materiales voluminosos a más de un ángulo bajo de 30 grados lo cual tiene una mejor penetración en materiales duros y acero aleado por su ventaja de combinación al desgaste y dureza en lo que se usará la ecuación:

$$S_{sy} \text{ ó } S'n \geq 0,5 \times S_y = 0,5 (0,7 \times Sut) \quad (4.1)$$

Donde:

$S_{sy}$  ó  $S'n$  = Resistencia a la fluencia cortante (lb/ft<sup>2</sup>)

$S_y$  = Resistencia al punto de fluencia (lb/ft<sup>2</sup>)

$Sut$  = Resistencia al punto de fluencia (lb/ft<sup>2</sup>)

Y aplicando el criterio del esfuerzo cortante máximo se obtiene:

$$S_{sy} = 0,577 S_y \quad (4.2)$$

#### 4.3.6 Ecuación del esfuerzo máximo de la cuchilla

Es el límite de capacidad de la cuchilla para realizar un corte sin comprometer su integridad o funcionamiento, para ello se empleó la siguiente fórmula:

$$\tau_{max} = \frac{S_{sy}}{n} \quad (4.3)$$

Donde:

$\tau_{max}$  = Esfuerzo cortante máximo (N/m<sup>2</sup>)

$S_{sy}$  = Esfuerzo cortante máximo permisible (lb/ft<sup>2</sup>)

$n$  = Factor de seguridad recomendado (Adimensional)

#### 4.3.7 Datos del filo de la cuchilla

Para el filo de la cuchilla en una trituradora de desechos orgánicos se considera factores como el ángulo de corte, radio de curvatura, la altura del filo, el ancho de filo. En el ángulo de corte

recomiendan un ángulo de 30 grados que hay la relación de corte para diversos materiales (duros y semiduros) con una eficiencia de corte, en el radio de curvatura un radio pequeño permite cortes precisos mientras que un radio de curvatura más grande sirve para materiales duros, en la altura del filo, si es una altura grande permite un corte más profundo mientras que una altura pequeña sirve para materiales suaves [26].

En la siguiente imagen se aprecia las dimensiones de los diámetros de la cuchilla para luego ser usadas en sus respectivos cálculos.

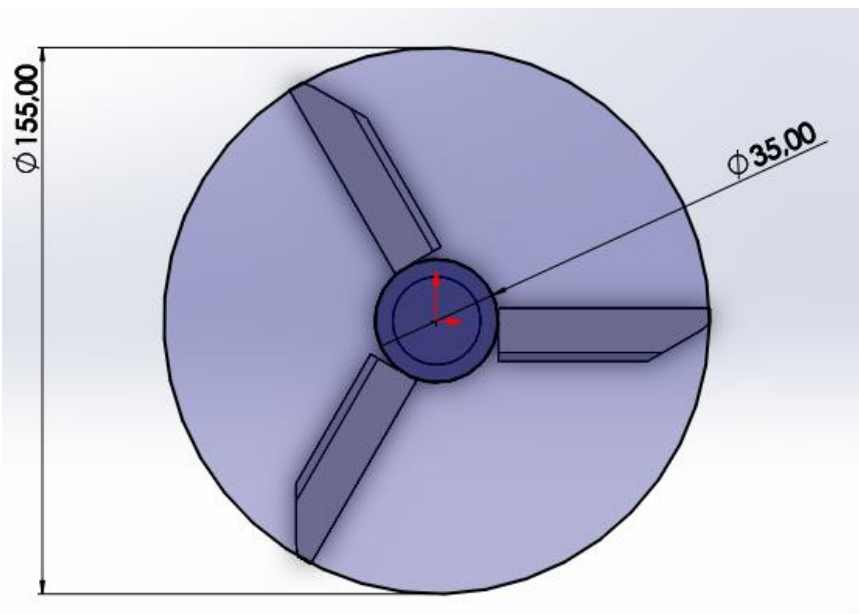


Figura 4.4. Cotas de la cuchilla.

#### 4.3.8 Diseño del árbol de transmisión de la trituradora de tallos de maíz

Al momento de diseñar el árbol de transmisión se tomó en cuenta los siguientes factores como el diámetro del árbol, largo del árbol, tipo de material ya que al momento de su uso es importante considerar su peso también que es de fácil mantenimiento y tiene menos vibraciones que puedan afectar a los demás componentes del módulo triturador de tallos de maíz.

En la siguiente imagen se observa de otro ángulo el árbol de cuchillas simulado en el software Fusion 360.

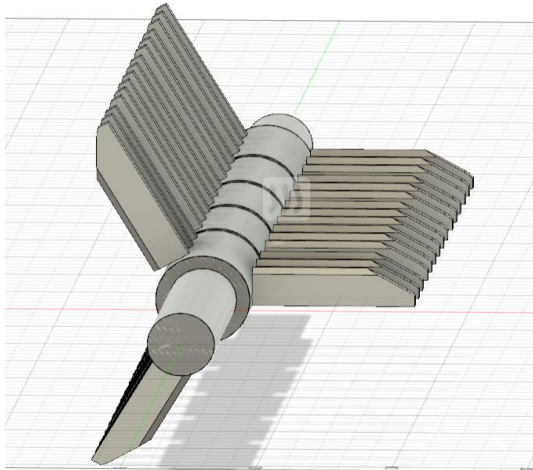


Figura 4.5. Diseño propio de las cuchillas.

El diámetro establecido por diseño del árbol de transmisión es de 25,4 mm en acero inoxidable 10.11L17 ya que por lo general se usa este tipo de material para ejes o arboles de transmisión. Su largo es de 580 mm ya que está a la medida de la estructura de la trituradora de desechos orgánicos. Al diseñar en el árbol de transmisión 3 posiciones de las cuchillas es para la optimización de trituración, su mantenimiento, disminución de vibraciones y mejora el peso en general de la trituradora de desechos orgánicos.

#### 4.3.9 Fuerza de Corte

En la siguiente imagen se observa el diagrama de fuerzas que ejercen en las cuchillas al momento de su uso.

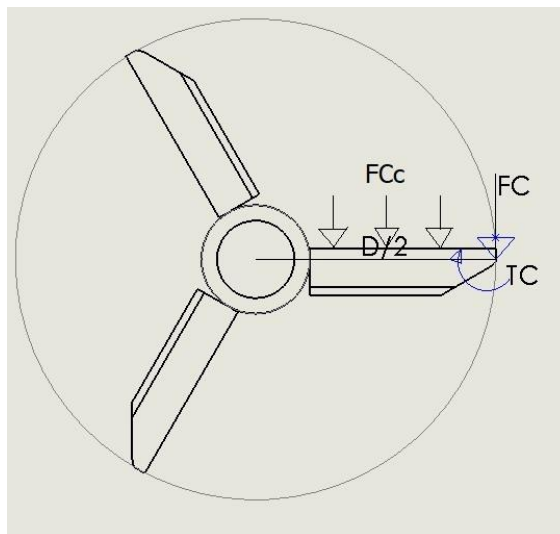


Figura 4.6. Diagrama de torque de corte.

Para este diseño se tomó en cuenta la trituradora el árbol de transmisión que cuenta con 15 cuchillas ya que se consideró el material a triturar con una fuerza de corte ( $\tau_c$ ) de 1 kgf/cm<sup>2</sup> el

cual garantiza la resistencia y funcionalidad del sistema mediante cálculos teóricos y simulaciones conceptuales.

D	B	Bc	Di	z
155	5	4	35	3

Donde:

D: diámetro del disco (mm)

B: ancho/espesor del diente (mm)

Bc: espesor del cuerpo (mm)

Di: diámetro orificio de fijación (mm)

Z: espesor del material (mm)

A: Área de contacto (mm<sup>2</sup>)

La fuerza de corte total requerida para una cuchilla será:

$$F_c = \tau_c \cdot A = \tau_c \cdot B \cdot Z \quad (4.4)$$

Donde:

Pc = Potencia de corte (W)

w = velocidad angular (Rad/s)

$\tau$  = Torque requerido (N/m)

#### 4.3.10 Torque Requerido para el Corte

El par en el eje generado por una cuchilla depende de su radio (r) respecto al árbol:

$$\tau = F_c \cdot \frac{D}{2} \quad (4.5)$$

Donde:

$\tau$  = Torque requerido para el corte (Nm)

Fc= Fuerza de corte (N)

#### 4.3.11 Potencia de Corte

Para el cálculo de la potencia se obtendrá de la ecuación:

$$P = \tau \cdot \omega \quad (4.6)$$

Donde

$P$  = Potencia requerida (W)

$\tau$  = Torque de corte (Nm)

$\omega$  = Velocidad angular (rad/s)

$n$  = Velocidad en RPM (RPM)

#### 4.3.12 Datos y ecuaciones para el cálculo de la potencia del Motor

Tabla 4.6. Tipos de Motores.

Motor	Tipo
Motor eléctrico de inducción	Fiabiles y eficientes, pero requieren un arrancador suave.
Motor de corriente continua	Tienen un control preciso de la velocidad y el par o torque, pero su precio es elevado.
Motores de gasolina o diésel	Adecuados para aplicaciones móviles o en áreas sin acceso a electricidad.

La selección del motor apropiado requiere, como primer paso, el cálculo de la potencia necesaria.

$$P_m = \frac{P_{diseño}}{\eta} \quad (4.7)$$

Donde

$P_m$  = Potencia del motor (Hp)

$P_{diseño}$  = Potencia de diseño (Hp)

$\eta$  = Rendimiento del motor (Adimensional)

### 4.3.13 Diseño de las poleas para el prototipo triturador de tallos de maíz

En la siguiente imagen se aprecia la simulación de la polea que será utilizada en el ensamblaje del prototipo.

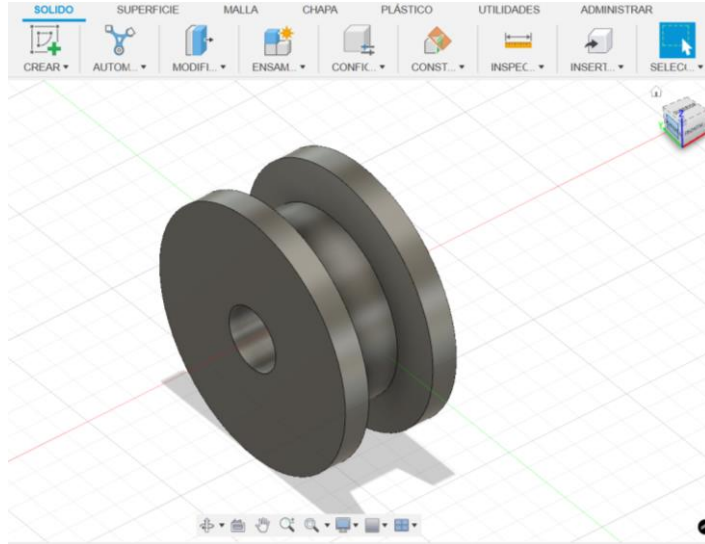


Tabla 4.7. Polea.

Para las transmisiones por bandas, las poleas suelen elaborarse con materiales variados, destacando el uso de acero, hierro fundido y aleaciones de bajo peso. Hoy en día se ha estandarizado las poleas en el mercado para su adquisición.

La ecuación de relación de transmisión se aplicará considerando los diámetros primitivos de las poleas impulsora y accionada previamente determinados del engranaje conductor ( $D_1$ ):[27]

Las fallas potenciales originadas por impactos y/o vibraciones serán abordadas mediante la aplicación de un factor de servicio, el cual incrementa la potencia transmitida para determinar la potencia de diseño. Este enfoque permite considerar de manera integral las características operativas tanto de la máquina como del motor empleado, asegurando un dimensionamiento adecuado bajo condiciones reales de funcionamiento [28].

$$P_{diseño} = f_s \cdot P_c \quad (4.8)$$

Donde:

$f_s$  = Factor de servicio (Adimensional)

$P_{diseño}$  = Potencia de diseño (Hp)

$P_c$  = Potencia de corte (Hp)

#### 4.3.14 Ecuación de la relación de transmisión

La relación de transmisión ( $i$ ) describe la proporción entre las velocidades angulares de dos o mas elementos mecánicos, como engranajes o poleas, que están acoplados entre sí, donde uno transmite movimiento y fuerza al otro. Esta proporción depende directamente de la diferencia en los diámetros de los componentes involucrados, lo que genera una variación en la velocidad de rotación entre los ejes conectados. Este fenómeno puede analizarse a través del concepto de velocidad angular y modificar la relación de transmisión afecta directamente al par de torsión aplicado en el sistema. Por ello, es fundamental seleccionar una relación adecuada que permita al engranaje motriz seleccionar una relación adecuada que permita al engranaje motriz superar la inercia del sistema y cualquier carga externa presente, garantizando el inicio del movimiento. Además, debe asegurarse que el engranaje impulsado pueda resistir elevados niveles de par sin comprometer su integridad estructural. [29].

Ahora procedemos a calcular la relación de transmisión entre ejes:

$$i = \frac{n_{conducida}}{n_{motriz}} \quad (4.9)$$

Donde:

$i$  = Relación de transmisión (Adimensional)

$n_{conducida}$  = Número de revoluciones por minuto (rev/min)

$n_{motriz}$  = Revoluciones por minuto (rev/min)

#### 4.3.15 Selección del material de construcción del módulo triturador de tallos de maíz

El cálculo para el diseño de la trituradora de tallos de maíz incluye el material de las cuchillas, la determinación de la fuerza de corte, el par torsional requerido en los ejes y las dimensiones de las cuchillas ya que es lo primordial para que el uso de la trituradora sea optimo.

El material de selección para la construcción de la estructura es de acero inoxidable AISI 304 ya que, por sus propiedades de anticorrosión, peso y soldadura es viable para la construcción. El grosor de la estructura es de 2 mm por su resistencia al peso que soporta en el ensamblaje como son el motor, cuchillas con su árbol de transmisión, poleas.

Tabla 4.8. Especificaciones técnicas del acero inoxidable AISI 304.

Densidad	0,008 kg / cm <sup>3</sup>
----------	----------------------------

Módulo de Young	195000,00 MPa
Coefficiente de Poisson	0,29
Límite de elasticidad	215,00 MPa
Resistencia máxima a tracción	505,00 MPa
Conductividad térmica	0,162 W / (cm °C)
Coefficiente de dilatación térmica	$1,730 \times 10^{-5}$ / °C
Calor específico	500,0/ (kg °C)

#### 4.3.16 Característica del elemento a triturar

Para el módulo triturador de tallos de maíz, los materiales que se requiere para el corte son los que no supera la fuerza de corte de  $1 \text{ kg/cm}^2$  que es el material más duro con lo que se hizo los cálculos de diseño. Previo al proceso de trituración la materia que se tritura deber tener una longitud máxima de 30 cm para que no exista atascamiento por donde ingresa el material y pueda triturar con normalidad, además se debe colocar de forma horizontal y progresiva para que tenga un mejor rendimiento en la trituración.

La resistencia a la tensión del material depende del tipo de material y su dureza, algunos valores aproximados de resistencia a la tensión para diferentes materiales son:

Frutas y verduras:  $0.5 - 2 \text{ N/mm}^2$

Ramas y tallos:  $2 - 5 \text{ N/mm}^2$

Con este rango de valores se utilizó el de ramas y tallos que tienen una resistencia como está establecido bajo tablas e investigaciones académicas [30].

## 5. ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 5.1 RESULTADOS DE LA ECUACIONES ESTABLECIDAS PARA EL PROTOTIPO TRITURADOR DE TALLOS DE MAÍZ

Se estableció la tabla de datos 5.1.1 y 5.1.2 en el cual se resumen los resultados obtenidos a partir de los cálculos estructurales y mecánicos realizados en el proceso del diseño del prototipo triturador de tallos de maíz, cada parámetro está acompañado por su respectiva ecuación, lo que permite evidenciar el enfoque metodológico empleado para alcanzar los resultados establecidos, estos resultados constituyen una base sólida para continuar con el desarrollo e integración de los elementos del sistema mecánico.

#### 5.1.1 Tabla de resultados del diseño de la cuchilla

Tabla 5.1. Tabla de resultados del prototipo triturador de tallos de maíz

Parámetros	Ecuación	Resultados	Unidades
Resistencia de tensión del material	4.2	2,885	N/mm <sup>2</sup>
Esfuerzo máximo de la cuchilla	4.3	3,39	N/mm <sup>2</sup>
Fuerza de corte	4.4	1,47	N
Torque de corte	4.5	1,708875	Nm

#### 5.1.2 Tabla de resultados de potencia requerida y selección de motor

Tabla 5.2. Tabla de resultados de la selección del motor

Parámetros	Ecuación	Resultados	Unidades
Potencia requerida	4.6	0,155	Hp
Selección de motor	4.7	0,271	Hp
Potencia de diseño calculada	4.8	0,217	Hp
Relación de transmisión	4.9	1,73	Rev/min

El desarrollo de los resultados en las tablas 5.1. y 5.2. véase en Anexos a partir de la Tabla III. Valores de selección de los cálculos de diseño. Página 5.

#### 5.1.3 Selección del motor para el prototipo triturador de tallos de maíz

La selección del motor se fundamentó en los criterios de requerimientos de potencia ya que el cálculo de torque necesario para el corte de tallos de maíz tomando en cuenta su resistencia mecánica y la configuración de cuchillas la potencia de 1/3 Hp es suficiente para asegurar un funcionamiento continuo sin sobrecargas, también está la compatibilidad eléctrica que al ser un motor monofásico se adapta perfectamente a la disponibilidad de energía en las zonas rurales

de Isinliví, donde no siempre hay acceso a instalaciones trifásicas, a más que su peso y portabilidad como motores mayores a 1 Hp añadirían peso excesivo comprometiendo la portabilidad del prototipo, que es una de las ventajas del diseño y por último esta el costo-beneficio siendo un motor de 1/3 Hp es más económico, consume menos energía y permite alcanzar una buena relación eficiencia-rendimiento sin sobredimensionar el sistema.

El prototipo cuenta con un diseño contextualizado que esta adaptado a las condiciones rurales de la Sierra ecuatoriana. Con una inversión de \$ 2170 dólares se obtiene una solución funcional, mientras que las máquinas comerciales tienen altos costos iniciales. El diseño con materiales accesibles permite la reparación y mantenimiento sin depender de técnicos externos. Su impacto ambiental reduce prácticas nocivas como la quema de residuos, fomenta la reutilización de la materia prima y mejora el entorno rural.

#### **5.1.4 Desarrollo de las ecuaciones del prototipo triturador de tallos de maíz**

##### **5.1.5 Materiales de las cuchillas**

Para asegurar un corte limpio se escogió el diseño de cuchillas de alta revolución por su rendimiento en materiales voluminosos con un ángulo de 30 de grados lo cual tiene una mejor penetración en materiales duros para la cual se usó la ecuación 4.2 es:

$$S_{S_y} = 0,577 S_y$$

Para lo cual se usó el valor de la resistencia de mayor tensión del material que es de 5 N/mm<sup>2</sup>.

Lo cual se obtiene:

$$S_{S_y} = 0,577 \cdot 5 \text{ N/mm}^2$$

$$S_{S_y} = 2,885 \text{ N/mm}^2$$

##### **5.1.6 Esfuerzo máximo de la cuchilla**

Una vez obtenido la resistencia de fluencia corte y sabiendo que el factor de seguridad varía entre el 0,70 y el 0,90 se procedió a calcular el esfuerzo cortante de la cuchilla reemplazando los valores en la ecuación (4.3) obteniendo:

$$\tau_{max} = \frac{S_{S_y}}{n}$$

$$\tau_{max} = \frac{2,885 \text{ N/mm}^2}{0,85}$$

$$\tau_{max} = 3,39 \text{ N/mm}^2$$

### 5.1.7 Fuerza de corte

El esfuerzo de corte requerido para cortar el material depende del área de contacto entre la cuchilla y el material a triturar por lo que la fuerza de corte total para una cuchilla se emplea la ecuación (4.4) y su resultado será:

$$F_c = \tau_c \cdot A = \tau_c \cdot B \cdot Z$$

$$\tau_c = 98066,52 \text{ Pas}$$

$$F_c = 0,09806652 \left( \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right) \cdot 5 \text{ (mm)} \cdot 3 \text{ (mm)} = 1,47 \text{ N}$$

### 5.1.8 Torque o Par de corte

El par en el eje generado por una cuchilla depende de su radio (r) respecto al árbol y para encontrar su valor se usó la ecuación (4.5):

$$\tau = F_c \cdot \frac{D}{2}$$

$$\tau = 1,47 \cdot \frac{0,155}{2} = 0,113 \text{ Nm}$$

Se obtiene que  $\tau = 0,113 \text{ Nm}$  para una cuchilla el torque requerido es multiplicado por el número de cuchillas que son 15 cuchillas en el árbol  $\tau = 1,708875 \text{ Nm}$ .

### 5.1.9 Potencia requerida

Para estimar la potencia demandada por el sistema, se aplicó los valores de la tabla de aceros de la serie 10 ya establecida en el marco teórico lo cual usaremos los números de vuelta de 649 RPM y usando la ecuación (4.6) para hallar su valor: Véase la figura de Datos de revoluciones de motores monofásicos en Anexo III Tabla III página 6.

$$P = \tau \cdot \omega$$

$$P = \tau \cdot \omega$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 649}{60} = \frac{67,963 \text{ rad}}{\text{s}}$$

$$P = 1,7088 \cdot 67,963 = 116,08 \text{ watts} = 0,155 \text{ hp}$$

### 5.1.10 Selección de motor

La lección del motor se basa inicialmente en el cálculo preciso de la potencia mecánica que debe generar para cumplir con las exigencias operativas y para ello se usó la ecuación (4.7)

$$P_m = \frac{P_{diseño}}{\eta}$$

$$P_m = \frac{0,217}{0,8}$$

$$P_m = 0,271 \text{ Hp} = 0,202 \text{ w}$$

Con el motor de 0,33 Hp de potencia y un rendimiento del 80 %, tenemos que la cuchilla necesitaría una potencia de 0,271 Hp, como el motor seleccionado es de 0,33 Hp se podrá continuar con los cálculos [31]. Véase la Tabla de valores de motores de fábrica del catálogo Weg en Anexo III Tabla III página 5.

### 5.1.11 Poleas y correas de transmisión

Las fallas potenciales originadas por impactos y/o vibraciones serán abordadas mediante la aplicación de un factor de servicio, el cual incrementa la potencia transmitida para determinar la potencia de diseño. Este enfoque permite considerar de manera integral las características operativas tanto de la máquina como del motor empleado, asegurando un dimensionamiento adecuado bajo condiciones reales de funcionamiento. [28]

Véase la figura de Tabla de selección de correa en el Anexo III Tabla III página 6.

$f_s$ : factor de servicio (desde catálogo Roflex)

$$f_s = 1,4 \text{ (adimensional)}$$

Tenemos que la potencia de diseño es calculada mediante la ecuación (4.7) y su resultado es:

$$P_{diseño} = f_s \cdot P_c$$

$$P_{diseño} = 1,4 \cdot 0,155 = 0,217 \text{ Hp}$$

Con la potencia de diseño y la velocidad del árbol más rápido, se procede al análisis del gráfico correspondiente, que presenta las cinco secciones más comunes de correas. A partir de este gráfico, se determina el tipo de correa óptimo para la transmisión, asegurando un rendimiento adecuado a los requerimientos específicos del sistema. Véase la figura de punto establecido para la selección de banda en el Anexo III Tabla IV página 7.

Se seleccionará una correa trapezoidal de sección tipo A. con esta especificación, se accede a la tabla correspondiente para determinar el diámetro primitivo de la polea motriz, asegurando la compatibilidad geométrica y funcional dentro del sistema de transmisión.

$$d_p = 70 \text{ (mm)}$$

Ahora se procede a calcular la relación de transmisión entre ejes (i) con la ecuación (3.8) y se obtiene:

$$i = \frac{n}{RPM} = \frac{3120}{1800} = 1,73$$

Con la relación de transmisión (i) se procede a calcular el diámetro primitivo de la polea conducida:

$$D_p = i \cdot d_p = 1,73 \cdot 70 = 121,1 \text{ (mm)} \approx 122 \text{ (mm)}$$

El valor obtenido podemos calcular el largo (L) aproximado para la correa que necesitamos:

Figura 19. Tabla de la RPM de las poleas.

$$L = 2 \cdot C + [1,57 \cdot (D_p + d_p)] + \frac{(D_p - d_p)^2}{4 \cdot C}$$

$$C = \frac{(D_p + 3 \cdot d_p)}{2} = \frac{(30 + 3 \cdot 70)}{2} = 120 \text{ (mm)}$$

$$\therefore L = 2 \cdot 120 + 1,57 \cdot (30 + 70) + \frac{(30 - 70)^2}{4 \cdot 120} = 400 \text{ (mm)}$$

Ya con el largo (L) calculado, se seleccionará la correa recomendada por tabla que es: Véase la figura de selección de longitud de la banda en el Anexo III Tabla IV página 7.

En este caso se selecciona el N° = 26, L = 690 (mm)

Con el largo recomendado por tabla recalculamos nuestro C:

$$L = 2 \cdot C + [1,57 \cdot (D_p + d_p)] + \frac{(D_p - d_p)^2}{4 \cdot C}$$

$$\therefore C = 204,9 \text{ (mm)}$$

#### 5.1.11.1 Potencia que transmite la correa

Con los valores de los diámetros, la velocidad del árbol de transmisión, el largo, número y sección de la correa, se obtuvo lo valores de corrección de las diferentes tablas presentadas a

continuación [32]. Véase la relación de diámetro de la polea, vista de la selección total de la correa, datos de corrección de cálculo en el Anexo III Tabla IV página 7.

$$P1 = 2,32$$

$$C2 = 0,81$$

$$\frac{Dp - dp}{C} = \frac{113,4 - 70}{204,9} = 0,245974$$

$$\frac{(0,3 - 0,2)}{(0,96 - 0,97)} = \frac{(0,3 - 0,245974)}{(0,96 - C3)} \rightarrow C3 = 0,9654$$

### 5.1.12 Comparativa del prototipo vs máquinas comerciales

Tabla 5.3. Tabla de comparación del prototipo con otras máquinas comerciales

PARÁMETRO	PROTOTIPO	MÁQUINA COMERCIAL
Tipo de trituración	Cuchillas giratorias, corte directo.	Martillos, rodillos o impacto.
Capacidad	10 kg por carga.	50 – 150 kg/h
Velocidad de corte	3132 RPM	1800-2200 RPM
Portabilidad	Alta es compacta sin base fija.	Baja son de estructuras pesadas, base fija.
Costo total	\$ 2170	Entre \$ 5000 y \$ 10000.
Facilidad de mantenimiento	Alta, por la existencia de piezas en el mercado nacional y armado sencillo.	Bajo ya que requiere técnicos especializados y repuestos importados.
Consumo energético	Bajo de 1/3 Hp – 110V	Medio a alto porque usan motores de 1.5 a 3 Hp – 220V o trifásicos.
Adaptabilidad a terrenos rurales	Alta, es movable, ligera, de diseño versátil.	Limitada por su tipo de construcción.
Materiales utilizados	Acero inoxidable AISI 304, aluminio y caucho	Acero comercial, aleaciones estándar.
Costo de operación y mantenimiento	Bajo, existe los componentes en el mercado nacional.	Alto especialmente por transporte y repuestos.

### 5.1.13 Datos técnicos de costo energético con la relación de carga

Los datos técnicos para poder calcular el costo energético por carga son los siguientes.

Potencia del motor 1/3 Hp = 0,33 kW

Tensión de trabajo = 110V

Consumo promedio por hora = 0,33 kWh

Carga procesada por hora = 40 kg (4 cargas de 10 kg)

Costo kWh promedio en Ecuador (sector rural) = \$ 0,10 USD

Con esto se procede a calcular el costo energético por carga el cual es:

Costo energético por hora = 0,33 kWh \* 0,10 USD/kWh = 0,033 USD/h

Costo energético por carga (10 kg) =  $\frac{0,033}{4} = 0,0083$  USD por cada carga

Tabla 5.4 Lista de los parámetros de costos energéticos con carga del prototipo triturador de tallos de maíz.

PARÁMETRO	VALOR
Energía consumida por hora	0,33 kWh
Costo energético por hora	\$ 0,033 USD
Cargas procesadas por hora	4 cargas (10 kg cada una)
Costo energético por carga (10 kg)	\$ 0,0083 USD
Costo energético por kg triturado	\$ 0,00083 USD

El prototipo presenta un consumo energético extremadamente bajo, con un costo de operación inferior a 1 centavo por carga de 10 kg. Esta eficiencia lo convierte en una opción viable y económica frente a soluciones comerciales de mayor potencia y consumo, ideal para comunidades rurales con acceso limitado a energía eléctrica.

## 5.2 ANÁLISIS DEL PROTOTIPO TRITURADOR DE TALLOS DE MAÍZ

Para el análisis del módulo triturador de tallos de maíz se observó la simulación de los elementos como son, la deformación, el factor de seguridad, el estrés de la estructura, deformación, así como de velocidad y aceleración en el eje, cuchillas, poleas, donde el cambio de color es como se comportó los elementos al momento de su funcionamiento siendo el color azul el punto donde no sufre algún tipo de anomalía, siguiendo al color turquesa que no representa algún riesgo para el prototipo y sus elementos, seguido está el color verde y amarillo donde se consideró que el prototipo está en su punto estable sin sufrir alguna anomalía o daños cuando esté en funcionamiento y el color rojo donde es su punto crítico y puede ocasionar daños en el prototipo y se deberá valorar si es necesario el arreglo o reemplazo de algún elemento del prototipo triturador de tallos de maíz.

En la estructura del módulo triturador para tallos de maíz, en las poleas y el árbol de cuchillas se hizo el estudio mediante simulación de fuerza de reacción, factor de seguridad, estrés y deformación, con esto, los datos calculados se ingresaron para verificar como actúan estas fuerzas al momento de simularlo, lo cual se presenta en las siguientes gráficas:

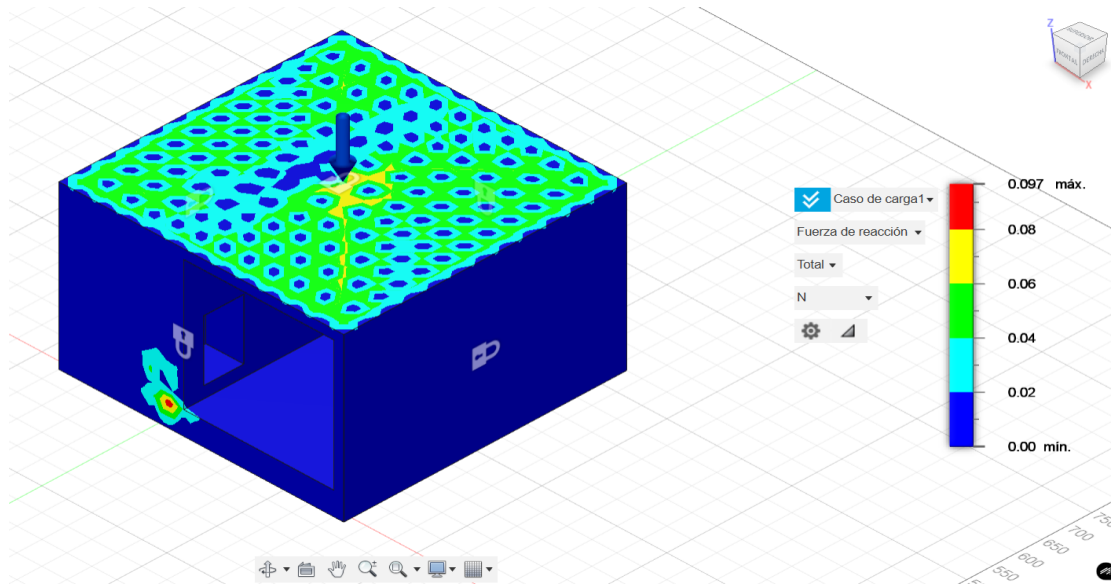


Figura 5.1. Simulación de fuerza de reacción.

En la gráfica se observa cómo actúa la fuerza de reacción sobre la estructura estando dentro de los parámetros de óptimos en su uso.

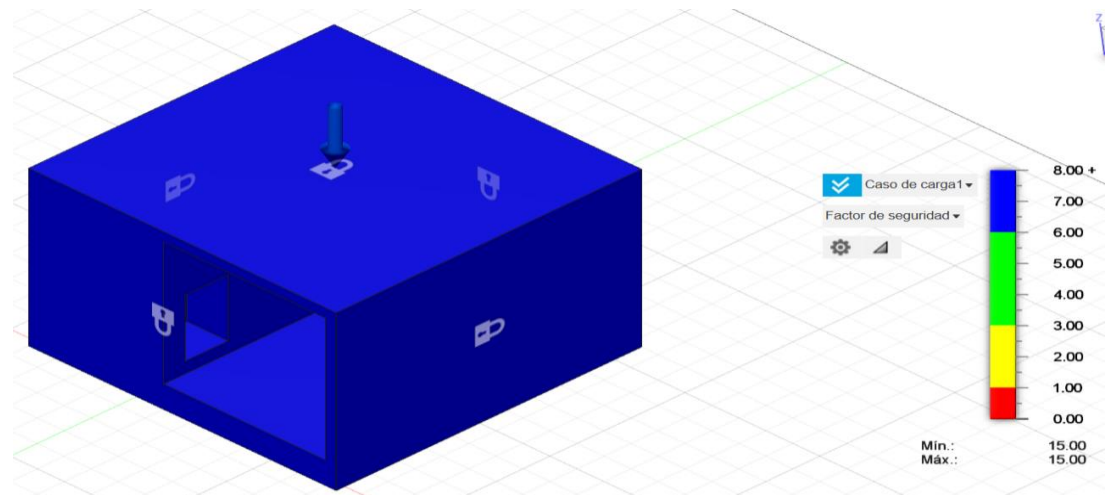


Figura 5.2. Simulación de factor de seguridad.

En la gráfica se observa como el factor de seguridad de la estructura está en el nivel óptimo para su uso.

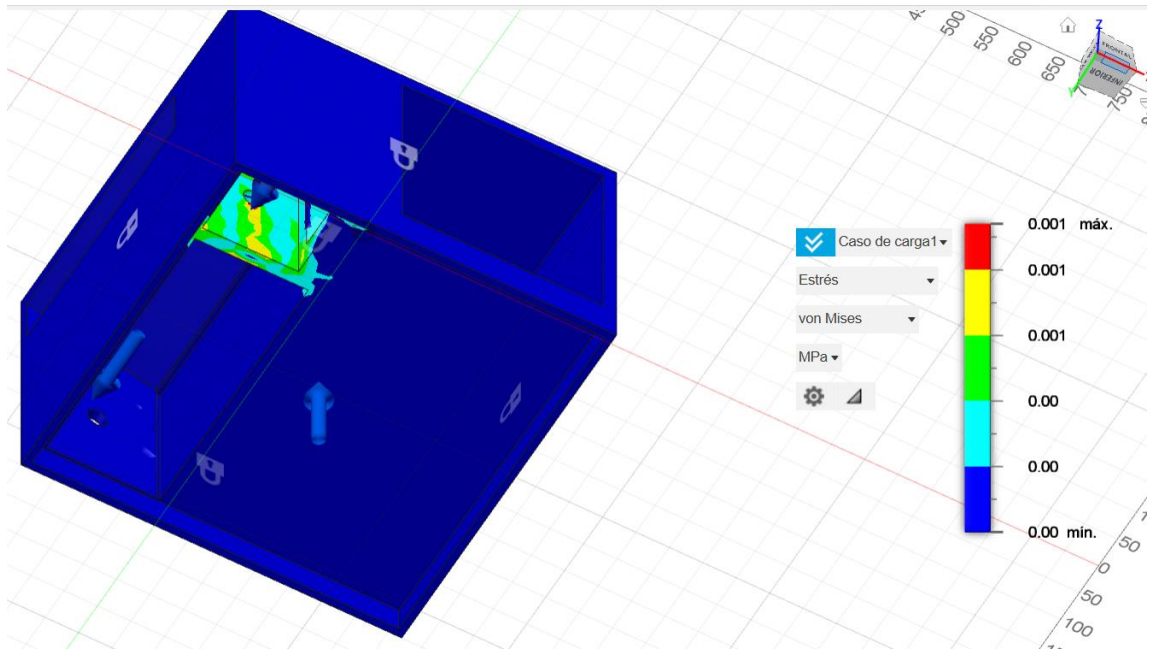


Figura 5.3. Simulación de estrés de la estructura.

En la gráfica se observa que el estrés de la estructura no llega a niveles críticos que puedan comprometer la estructura.

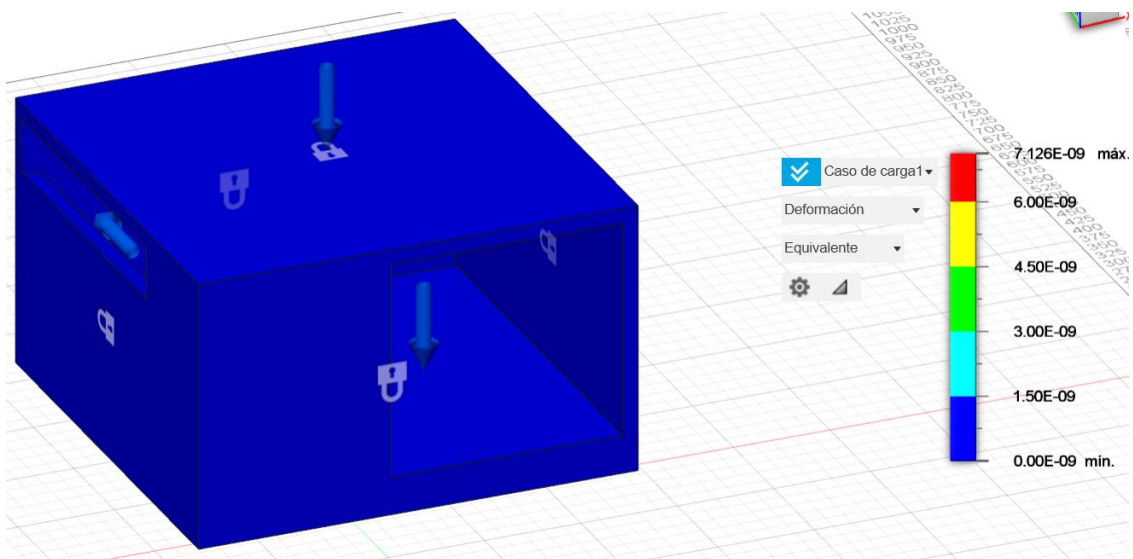


Figura 5.4. Simulación de deformación.

En la gráfica se observa que la estructura no sufre de deformaciones manteniéndola estable todo el tiempo.

Luego de la creación del diseño se hizo el estudio de estrés, desplazamiento, fuerza de reacción, deformación, aceleración y velocidad por medio del módulo de Young se obtuvo los valores presentados en las siguientes imágenes:

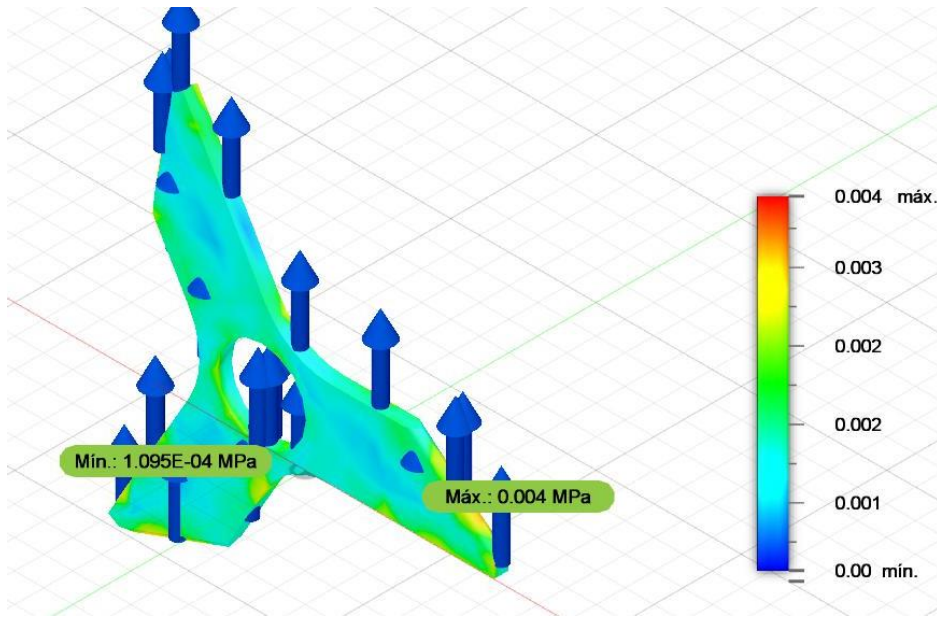


Figura 5.5. Simulación de estrés.

Como se observa el esfuerzo máximo en estrés de la cuchilla llega a valores óptimos en uso.

El valor de desplazamiento actuado en la cuchilla es el siguiente que se muestra en la imagen:

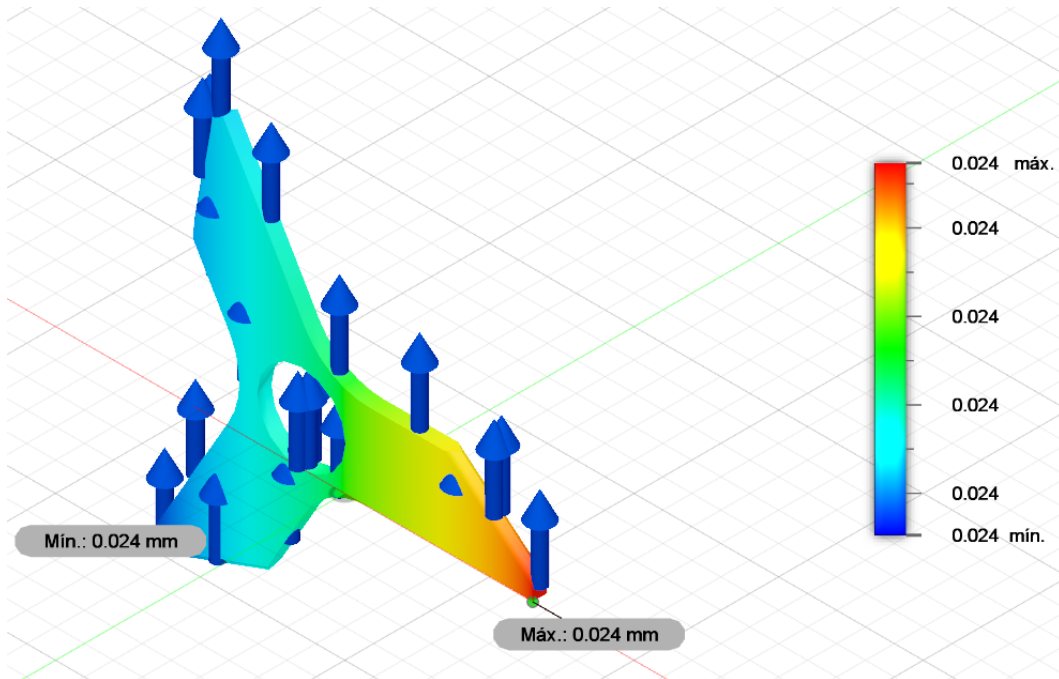


Figura 5.6. Simulación de desplazamiento.

La coloración que muestra en la gráfica indica un esfuerzo al desplazamiento lo cual podría afectar con el uso a través del tiempo.

En la siguiente imagen se observa como la cuchilla se comporta en la fuerza de reacción:

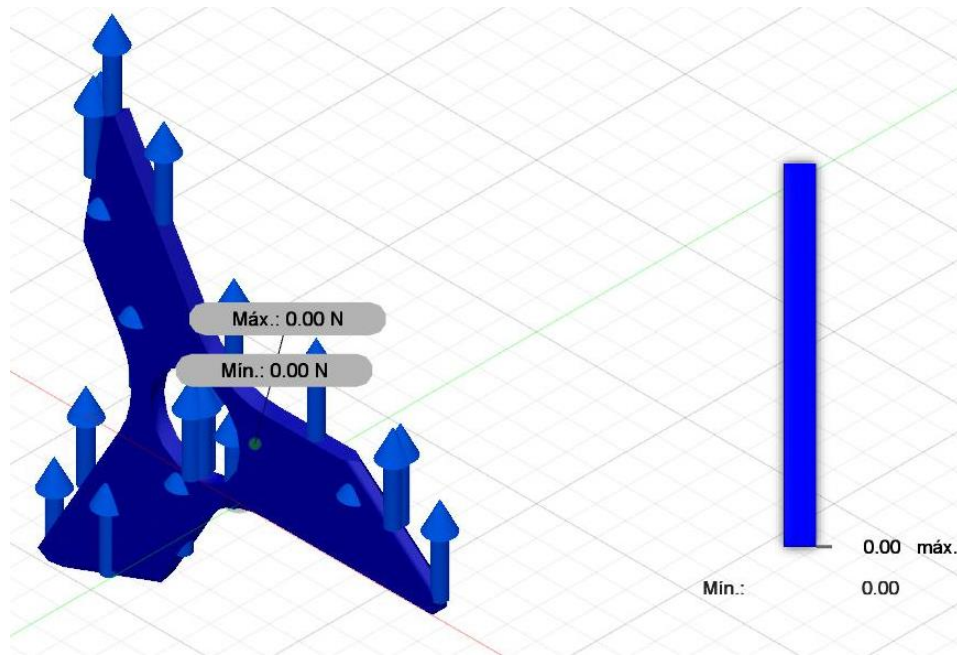


Figura 5.7. Simulación de fuerza de reacción.

Se observa que en la fuerza de reacción no existe problema ni se verá afectada con el uso.

Para la deformación de la cuchilla se observa mediante el estudio de simulación y se observa su comportamiento en la siguiente imagen:

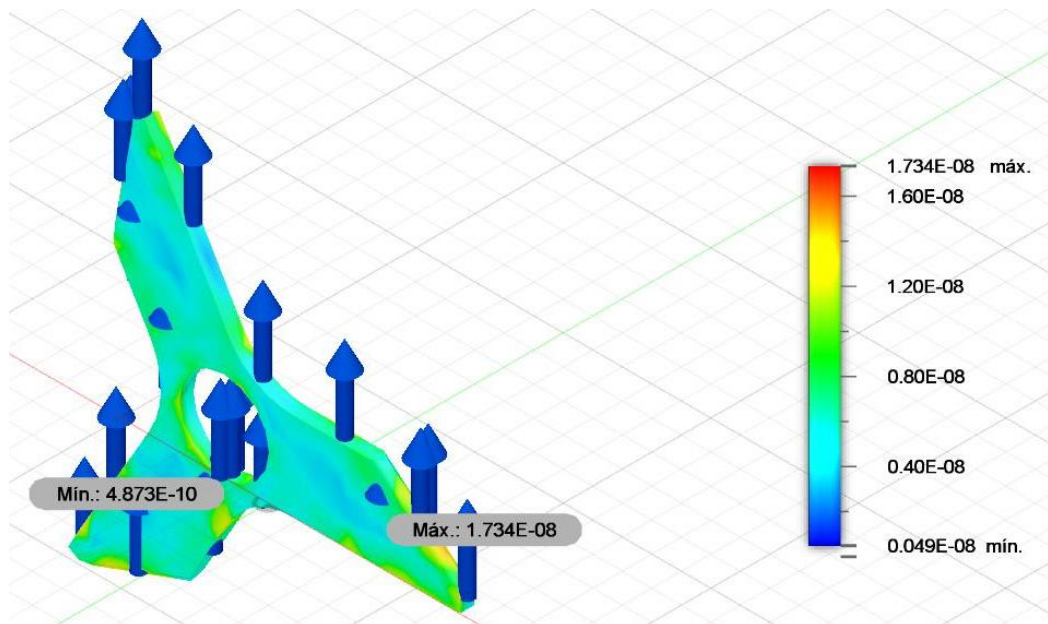


Figura 5.8. Simulación de deformación.

El análisis demuestra que la cuchilla no tiende a deformarse con el uso de la misma.

Con el uso de la cuchilla y su estudio en la aceleración de la misma arrojó los valores de simulación como se muestra en la siguiente imagen:

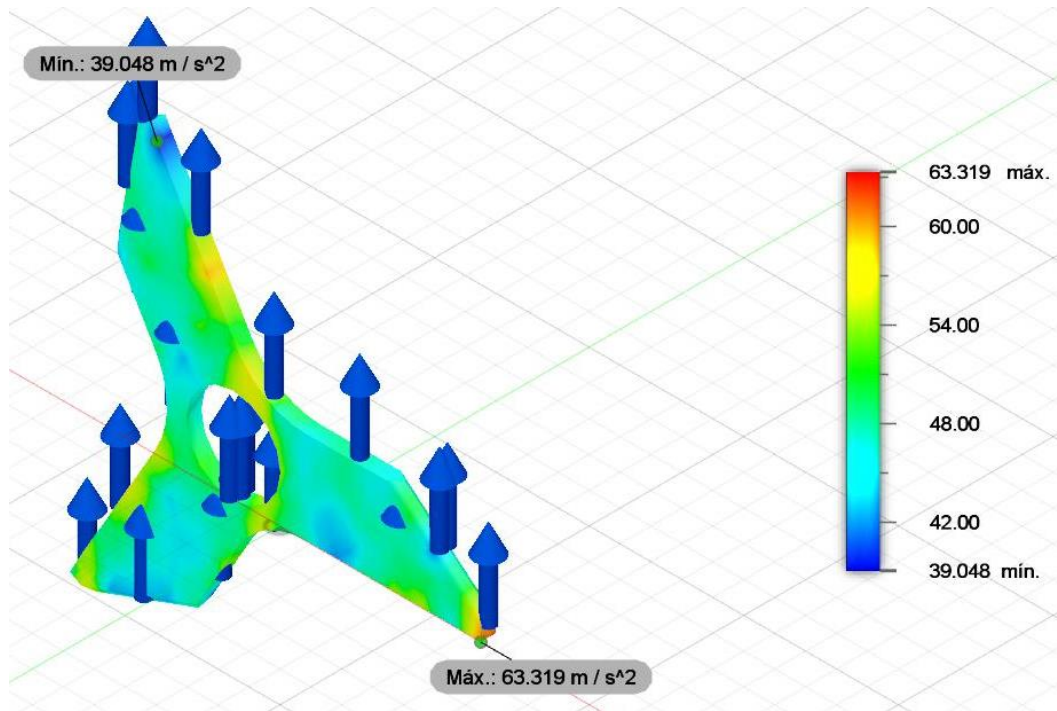


Figura 5.9. Simulación de aceleración.

Se puede observar que la aceleración que se usa no presenta complicaciones y mantiene un rendimiento favorable.

Se hizo el estudio de la velocidad que se ejerce en la cuchilla mediante la simulación se observa en la siguiente imagen:

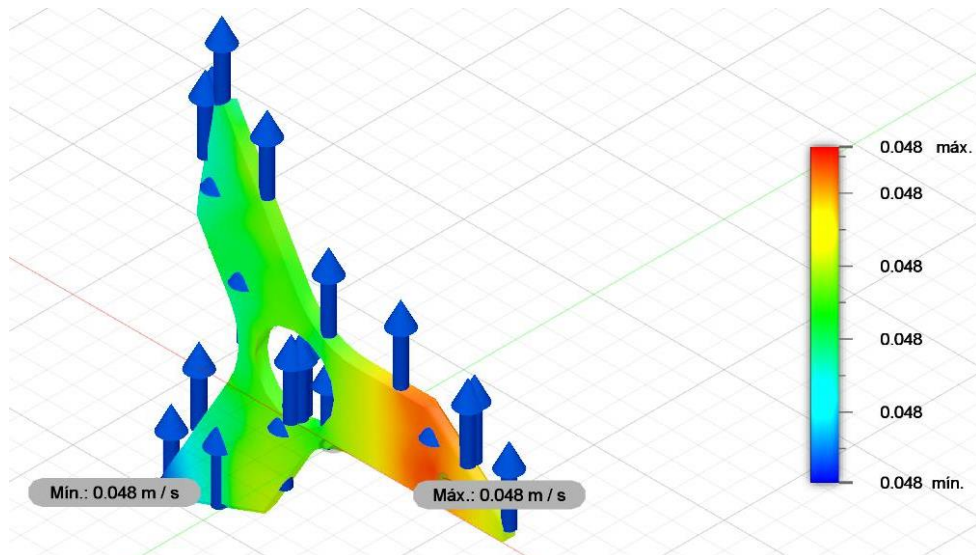


Figura 5.10. Simulación de velocidad.

En la simulación se observa que tiene un punto crítico a considerar donde tendría posibles complicaciones a futuro.

Para todos los casos de estudio que se realizó mediante la simulación se hizo con una fuerza de 10 N, de esa manera se está cubriendo todos los posibles problemas que pudieran existir a futuro, pero el trabajo que se realizará en las cuchillas es menor a los valores de simulación.

En el ensamblaje de la cuchilla y el eje para crear el árbol de cuchillas se hizo el estudio de temperatura y flujo de calor mediante la medición de módulo de Young como se observa en las imágenes:

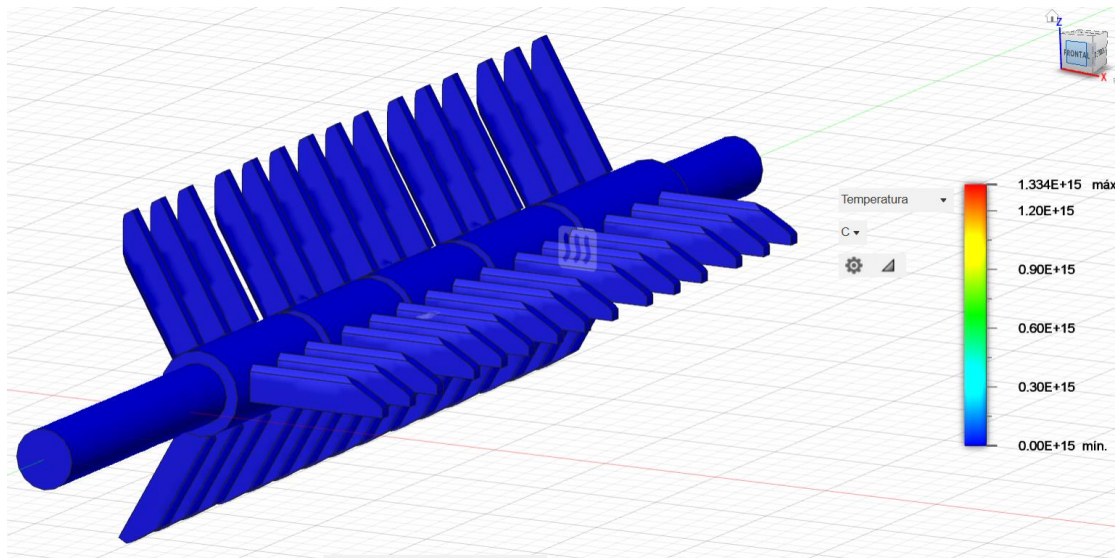


Figura 5.11. Simulación de temperatura.

En la gráfica se observa que las cuchillas con su eje no se someten a altas temperaturas lo cual hace que se prolongue su uso.

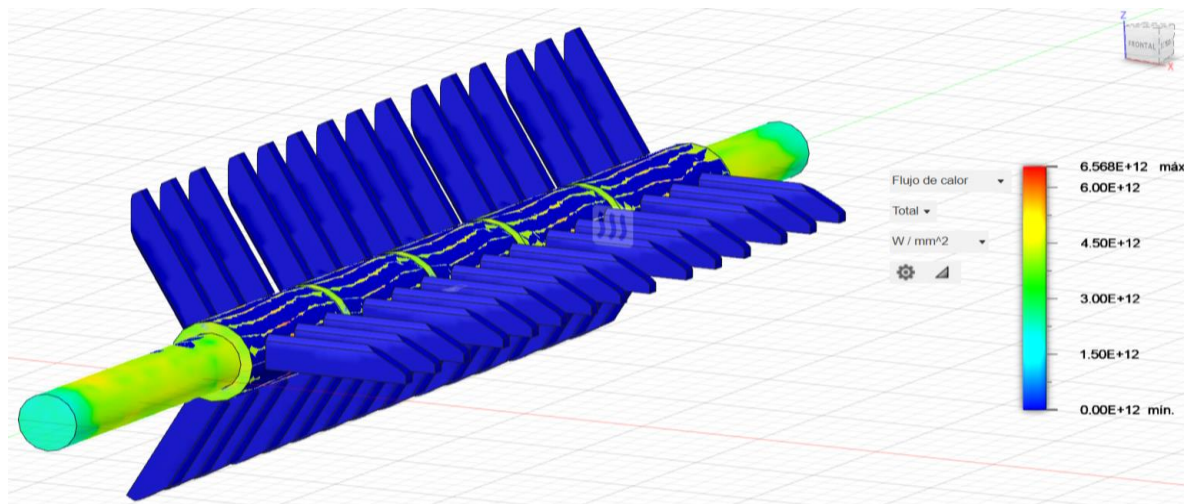


Figura 5.12. Simulación de flujo de calor

En la gráfica se observa como el eje en flujo de calor no presenta valores críticos en su uso teniendo un rendimiento estable.

Para la polea se sometió a el estudio de módulo de Young con la dinámica de aceleración y velocidad y los resultados se muestran en las siguientes imágenes:

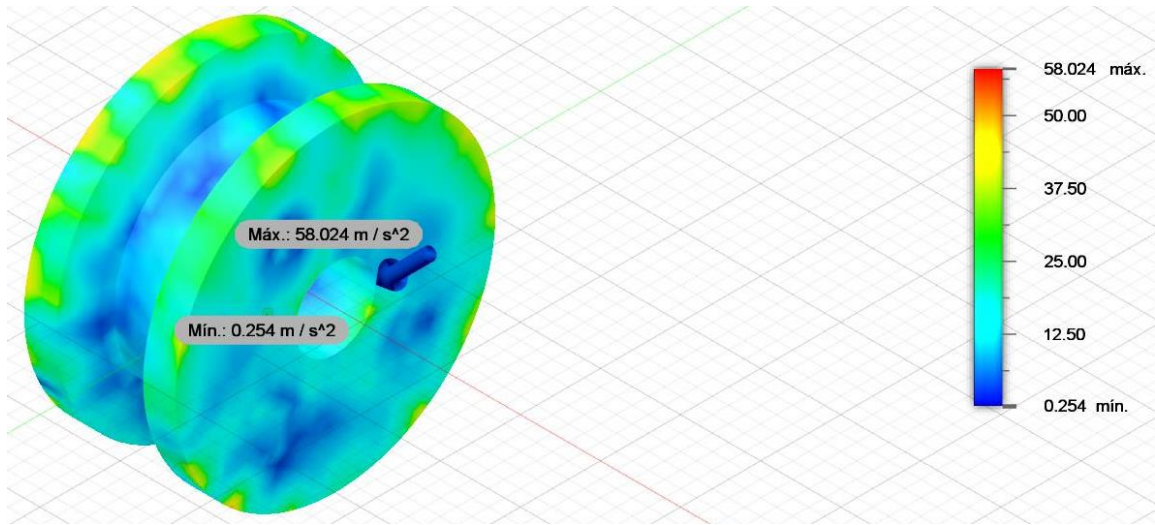


Figura 5.13. Simulación de aceleración en la polea.

Como se observa la aceleración aplicada a la polea no muestra valores críticos y esto hace que su rendimiento y durabilidad sea óptimo.

Para el siguiente estudio de velocidad se aplicó el estudio de módulo de Young mostrado en la siguiente imagen:

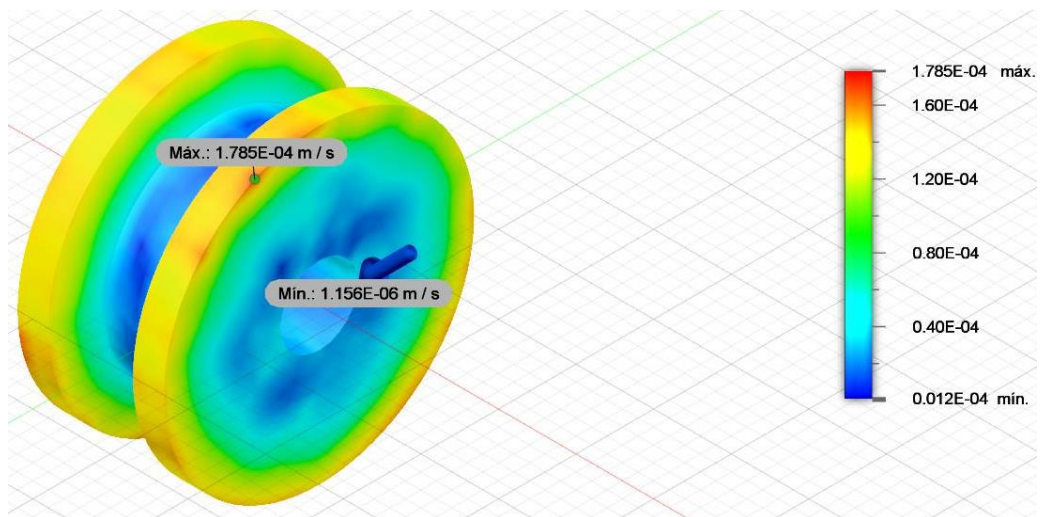


Figura 5.14. Simulación de velocidad en la polea.

Como se observa la polea tiene puntos considerables de observación en su uso y tomar medidas de corrección pertinente.

La banda trapezoidal A33 que se usó se muestra en la siguiente imagen:



Figura 5.15. Parte de la banda trapezoidal.

Esta banda se usa para la relación de velocidad que se requiere en el módulo triturador de desechos orgánicos para la conexión con el motor.

Para poner en marcha al motor se instaló un arranque directo con pulsadores ON, OFF el cual contiene un contactor y un relé térmico como se muestra en las imágenes:



Figura 5.16. Carcaza de arrancador directo

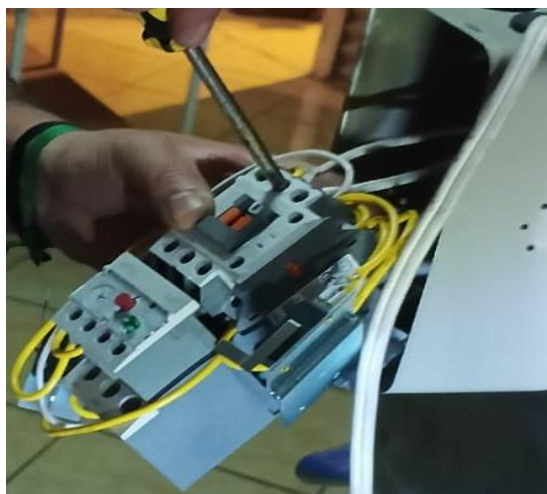


Figura 5.17. Relé térmico y contactor.

Como se observa en las imágenes son los componentes que conforman el arrancador directo.

En el análisis se observó en las imágenes anteriores del apartado 5.2, los comportamientos tanto de la estructura, el eje, las cuchillas, las poleas y como resultados se obtuvo que es robusta y resiste, además de los cálculos de diseño para el dimensionamiento del motor, banda, poleas, eje están dentro de los valores calculados corregidos dando al siguiente paso para lo que se pretende dar uso.

En la siguiente tabla se observa los datos del material previo a triturar:

Tabla 5.1. Tabla de producto antes de la trituración.

Producto previo a triturar			
Producto	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Cantidad (Kg)
Tallos de maíz	40	1000	1,5
Bagazo de caña	50	1000	3

Para la siguiente tabla se observa el producto triturado de la tabla 5.1. y los valores son los siguientes:

Tabla 5.2. Tabla de producto triturado.

Producto previo a triturar			
Producto	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Cantidad (Kg)
Tallos de maíz	10	30	0,9
Bagazo de caña	20	25	0,6

Para la siguiente tabla se muestra los porcentajes de los valores obtenidos de la tabla 5.1. y la tabla 5.2. y los resultados son los siguientes:

Tabla 5.3. Tabla de porcentaje de los resultados de las tablas anteriores mencionadas.

% Diámetro	% Longitud	% Producto dentro de especificaciones
0,3	0,0	60
0,4	0,0	20

Con los valores y resultados de las tablas 5.1., 5.2., 5.3. se procedió hacer una gráfica de valores con los porcentajes de producto triturado como se observa:



Figura 5.18. Gráfica de los resultados de trituración obtenidos.

Con los ensayos realizados al módulo triturador de desechos orgánicos se obtuvieron los resultados esperados como es la reducción de tiempo en la trituración de los desechos orgánicos.



Figura 5.19. Desechos orgánicos triturado primer ensayo.



Figura 5.20. Nueva malla para trituración.



Figura 5.21. Resultante de la prueba de trituración.

### 5.2.1 Presupuesto

En la siguiente tabla se muestra los costos directos en el desarrollo del módulo triturador de desechos orgánicos.

Tabla 5.4. Descripción de costos directos.

COSTOS DIRECTOS				
ÍTEM	MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Plancha de acero inoxidable 2 mm	2	374,00	748,00
2	Plancha de acero inoxidable 3 mm	1	75,00	75,00
3	Eje de acero inoxidable de 1 pulgada	1	12,75	12,75
4	Bocín	4	20,00	80,00
5	Chumacera	2	7,50	15,00
6	Pernos, prisioneros	50	30,00	30,00
7	Poleas	2	5,00	10,00
8	Banda	1	10,00	10,00
9	Motor	1	140,00	140,00
10	Controlador de carga	1	15,00	15,00
11	Cables	5	0,30	1,50
12	Canaleta	1	1,50	1,50
13	Terminales	100	0,06	6,00
14	Corte y soldadura	1	250,00	250,00
15	Arrancador Directo	1	63,77	63,77
16	Protector de Herraje	1	1,75	1,75
17	Abrillantador	1	5,00	5,00
18	Zaranda en acero inoxidable de 2 mm	2	50,00	100,00
19	Cable 3x4	1	40,00	40,00
20	Brocas para acero inoxidable	5	3,00	15,00
21	TOTAL			\$1620,27

En la siguiente se muestra los costos indirectos al módulo triturador de desechos orgánicos.

Tabla 5.5. Descripción de costos indirectos.

COSTOS INDIRECTOS				
ÍTEM	MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Transporte módulo	1	40,00	40,00
2	Transporte en construcción	1	30,00	30,00
3	Viáticos	1	50,00	50,00
4	Costos de Ingeniería	1	430,07	430,07
	<b>TOTAL</b>			<b>\$550,07</b>

### 5.2.2 Van y Tir del prototipo triturador de tallos de maíz

Para calcular el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto de tu prototipo triturador de maíz se debe conocer los puntos que son:

Inversión inicial  $I_0$ : \$ 2170

Flujos netos de caja (FNC): \$ 3000

Número de años de evaluación (n): 5 años

Tasa de descuento (r): 10 % o el costo de oportunidad del capital.

Para obtener flujos netos de caja se realiza una matemática simple tomando el valor que trabaja la máquina de \$ 250 mensual y eso multiplicado por los 12 meses que va a trabajar se obtiene la cantidad anual de \$3000 dólares.

Con los datos que se tiene se realizó el cálculo del VAN usando la fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^5 \frac{3000}{(1 + 0,10)^t} - 2170$$

Año	Flujo (\$)	Factor de descuento (10 %)	Valor presente (\$)
1	3000	0,9091	2727,27
2	3000	0,8264	2479,34
3	3000	0,7513	2253,98
4	3000	0,6830	2049,08
5	3000	0,6209	1862,65

Sumando los valores presentes obtenidos esta como resultado del VAN que es de:

$$VAN = \$ 11372,32 - \$ 2170 = \$ 9202,32$$

Ahora se procedió con el cálculo de Tasa Interna de Retorno (TIR) donde se empleó la fórmula la cual es:

$$0 = \sum_{t=1}^5 \frac{3000}{(1 + TIR)^t} - 2170$$

Usando métodos numéricos se estableció que el TIR tiene un valor aproximado de:

$$TIR \approx 138 \%$$

Ya que el flujo anual es de \$ 3000 y la inversión fue de \$ 2170 se calculó los años para la recuperación de la inversión y este fue de:

$$APRI = \frac{2170}{3000} \approx 0,72 \text{ años}$$

El resultante indicó que la recuperación de la inversión es menos de un año lo cual muestra que el proyecto es altamente rentable el TIR es mucho mayor que la tasa de descuento del 10 % y su ganancia neta acumulada en 5 años es de \$12830.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 CONCLUSIONES**

- Las simulaciones demostraron que la estructura del sistema respondió adecuadamente a las cargas previstas, manteniéndose dentro de límites seguros. Componentes como el eje y las cuchillas no presentaron fallas estructurales. Esto confirmó la resistencia y funcionalidad del diseño durante su operación.
- La comparación de materiales antes y después del triturado evidenció que el módulo cumplió con la reducción y homogeneidad deseadas. Los resultados mostraron una disminución efectiva en las dimensiones. Esto permitió un flujo de trabajo continuo sin obstrucciones. El tamaño del material triturado que se tuvo como resultado es de 3, 4 y 5 cm cumpliendo con los requerimientos establecidos con el GAD parroquial de Isinliví.
- El tiempo de trituración de los tallos de maíz con el módulo triturador mediante las pruebas realizadas fueron iniciadas con un peso de 10 kg para triturar y el resultado final fue un tiempo de 15 minutos y la comparativa del procesamiento de forma manual fue de los mismos 10 kg y su tiempo fue 45 minutos lo que significa que el triturar con el prototipo del módulo triturador de tallos de maíz reduce el tiempo sustancialmente.

- El resultado de VAN y TIR respalda la factibilidad económica del prototipo, validando su replicabilidad como una herramienta de desarrollo rural que permite reducir costos operativos, generar valor a partir de residuos agrícolas y mejorar la competitividad local, dando como resultados de la inversión en menos de un año con un TIR del 138 % y el VAN de \$9202,32 en ganancia neta después de la inversión.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Es aconsejable implementar un sistema de monitoreo continuo de las variables críticas, en especial la velocidad y aceleración de las cuchillas, así como la reacción y deformación de la estructura. Esto permitirá detectar a tiempo cualquier desviación de los parámetros óptimos y prevenir fallas estructurales.
- Se recomienda establecer un programa de mantenimiento regular que incluya revisiones periódicas de los componentes mecánicos y térmicos (cuchillas, eje, poleas, sistema de transmisión, ajuste de todas las uniones como pernos y tuercas). Un mantenimiento preventivo contribuirá a prolongar la vida útil del equipo y a mantener su rendimiento operativo en condiciones ideales.
- Se recomienda para mejorar al prototipo un kit de arrastre con rodillos para ingresar los tallos de maíz de forma controlada evitando así atascamientos y mejora del rendimiento operativo especialmente si el prototipo se usara en jornadas continuas.
- Es recomendable un sistema ajustable o intercambiable de cuchillas que permita adaptarse a distintos tipos de residuos, ya que actualmente se utiliza cuchillas de acero inoxidable AISI 304 con afilado de 30°, que funcionan bien, pero en su mejoría de durabilidad y capacidad de corte si se incorpora cuchillas con tratamientos térmicos o de carburo.
- Se recomienda integrar un variador de frecuencia al motor eléctrico que permita ajustar la velocidad de rotación del eje que actualmente está en 3132 RPM y que ayude a optimizar el corte según el tipo y humedad de material.
- Es recomendable el desarrollo de un sistema autónomo con paneles solares y almacenamiento con batería de ciclo profundo o de litio, esta integración puede aumentar la portabilidad y autonomía del prototipo en zonas rurales o remotas sin acceso a electricidad.
- Es importante desarrollar manuales de operación y mantenimiento, así como capacitar al personal técnico encargado del funcionamiento del módulo. Esto garantizará una correcta operación y facilitará la adopción de medidas correctivas de manera oportuna.

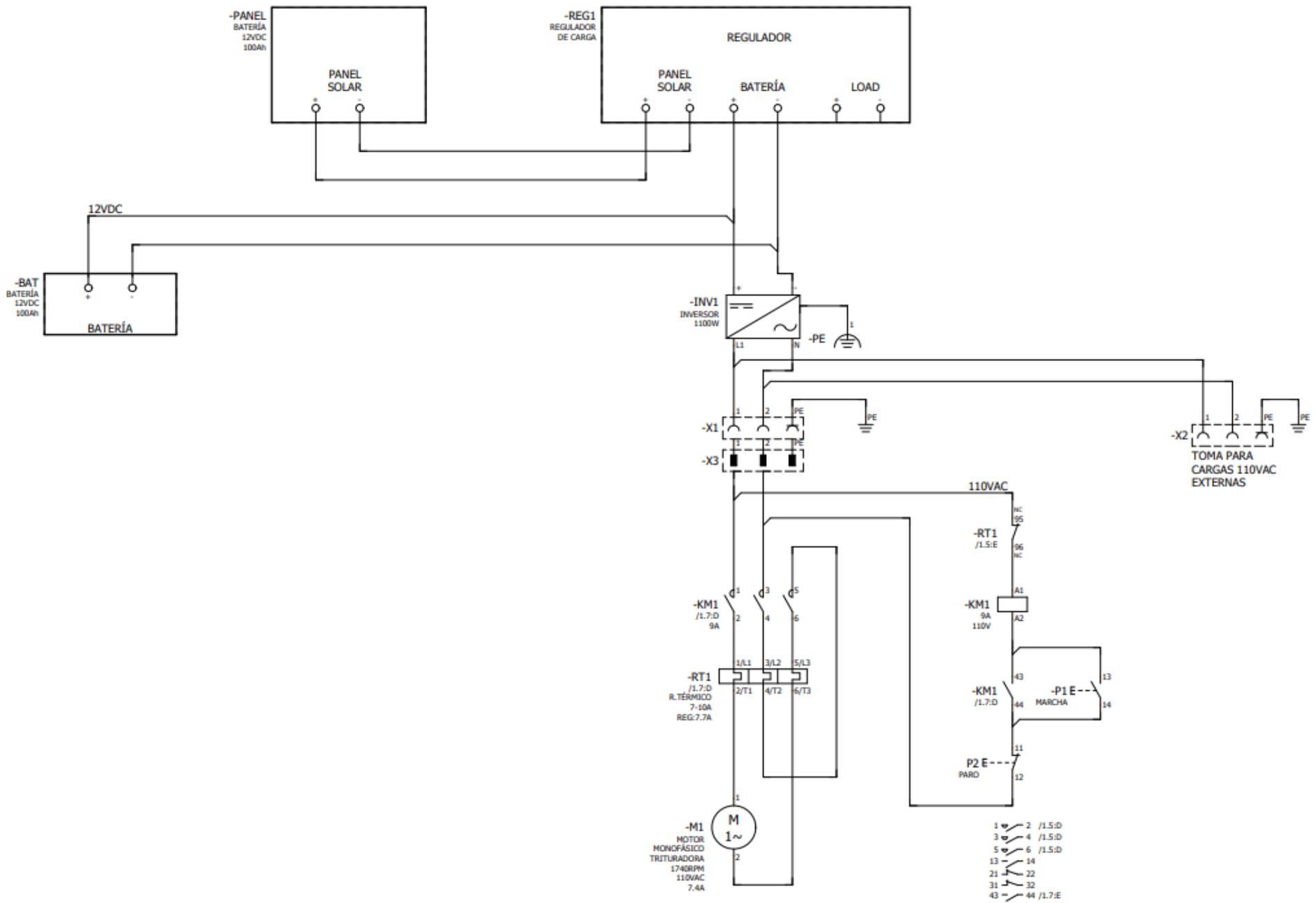
## REFERENCIAS

- [1] (Diseño Sin Fronteras | PDF | Diseño | Creatividad). Accedido: 3 de agosto de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/73596500/Diseno-sin-Fronteras>
- [2] BBVA, «¿Qué es el compost y cuáles son sus fases? El poder del suelo vivo», BBVA NOTICIAS. Accedido: 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-compost-y-cuales-son-sus-fases-el-poder-del-suelo-vivo/>
- [3] «Maquinaria de compostaje, trituración de vidrio, compactación de residuos y compactación de EPS | RETEMA». Accedido: 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.retema.es/actualidad/maquinaria-de-compostaje-trituracion-de-vidrio-compactacion-de-residuos-y-compactacion>
- [4] Y. Vögeli, C. R. Lohri, A. Gallardo, S. Diener, y C. Zurbrügg, «Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries».
- [5] «¿Qué es una trituradora de impactos? – El blog de Víctor Yepes». Accedido: 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/03/23/que-es-una-trituradora-de-impactos/>
- [6] «BANTRACOL | EQUIPOS TRITURACION PLANTAS AGREGADOS | MEDELLIN», transportadoresrua. Accedido: 11 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.bantracol.com/equipos-trituracion-agregados-plant>
- [7] J. Rea, «¿Qué son las trituradoras? - Maquinaria Omnia», Omnia Machinery | Source Plant For Sale Equipment Worldwide. Accedido: 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.omniamachinery.com/es/2021/10/what-are-crushers/>
- [8] F. I. Lizana Fernández, «Diseño de un equipo triturador para reciclaje de madera.pdf». Accedido: 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-0500/UCC0865\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-0500/UCC0865_01.pdf)
- [9] «Chancadora Giratoria | PDF | Eje | Science». Accedido: 11 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/410979750/CHANCADORA-GIRATORIA>
- [10] Balzuweit-84, «Molinos de martillo o de impacto», SIEBTECHNIK TEMA. Accedido: 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.siebtechnik-tema.nl/es/molinos-de-martillo-o-de-impacto/>
- [11] «Trituradoras de Impactos: Verticales y Horizontales | Sotecma», Sotecma | Especializados en Instalaciones. Accedido: 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://sotecma.es/equipos-trituracion-molienda/trituradora-impactos/>
- [12] «Stedman releases anvil ring for vertical shaft impactors | Pit & Quarry». Accedido: 11 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.pitandquarry.com/stedman-releases-anvil-ring-for-vertical-shaft-impactors/>
- [13] «Open Knowledge Repository». Accedido: 2 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/d3f9d45e-115f-559b-b14f-28552410e90a>
- [14] «Hammer Crushers Manufacturer», JXSC. Accedido: 11 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.minejxsc.com/mineral-processing-equipment/rock-crushers/hammer-crushers/>
- [15] LUIS CARLOS HERRERA GUTIÉRREZ DE VELASCO / MARÍA GUADALUPE NEVE ARÍZA, «LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE DISEÑO Y SU ENSEÑANZA, UNA CONTRADICCIÓN .pdf». Accedido: 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v10/pdf/area\\_tematica\\_05/ponencias/0854-F.pdf](https://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v10/pdf/area_tematica_05/ponencias/0854-F.pdf)

- [16] «Sistema monofásico», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 29 de abril de 2024. Accedido: 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistema\\_monof%C3%A1sico&oldid=159780576](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistema_monof%C3%A1sico&oldid=159780576)
- [17] «IP – Grau de Proteção – Kimotor Eletromecânica». Accedido: 11 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://blog.kimotor.com.br/ip-grau-de-protecao/>
- [18] «¿Qué es la soldadura? Explicación detallada de la soldadura», Kemppi. Accedido: 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.kemppi.com/es-ES/asistencia/fundamentos-de-soldadura/que-es-la-soldadura/>
- [19] A. Fernández, «Tipos de Soldaduras», Círculo de Universidades Hispanoamericanas UAIII. Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ua3.lat/tipos-de-soldaduras/>
- [20] admin, «Conoce la importancia de las tuercas y tornillos», Sumatec. Accedido: 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://empresa.sumatec.co/conoce-la-importancia-de-las-tuercas-y-tornillos/>
- [21] C. Ibeakanma, «11 Tips for Fusion 360 Beginners», MUO. Accedido: 11 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.makeuseof.com/fusion-360-tips-beginners/>
- [22] desarrollo, «Acero Inoxidable AISI 304 | Propiedades», Empresa de mecanizado en Barcelona - Grumeber. Accedido: 5 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://grumeber.com/acero-inoxidable-aisi-304/>
- [23] «Granulometría número de malla carbón activado, Standard Sieve», Carbotecnia. Accedido: 12 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/filtracion-de-agua-liquidos/granulometria-o-numero-de-malla/>
- [24] «PI-000763 compost tesis y trituradora.pdf».
- [25] P. A. V. Hernández, A. M. Rodríguez, R. A. Puente, y E. B. Díaz, «Influencia del ángulo de deslizamiento y la velocidad de la cuchilla sobre la energía específica durante el corte de tallos de caña de azúcar», vol. 18, n.º 1, 2009.
- [26] «T-111190 Pillajo Ramírez, César & Torres Vélez, Ronny.pdf». Accedido: 5 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/52896/1/T-111190%20Pillajo%20Ram%C3%ADrez%20C%C3%A9sar%20%26%20Torres%20V%C3%A9lez%20Ronny.pdf>
- [27] R. Norton, *Diseño de Maquinaria*.
- [28] «Transmision Por Correas | PDF | Transmisión (Mecánica) | Diseño», Scribd. Accedido: 9 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/519968863/TransmisionPorCorreas>
- [29] «Relación de transmisión», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 13 de julio de 2023. Accedido: 9 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Relaci%C3%B3n\\_de\\_transmisi%C3%B3n&oldid=152445184](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Relaci%C3%B3n_de_transmisi%C3%B3n&oldid=152445184)
- [30] S. Luis, «EDITORIAL UNIVERSITARIA DE MISIONES».
- [31] «CatalogoWEG2020 (1).pdf».
- [32] «Tablas manuales Correas Roflex 2020.pdf».

## **7. ANEXO**

**7.1 ANEXO I**  
**7.1.1 PLANO ELÉCTRICO**

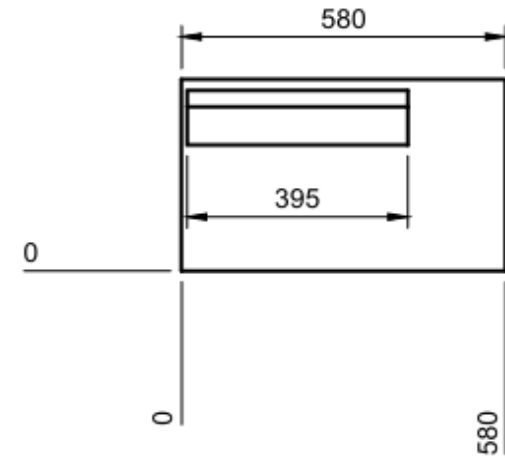
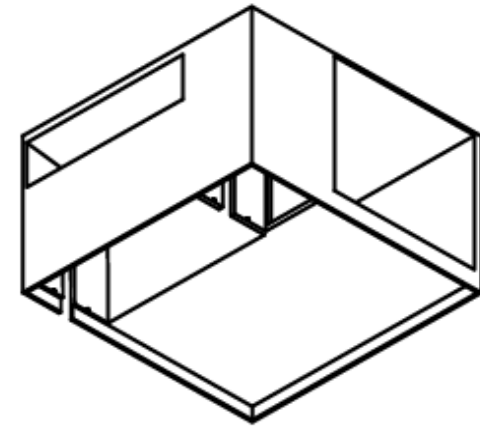
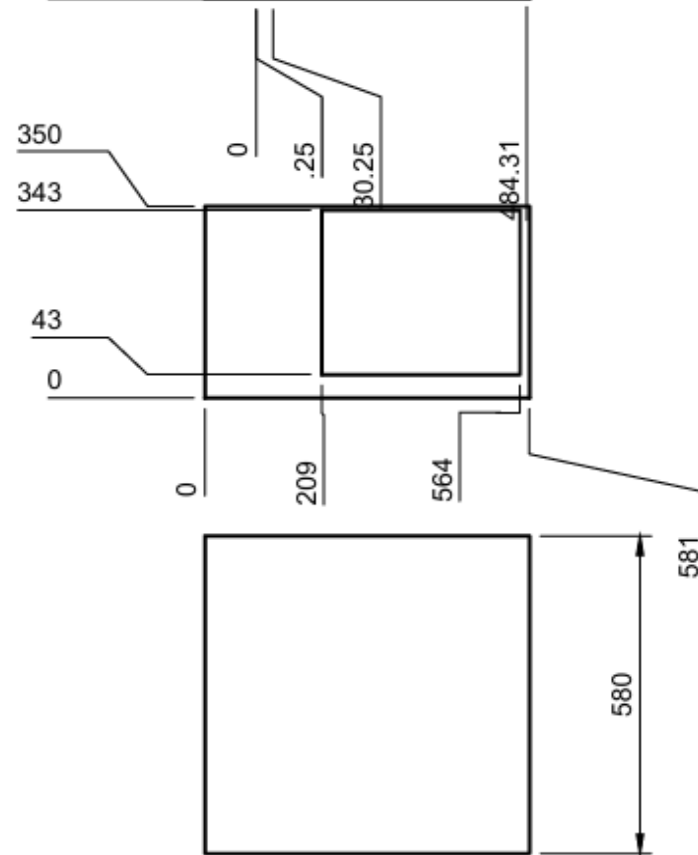
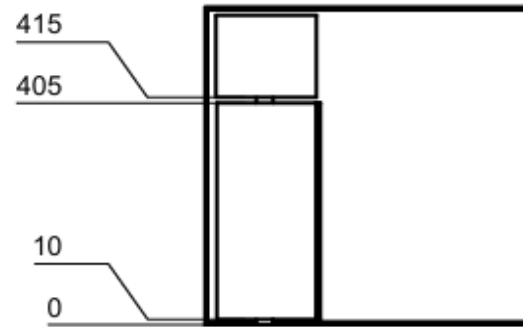
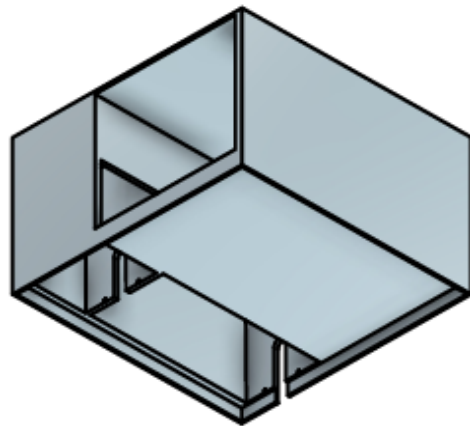
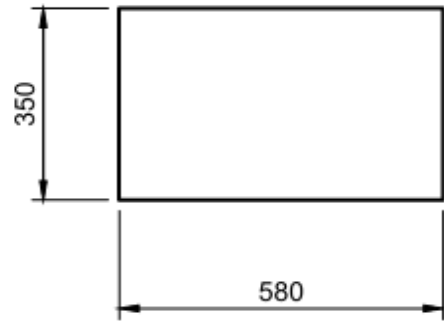


REV 1	13/02/2025		Date	2/12/2025
			Ed.	F.R.
Revisión	Fecha	Aprobado por	Original	

UNIVERSIDAD TÉCNICA COTOPAXI  
PLANO ELÉCTRICO TRITURADOR

DIAGRAMA ELÉCTRICO

**7.2 ANEXO II**  
**7.2.1 PLANOS MECÁNICOS**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FECHA:  
30/07/2025

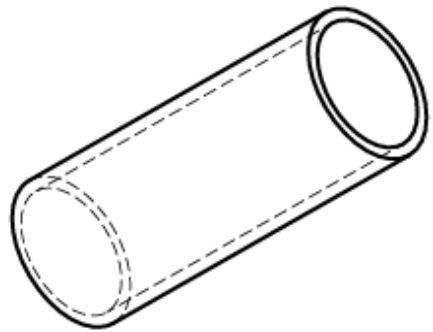
FERNANDO EDISON  
ROMERO SAMANIEGO

DIBUJO:  
Estructura

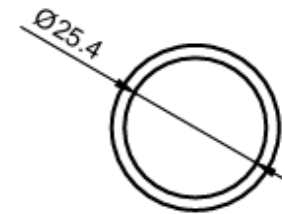
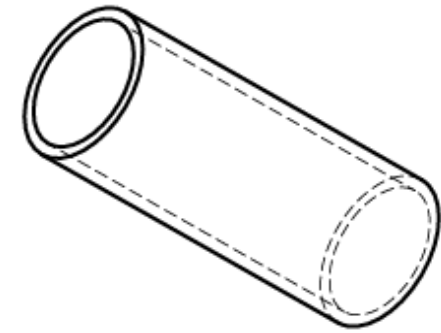
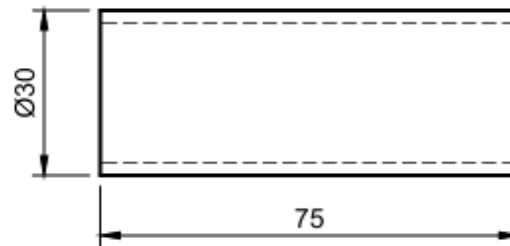
PRESENTANDO A:  
Ing. Segundo Cevallos

ESCALA:  
1:2

Marca de  
Registro



Vista Derecha



Vista Frontal



CITA  
Ingeniería  
Electromecánica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FECHA:  
30/07/2025

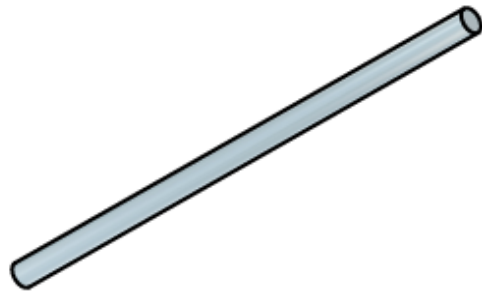
FERNANDO EDISON  
ROMERO SAMANIEGO

DIBUJO:  
Bocín

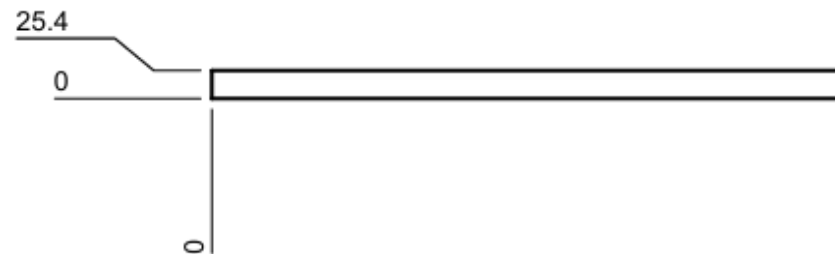
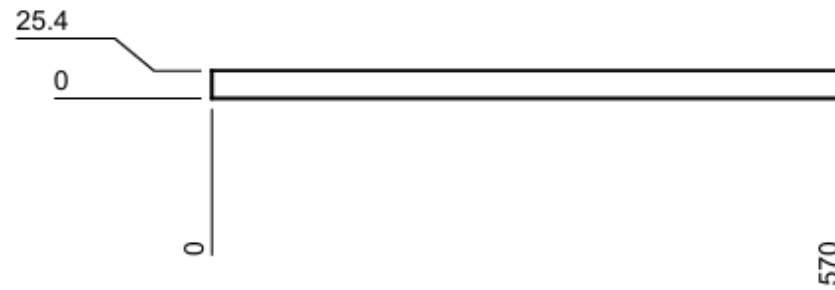
PRESENTANDO A:  
Ing. Segundo Cevallos

ESCALA:  
1:2

Marca de  
Registro



### Vista lateral izquierda



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FECHA:  
30/07/2025

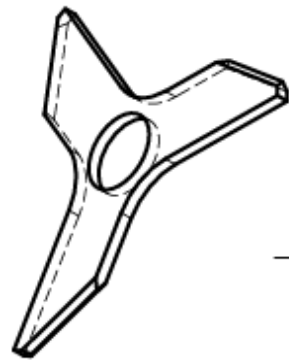
FERNANDO EDISON  
ROMERO SAMANIEGO

DIBUJO:  
Eje sólido

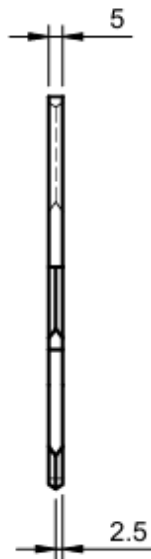
PRESENTANDO A:  
Ing. Segundo Cevallos

ESCALA:  
1:2

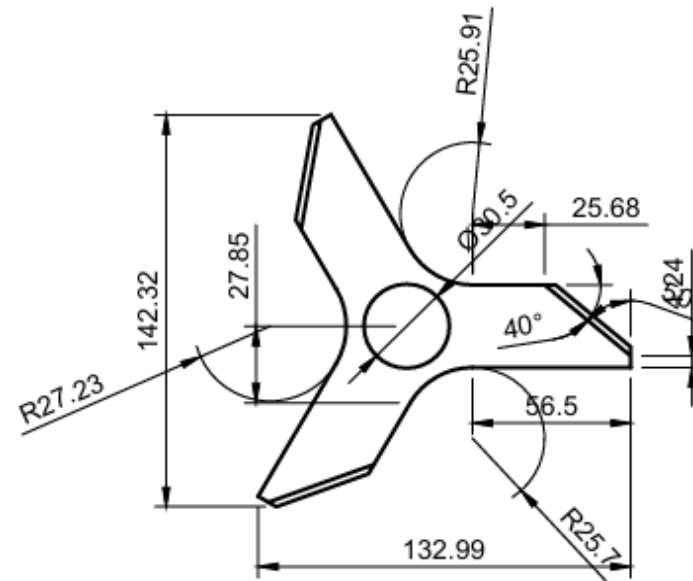
Marca de  
Registro



Vista lateral izquierda



# Vista Frontal



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FECHA:  
30/07/2025

FERNANDO EDISON  
ROMERO SAMANIEGO

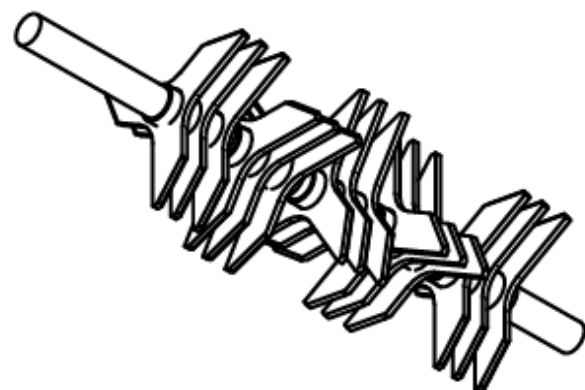
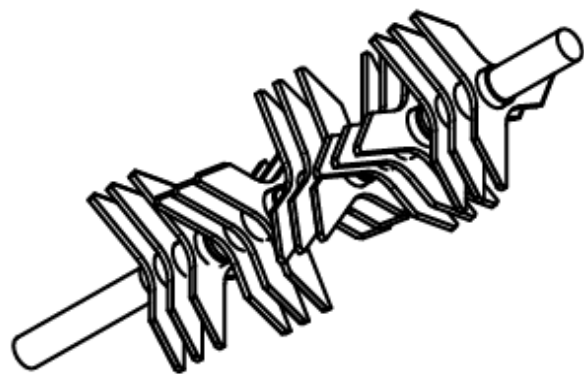
DIBUJO:  
Cuchilla

PRESENTANDO A:  
Ing. Segundo Cevallos

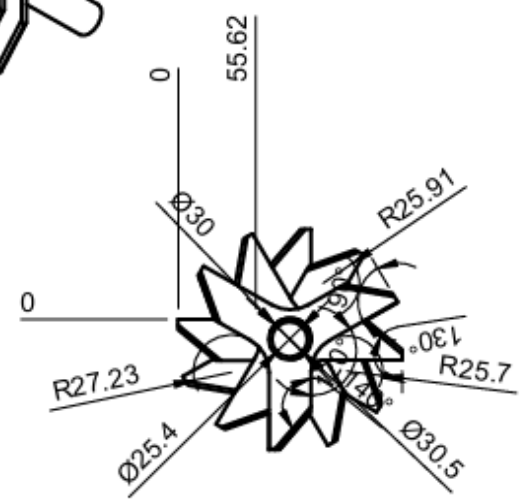
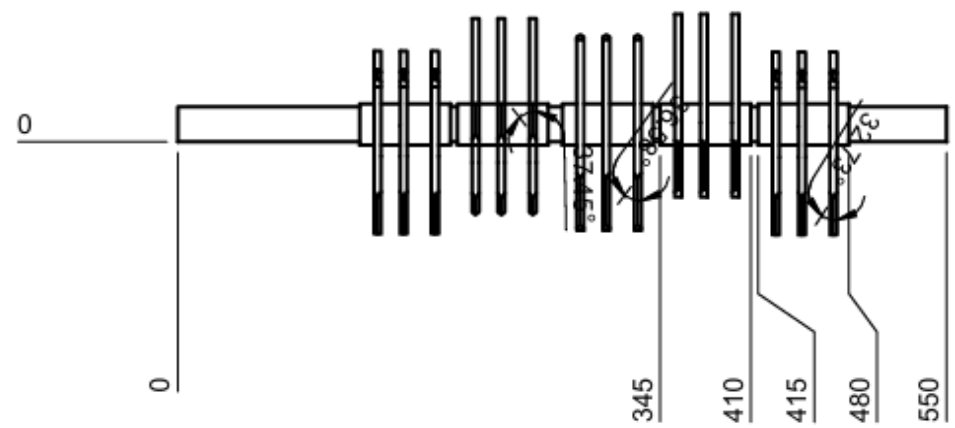
ESCALA:  
1:2

Marca de  
Registro

# Vistas isométricas



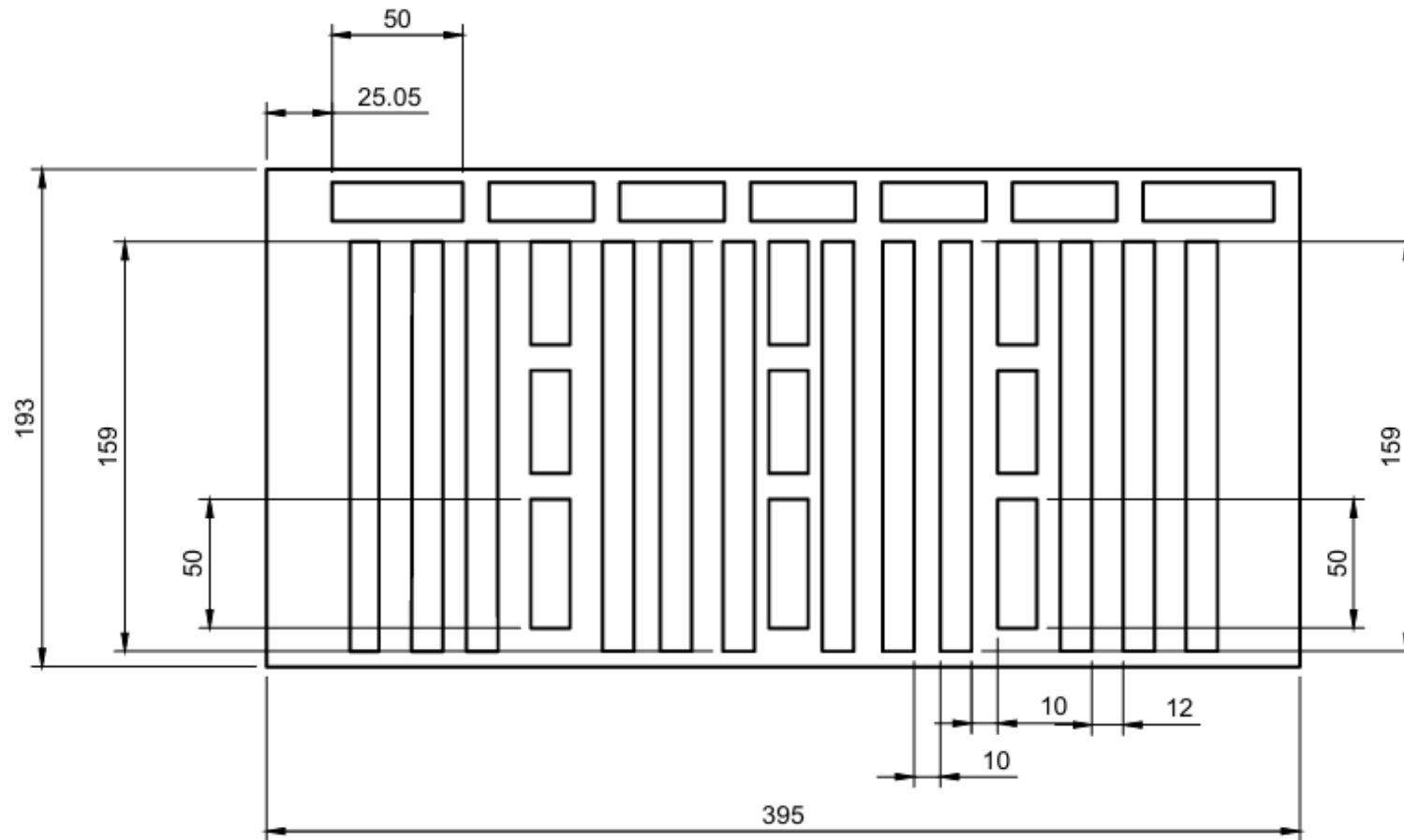
# Vista derecha



# Vista Frontal

 <p>CITA Ingeniería Electromecánica</p>	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
	FECHA: 30/07/2025	FERNANDO EDISON ROMERO SAMANIEGO	DIBUJO: Árbol de cuchillas
	PRESENTANDO A: Ing. Segundo Cevallos	ESCALA: 1:2	Marca de Registro 

# Vista superior de la malla



CYA  
Ingeniería  
Electromecánica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FECHA:  
30/07/2025

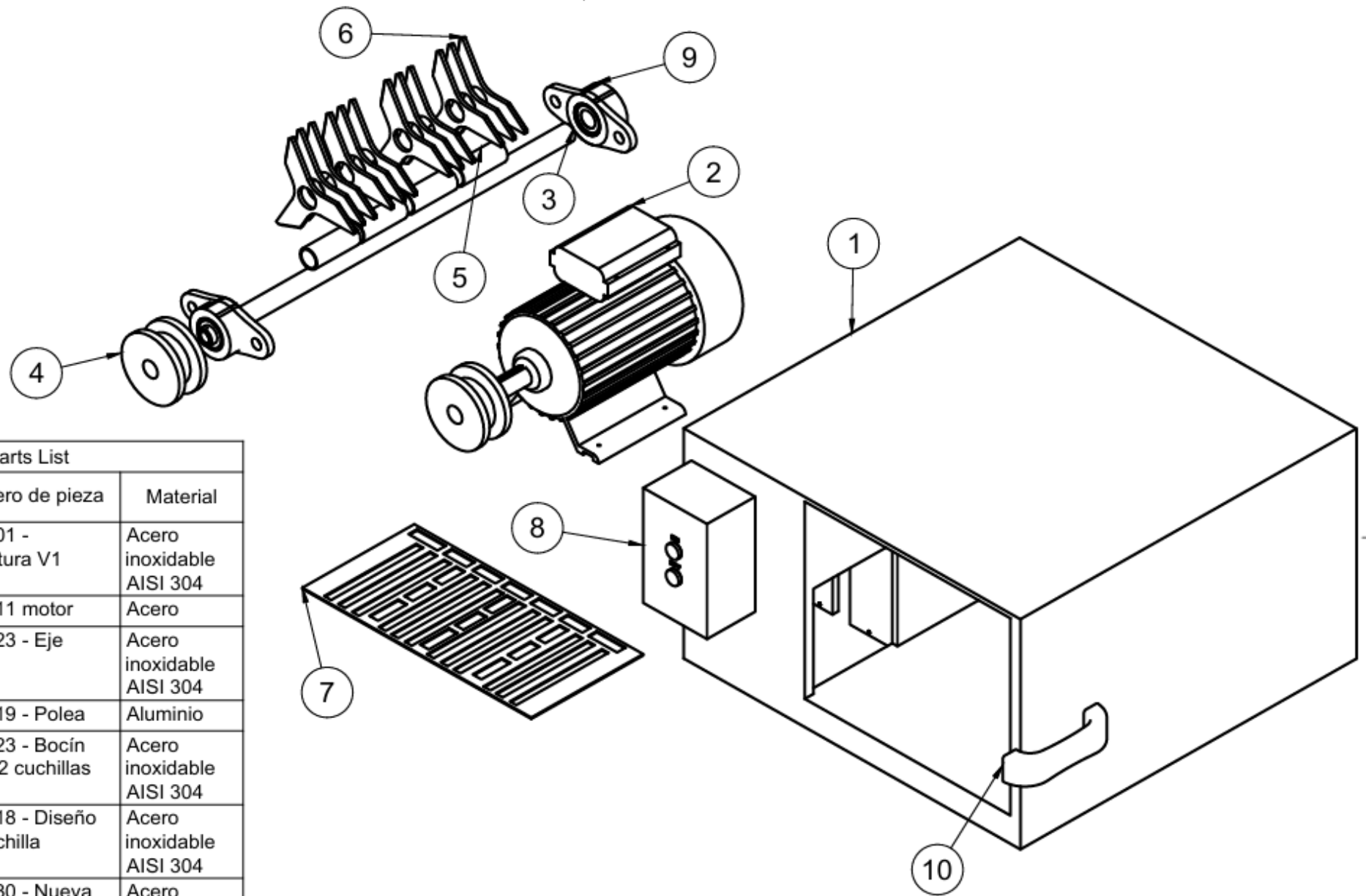
FERNANDO EDISON  
ROMERO SAMANIEGO

DIBUJO:  
Malla

PRESENTANDO A:  
Ing. Segundo Cevallos

ESCALA:  
1:2

Marca de  
Registro  
⊕



Parts List			
Elemento	Cantidad	Número de pieza	Material
1	1	Parte 01 - Estructura V1	Acero inoxidable AISI 304
2	1	Parte 11 motor	Acero
3	1	Parte 23 - Eje	Acero inoxidable AISI 304
4	2	Parte 19 - Polea	Aluminio
5	4	Parte 23 - Bocín para 12 cuchillas	Acero inoxidable AISI 304
6	12	Parte 18 - Diseño de Cuchilla	Acero inoxidable AISI 304
7	1	Parte 30 - Nueva Zaranda	Acero
8	1	Parte 09 - Pulsadores	Acero
9	2	Chumacera	Acero
10	2	Parte 09 - Manija	Acero inoxidable AISI 304

 U.T.C. Ingeniería Electromecánica	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>		
	FECHA: 30/07/2025	FERNANDO EDISON ROMERO SAMANIEGO	DIBUJO: Explotado
	PRESENTANDO A: Ing. Segundo Cevallos	ESCALA: 1:5	Marca de Registro 

### **7.3 ANEXO III**

#### **7.3.1 IMÁGENES DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN**

<b>Tabla I</b>	<b>Tema: Partes del prototipo triturador de tallos de maíz</b>	<b>1 de 2</b>
----------------	--	---------------

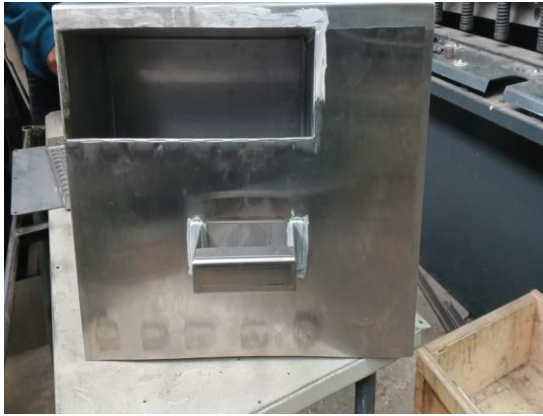


Figura 1. Limpieza de las partes soldadas en la estructura.



Figura 2. Montaje de las chumaceras y el eje.



Figura 3. Vista interna de la estructura.



Figura 4. Bocines para la unión de las cuchillas y el eje.



Figura 5. Ensamblaje de las cuchillas al eje.



Figura 6. Tipos de zaranda o mallas para la trituración.



Figura 7. Ensamblaje de la malla.



Figura 8. Polea para la transmisión de giro.



Figura 9. Vista interna del árbol de cuchillas montada en la estructura.



Figura 10. Vista interna de los elementos montados en la estructura.



Figura 11. Botón de encendido del arrancador director



Figura.12 Botón de apagado del arrancador directo.

Número o Tamaño del Tamiz	Abertura del Tamiz		203 mm. (8 pulg.) Diámetro	305 mm. (12 pulg.) Diámetro
	Estandar (mm.)	Alternativo (in.)		
<b>Serie Finas</b>				
1/4 pulg.	6,3 mm	0,250	E179-5000	E179-5800
No. 3-1/2	5,6 mm	0,223	E179-5010	E179-5810
No. 4	4,75 mm	0,187	E179-5020*	E179-5820
No. 5	4,00 mm	0,157	E179-5030	E179-5830
No. 6	3,35 mm	0,132	E179-5040	E179-5840
No. 7	2,80 mm	0,111	E179-5050	E179-5850
No. 8	2,36 mm	0,0937	E179-5060*	E179-5860
No. 10	2,00 mm	0,0787	E179-5070	E179-5870
No. 12	1,70 mm	0,0661	E179-5080	E179-5880
No. 14	1,40 mm	0,0555	E179-5090	E179-5890
No. 16	1,18 mm	0,0469	E179-5100*	E179-5900
No. 18	1,00 mm	0,0394	E179-5110	E179-5910
No. 20	850 $\mu$ m	0,331	E179-5120	E179-5920
No. 25	710 $\mu$ m	0,0278	E179-5130	E179-5930
No. 30	600 $\mu$ m	0,0234	E179-5140*	E179-5940
No. 35	500 $\mu$ m	0,0197	E179-5150	E179-5950
No. 40	425 $\mu$ m	0,0165	E179-5160	E179-5960
No. 45	355 $\mu$ m	0,0139	E179-5170	E179-5970
No. 50	300 $\mu$ m	0,0117	E179-5180*	E179-5980
No. 60	250 $\mu$ m	0,0098	E179-5190	E179-5990
No. 70	212 $\mu$ m	0,0083	E179-5200	E179-6000
No. 80	180 $\mu$ m	0,0070	E179-5210	E179-6010
No. 100	150 $\mu$ m	0,0059	E179-5220*	E179-6020
No. 120	125 $\mu$ m	0,0049	E179-5230	E179-6030
No. 140	106 $\mu$ m	0,0041	E179-5240	E179-6040
No. 170	90 $\mu$ m	0,0035	E179-5250	E179-6050
No. 200	75 $\mu$ m	0,0029	E179-5260*	E179-6060
No. 230	63 $\mu$ m	0,0025	E179-5270	E179-6070
No. 270	53 $\mu$ m	0,0021	E179-5280	E179-6080
No. 325	45 $\mu$ m	0,0017	E179-5290	E179-6090
No. 400	38 $\mu$ m	0,0015	E179-5300	E179-6100
<b>Serie Gruesa</b>				
5/16 pulg.	8,0 mm	0,312	E179-5500	E179-6200
3/8 pulg.	9,5 mm	0,375	E179-5510*	E179-6210
7/16 pulg.	11,2 mm	0,438	E179-5520	E179-6220
1/2 pulg.	12,5 mm	0,500	E179-5530*	E179-6230
5/8 pulg.	16,0 mm	0,625	E179-5550	E179-6250
3/4 pulg.	19,0 mm	0,750	E179-5560*	E179-6260
7/8 pulg.	22,4 mm	0,875	E179-5570	E179-6270
1 pulg.	25,0 mm	1,00	E179-5580	E179-6280*
1-1/4 pulg.	31,5 mm	1,25	E179-5600	E179-6300
1-1/2 pulg.	38,1 mm	1,50	E179-5610	E179-6310*
1-3/4 pulg.	45 mm	1,75	E179-5620	E179-6320
2 pulg.	50 mm	2,00	E179-5630	E179-6330
2-1/2 pulg.	63 mm	2,50	E179-5650	E179-6350*
3 pulg.	75 mm	3,00	E179-5660	E179-6360*
3-1/2 pulg.	90 mm	3,50	E179-5670	E179-6370*
4 pulg.	100 mm	4,00	E179-5680	E179-6380*
Bandeja			E179-5410*	E179-6160*
Bandeja con borde extendido			E179-5415	E179-6165
Tapa sin anillo			E179-5400*	E179-6150*
Tapa con anillo			E179-5405	

Figura 13. Medidas de granulometría para zaranda o malla.

Grado	Dureza Brinell	Velocidad (sfm)	Avance (ipr)	RPM	Pulgadas de recorrido lineal de la herramienta por minuto	Recorrido de la herramienta como % del 1018
1018	126	130	0.0019	497	0.9443	100
10L18	126	150	0.0021	573	1.2033	127
1117	137	150	0.0022	573	1.2606	133
11L17	137	172	0.0024	649	1.5576	165

Figura 14. Tabla de valores para el cálculo de RPM.

**MOTOR MONOFÁSICO CERRADO IP55 1800RPM - 4 POLOS**



Código	Potencia	Carcasa	Voltaje VAC	Forma Construc.	Modelo	Precio
14138045	0.25HP (0.18kW)	63	110 - 220	B3L	W22	118.68
14369558	0.5HP (0.37kW)	71	110 - 220	B3L	W22	139.45
14138047	0.75HP (0.55kW)	80	110 - 220	B3L	W22	156.57
14016484	1HP (0.75kW)	90S	220	B3L	W22	218.38
14217378	1HP (0.75kW)	90S	110 - 220	B3L	W22	247.63
14020545	1.5HP (1.1kW)	90L	110 - 220	B3L	W22	325.96
14138120	1.5HP (1.1kW)	90L	220	B3L	W22	271.29
14001167	2HP (1.5kW)	100L	220	B3L	W22	347.55
13841626	3HP (2.2kW)	112M	220	B3L	W22	373.95
13797390	5HP (3.7kW)	132SM	220	B3L	W22	550.34
13842093	7.5HP (5.5kW)	132M	220	B3L	W22	634.07
13797314	10HP (7.5kW)	132M	220	B3L	W22	720.43

Figura 15. Tabla de los tipos de motores existentes en el mercado nacional.

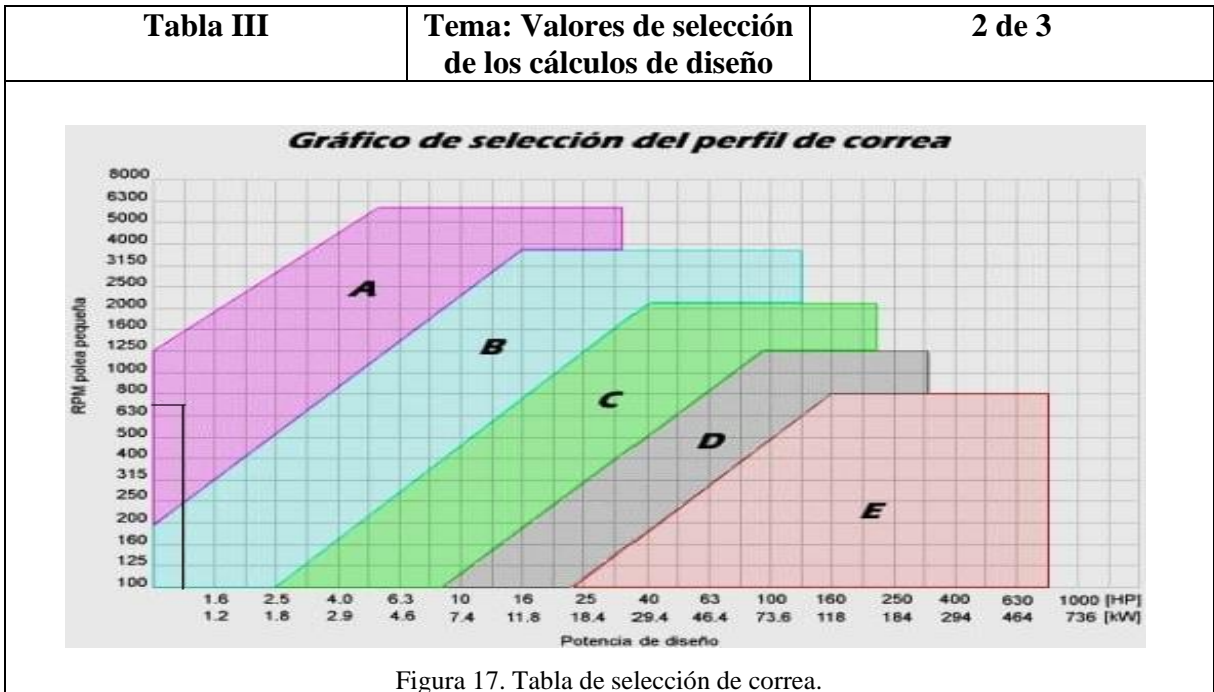
Los datos del motor seleccionado son:

Tabla 7.1. Datos del motor seleccionado.

Potencia	0,33 [HP]
Rendimiento	80 % (adimensional)
Factor de potencia	0,88 (adimensional)
Peso	23,3 (Kg)
n	1800 (RPM)

Factor de servicio	<b>Motores eléctricos</b> ·De CA monofásicos ·Asincrónicos ·Jaula de ardilla de par normal ·De CC bobinado shunt <b>Motores a gas</b> <b>Motores de combustión interna policilíndricas</b>	<b>Motores eléctricos:</b> ·De CA con par de gran potencia ·De rotor bobinado y anillos rozantes ·De CC bobinado compound <b>Motores monocilíndricos</b> <b>Ejes de transmisión</b> <b>Tomas de fuerza con embrague</b>
- Agitadores de líquidos - Ventiladores pequeños y medianos - Bombas centrífugas	1,0 a 1,2	1,1 a 1,3
- Punzonadoras - Mezcladoras pequeñas y medianas - Generadores - Compresores de tornillo - Cizallas - Prensas - Máquinas de imprenta - Cribas vibratorias	1,1 a 1,3	1,2 a 1,4

Figura 16. Tabla de valores para el factor de servicio.



LONGITUDES PRIMITIVAS DE LAS CORREAS					
Nº	Perfil A (13 x 8)	Perfil B (17 x 10,5)	Perfil C (22 x 13,5)	Perfil D (32 x 19)	Perfil E (40 x 25)
26	690				
28	741				
31	817				
35	919	932			
38	995	1008			
42	1097	1110			
46	1198	1211			
51	1325	1338	1347		
55	1427	1440			
60	1554	1567	1576		
64	1656	1669			
68	1757	1770	1779		
71	1833	1846			
75	1935	1948	1957		
80	2062	2079	2084		

Figura 18. Tabla de longitud primitiva de la correa.

SECCION A (13x8)																				
Diámetro polea chica		Relación de velocidad 1 : i	RPM DE LA POLEA PEQUEÑA																	
mm	pulg		200	400	720	800	950	1200	1450	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3200	3600	4000	4500
63	2.50	1.00	0.17	0.28	0.40	0.44	0.49	0.55	0.61	0.63	0.67	0.69	0.72	0.74	0.75	0.75	0.75	0.73	0.68	0.58
		1.05	0.17	0.28	0.41	0.45	0.50	0.57	0.63	0.66	0.69	0.72	0.74	0.77	0.78	0.78	0.78	0.75	0.70	0.61
		1.20	0.18	0.29	0.43	0.46	0.51	0.58	0.64	0.68	0.72	0.74	0.77	0.79	0.80	0.80	0.80	0.78	0.73	0.62
		1.50	0.18	0.30	0.44	0.47	0.53	0.61	0.67	0.70	0.74	0.77	0.79	0.81	0.83	0.84	0.83	0.80	0.74	0.64
		<=	3.00	0.19	0.32	0.45	0.50	0.55	0.62	0.69	0.73	0.77	0.79	0.81	0.84	0.85	0.86	0.85	0.83	0.77
71	2.80	1.00	0.23	0.39	0.58	0.63	0.72	0.84	0.95	1.01	1.09	1.15	1.21	1.26	1.31	1.36	1.41	1.45	1.45	1.40
		1.05	0.23	0.40	0.60	0.66	0.74	0.87	0.98	1.04	1.13	1.19	1.26	1.31	1.36	1.40	1.46	1.49	1.49	1.45
		1.20	0.24	0.41	0.62	0.68	0.77	0.90	1.02	1.08	1.17	1.24	1.30	1.36	1.41	1.45	1.51	1.54	1.54	1.49
		1.50	0.26	0.43	0.64	0.70	0.79	0.94	1.06	1.12	1.20	1.28	1.35	1.40	1.46	1.49	1.57	1.59	1.59	1.54
		3.00	0.26	0.44	0.66	0.73	0.81	0.96	1.08	1.15	1.24	1.31	1.38	1.45	1.49	1.54	1.62	1.64	1.64	1.59

Tabla III

Tema: Valores de selección de los cálculos de diseño

3 de 3

CORREA No.	26	28	31	35	38	42	46	51	55	60	64	68	75	85	97	112	120	128
Longitud correa mm	690	741	817	917	995	1097	1198	1325	1427	1554	1656	1757	1935	2189	2494	2875	3078	3281
Factor de corrección $C_2$	0.81	0.82	0.84	0.87	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	0.99	1.00	1.02	1.05	1.08	1.11	1.13	1.14

Figura 20. Factor de corrección de la correa.

$(D_p - d_p)/C$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4
Arco de contacto	180°	174°	169°	163°	157°	151°	145°	139°	133°	127°	120°	113°	106°	99°	91°
Factor de corrección	1	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.89	0.87	0.85	0.82	0.8	0.77	0.73	0.7

Figura 21. Arco de contacto de la correa.

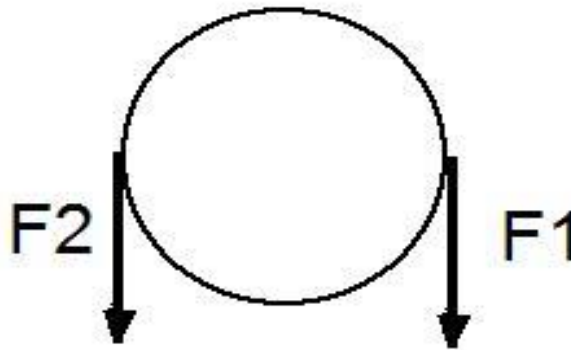


Figura 22. Diagrama de cuerpo libre de la polea.

### 7.3.1.1 Análisis de la polea

$$Mt = 71620 \cdot \frac{HP \cdot \eta}{n} = 71620 \cdot \frac{0.5 \cdot 0,729}{2000} = 13,052 \left( \frac{kgf}{cm} \right)$$

$F1 > F2$

Tenemos que:

$$F1 = F2 \cdot e^{\theta \varphi}$$

$\varphi$ : coeficiente de rozamiento correa – polea

$\theta$ : angulo de contacto correa – polea

Asumiendo  $\varphi = 0,35$ , tenemos:

$$\theta = 180 - \frac{(dp - dp) \cdot 60}{C} = 180 - \frac{(113,4 - 70) \cdot 60}{204,9} = 165,242^\circ = 2,884 \text{ (rad)}$$

Ahora tenemos que:

$$F1 = F2 \cdot e^{0,35 \cdot 2,96} \rightarrow F1 = 2,744 \cdot F2$$

$$Mt = Ft \cdot rp \rightarrow 2 \cdot Mt = Ft \cdot Dp$$

$$Ft = Fu = F1 - F2$$

$$\therefore 2 \cdot Mt = (F1 - F2) \cdot Dp \rightarrow 2 \cdot Mt = (2,744 \cdot F2 - F2) \cdot Dp$$

$$2 \cdot 13 = (1,744 \cdot F2) \cdot 11,34 \rightarrow F2 = 1,37 \text{ (kgf)}$$

$$F1 = 2,744 \cdot F2 = 2,744 \cdot 1,37 = 3,801 \text{ (kgf)}$$

Con  $F1$  y  $F2$  nos disponemos a calcular la fuerza vertical y horizontal de la polea:

$$Fv = (F1 + F2) \cos(\alpha)$$

$$Fh = (F1 + F2) \sin(\alpha)$$

$$\alpha = 180 - \theta = 180 - 165,242 = 14,758^\circ$$

$$Fv = (3,801 + 1,37) \cdot \cos(14,758) = 5 \text{ (kgf)}$$

$$Fh = (3,801 + 1,37) \cdot \sin(14,758) = 1,31 \text{ (kgf)}$$

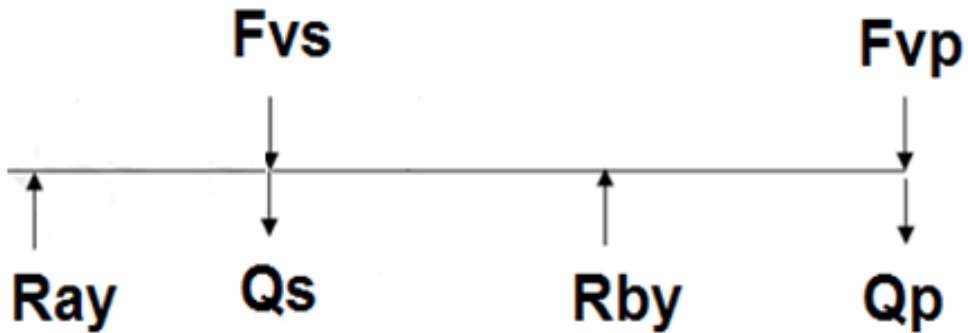


Figura 23. Diagrama de cuerpo libre sin uñeta.

**7.3.2 Cálculo del árbol de transmisión**

Fuerzas necesarias para el análisis del árbol de transmisión:

$F_{hs} = 6,374 \text{ (kgf)} = 14,05 \text{ (lbf)} \rightarrow$  fuerza horizontal cuchilla

$F_{vs} = 2,795 \text{ (kgf)} = 6,16 \text{ (lbf)} \rightarrow$  fuerza vertical cuchilla

$F_{hp} = 1,31 \text{ (kgf)} = 22,2 \text{ (lbf)} \rightarrow$  fuerza horizontal polea

$F_{vp} = 5 \text{ (kgf)} = 84,31 \text{ (lbf)} \rightarrow$  fuerza vertical polea

$F_{hsu} = 7,33 \text{ (kgf)} = 14,05 \text{ (lbf)} \rightarrow$  fuerza horizontal cuchilla con uñeta

$F_{vsu} = 3,2143 \text{ (kgf)} = 7,09 \text{ (lbf)} \rightarrow$  fuerza vertical cuchilla con uñeta

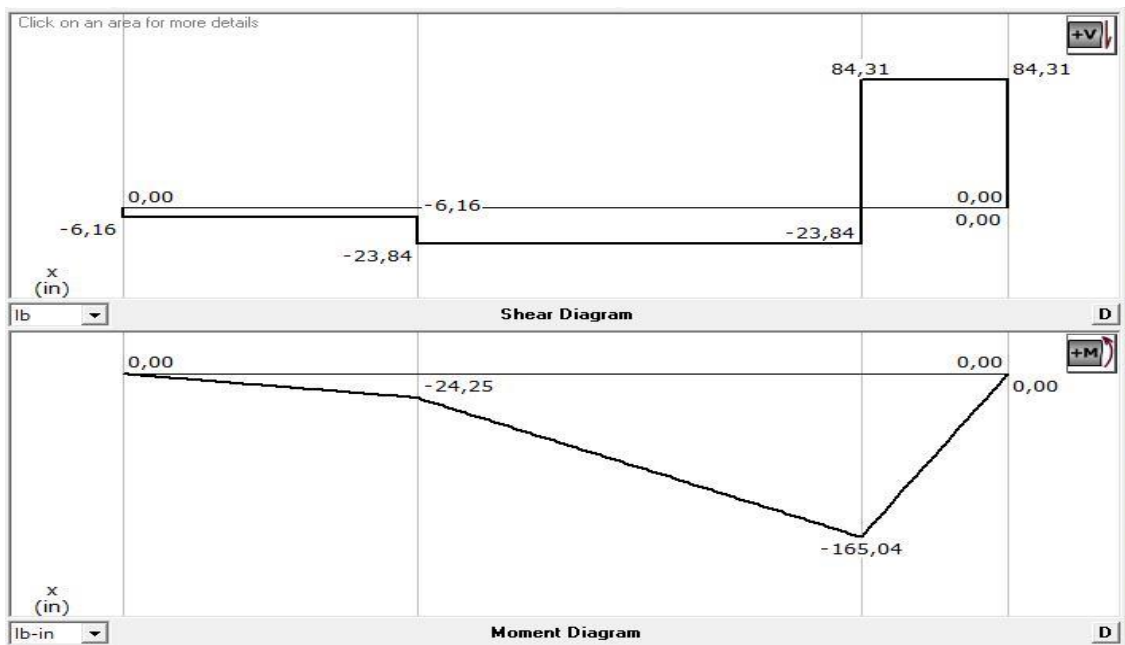


Figura 24. Diagrama de momentun.

**7.3.2.1 DCL vertical sin uñeta**

Véase el diagrama de cuerpo libre vertical sin uñeta en el Anexo III Tabla IV página 8.

$$\sum F = 0 \rightarrow Ray + Rby - (Fvs + Qs + Fvp + Qp) = 0$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow 3,937 \cdot Fvs + 5,90551 \cdot Rby - 7,874 \cdot Fvp = 0$$

$$Rby = \frac{7,874 \cdot Fvp - 3,937 \cdot Fvs}{5,90551} = \frac{7,874 \cdot 84,31 - 3,937 \cdot 6,16}{5,90551}$$

$$Rby = 108,31 \text{ (lbf)}$$

$$\therefore Ray = 17,84 \text{ (lbf)}$$

Véase la figura de valores de onda en el esfuerzo o momentun en el Anexo III Tabla IV página 8.

$$M_{max} = 165,04 \left( \frac{\text{lbf}}{\text{in}} \right)$$

$$Mva = 24,25 \left( \frac{\text{lbf}}{\text{in}} \right)$$

$$Mvb = 165,04 \left( \frac{\text{lbf}}{\text{in}} \right)$$

<b>Tabla IV</b>	<b>Tema: Diagrama de cuerpo libre</b>	<b>2 de 4</b>
-----------------	---------------------------------------	---------------

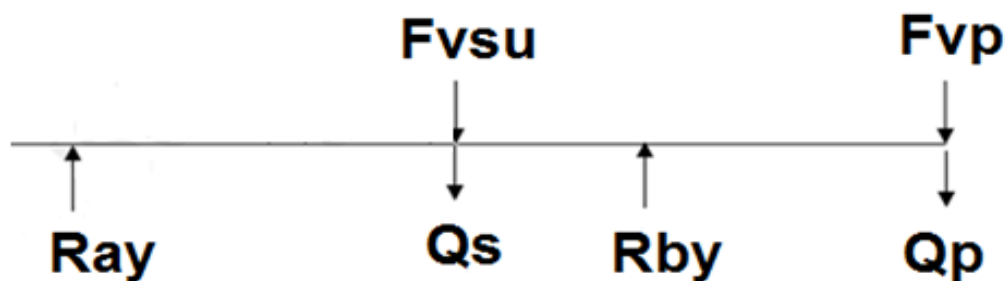


Figura 25. Diagrama de cuerpo libre con uñeta.

### 7.3.2.2 DCL vertical con uñeta

Véase la figura de diagrama de cuerpo libre vertical con uñeta en el Anexo III Tabla IV página 9.

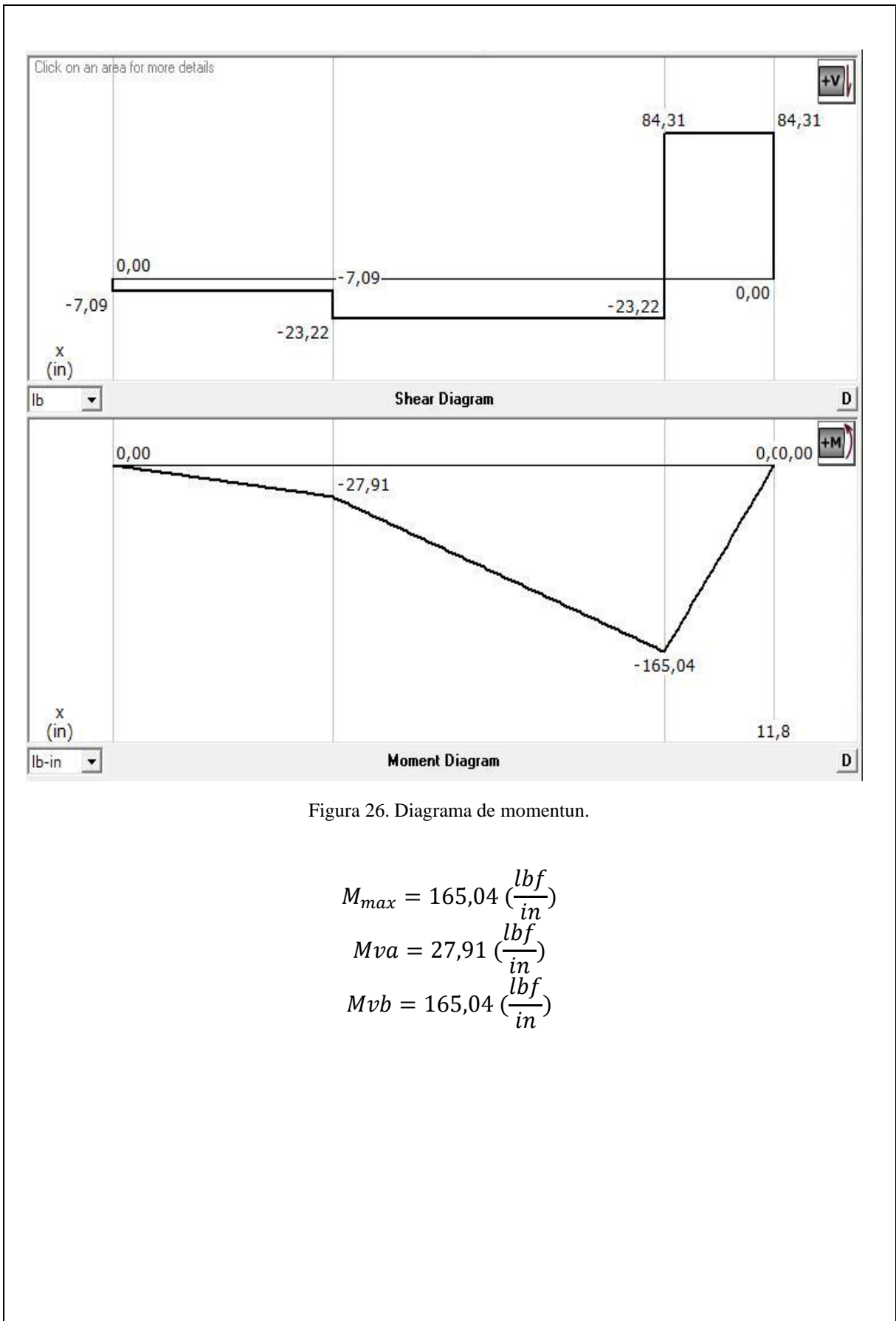
$$\sum F = 0 \rightarrow Ray + Rby - (Fvsu + Qs + Fvp + Qp) = 0$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow 3,937 \cdot Fvsu + 5,90551 \cdot Rby - 7,874 \cdot Fvp = 0$$

$$Rby = \frac{7,874 \cdot Fvp - 3,937 \cdot Fvsu}{5,90551} = \frac{7,874 \cdot 84,31 - 3,937 \cdot 7,09}{5,90551}$$

$$Rby = 107,69 \text{ (lbf)}$$

$$\therefore Ray = 16,29 \text{ (lbf)}$$



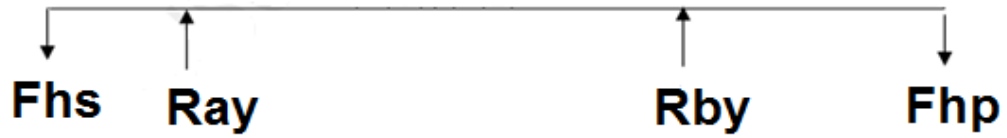


Figura 27. Diagrama de cuerpo libre de las fuerzas ejercidas en la cuchilla.

Figura 28. Diagrama de momentun.

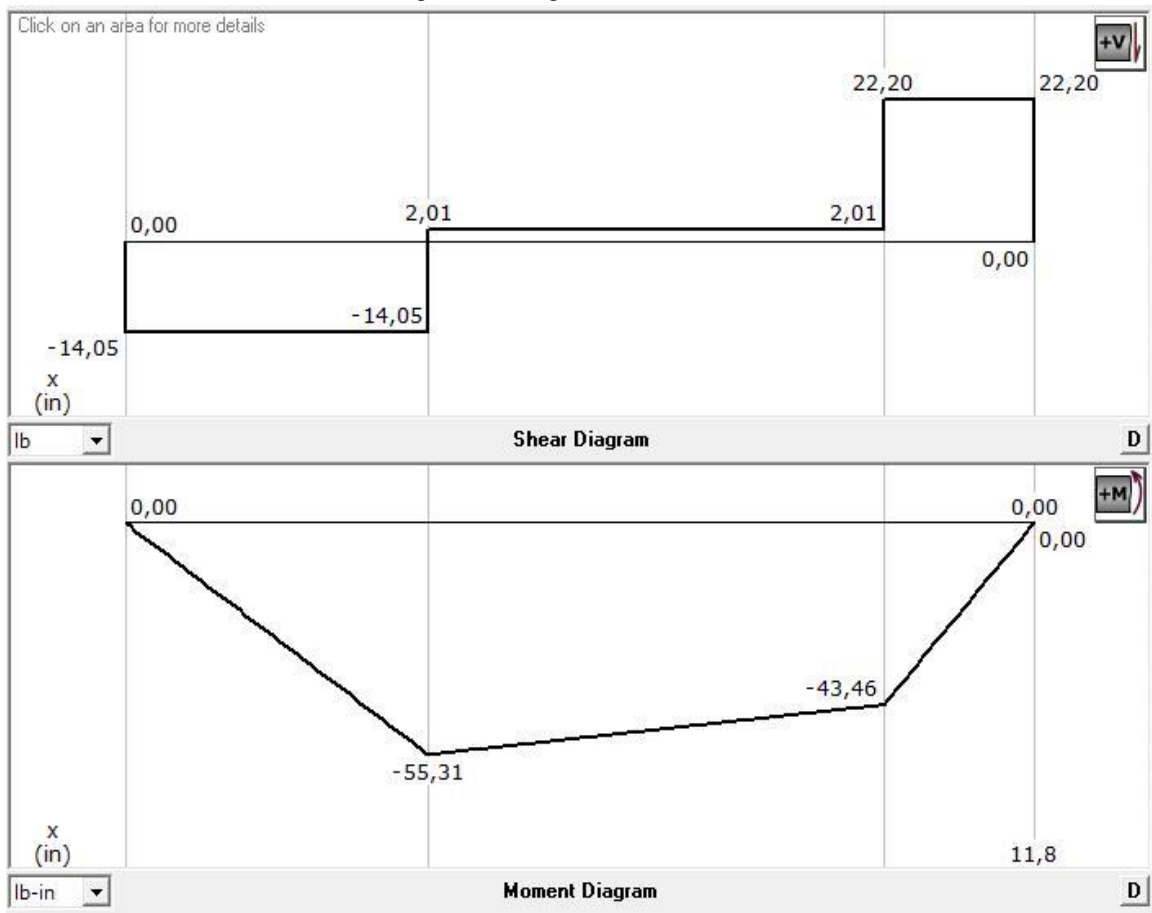


Figura 28. Diagrama de momentun.

**7.3.2.3 DCL horizontal sin uñeta**

Véase la figura de cuerpo libre horizontal sin uñeta en el Anexo III Tabla IV página 10.

$$\sum F = 0 \rightarrow Rax + Rbx - (Fhs + Fhp) = 0$$

$$\sum MA = 0 \rightarrow 3,937 \cdot Fhs + 5,90551 \cdot Rbx - 7,874 \cdot Fhp = 0$$

$$Rbx = \frac{7,874 \cdot Fhp - 3,937 \cdot Fhs}{5,90551} = \frac{7,874 \cdot 22,2 - 3,937 \cdot 14,05}{5,90551}$$

$$Rbx = 20,2333 \text{ (lbf)}$$

$$\therefore Rax = 16,02 \text{ (lbf)}$$

Véase la figura de diagrama de onda en el Anexo III Tabla IV página 10.

$$M_{max} = 55,31 \left(\frac{lbf}{in}\right)$$

$$M_{ha} = 55,31 \left(\frac{lbf}{in}\right)$$

$$M_{hb} = 43,46 \left(\frac{lbf}{in}\right)$$

<b>Tabla IV</b>	<b>Tema: Diagrama de cuerpo libre</b>	<b>4 de 4</b>
-----------------	---------------------------------------	---------------



Figura 29. Diagrama de cuerpo libre de la cuchilla con carga.

**7.3.2.4 DCL horizontal con uñeta:**

Véase la figura de el diagrama de cuerpo libre horizontal con uñeta en el Anexo III Tabla IV página 11.

$$\sum F = 0 \rightarrow Rax + Rbx - (Fhsu + Fhp) = 0$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow 3,937 \cdot Fhsu + 5,90551 \cdot Rbx - 7,874 \cdot Fhp = 0$$

$$Rbx = \frac{7,874 \cdot Fhp - 3,937 \cdot Fhsu}{5,90551} = \frac{7,874 \cdot 22,2 - 3,937 \cdot 16,16}{5,90551}$$

$$Rbx = 18,83 (lbf)$$

$$\therefore Rax = 19,53 (lbf)$$

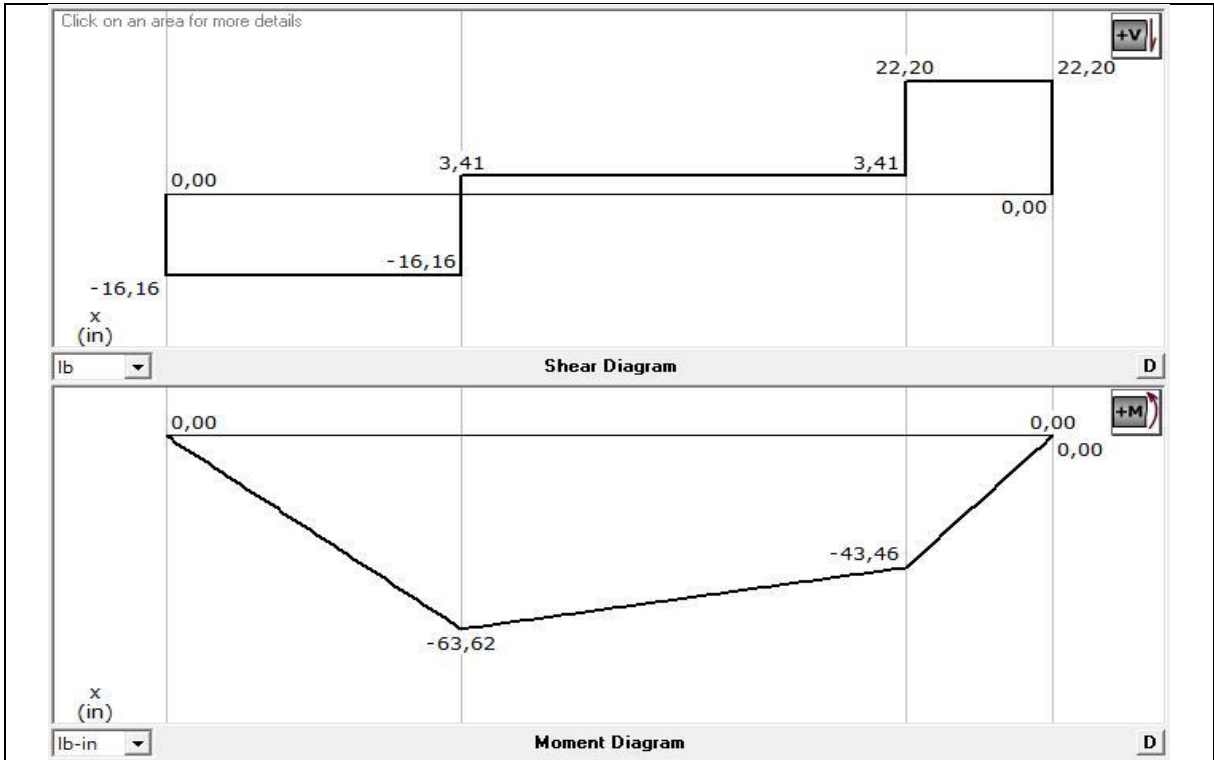


Figura 30. Diagrama de momentun.

$$M_{max} = 63,62 \left( \frac{lbf}{in} \right)$$

$$M_{ha} = 63,62 \left( \frac{lbf}{in} \right)$$

$$M_{hb} = 43,46 \left( \frac{lbf}{in} \right)$$

$$M_{total \text{ en A sin uñeta}} = \sqrt{24,25^2 + 55,31^2} = 60,39 \text{ (lbf - in)}$$

$$M_{total \text{ en B sin uñeta}} = \sqrt{165,04^2 + 43,46^2} = 170,666 \text{ (lbf - in)}$$

$$M_{total \text{ en A con uñeta}} = \sqrt{27,91^2 + 63,62^2} = 69,473 \text{ (lbf - in)}$$

$$M_{total \text{ en B con uñeta}} = \sqrt{165,04^2 + 43,46^2} = 170,666 \text{ (lbf - in)}$$

Según los resultados obtenidos, tanto para la cuchilla el punto crítico del árbol se encuentra en el rodamiento B, con un momento total máximo de:  $M_{max} = 170,666 \left( \frac{lbf}{in} \right) = 197 \left( \frac{kgf}{cm} \right)$

Como se sabe el material del árbol será de acero de la serie 10.11L17, los esfuerzos de ruptura y fluencia correspondiente serán:

$$S_{ut} = 620 \text{ (MPa)}$$

$$S_{yt} = 340 \text{ (MPa)}$$

Incluyendo la teoría de corte máximo junto con la ecuación de Soderbergh tenemos la siguiente relación:

$$d^3 = \frac{32 \cdot nd}{\pi} \sqrt{\left[ \frac{M_{b_{max}}}{S_e} \right]^2 + \left[ \frac{\tau_{max}}{S_{yt}} \right]^2}$$

### 7.3.2.5 Esfuerzo de corte máximo

En el esfuerzo de corte máximo se emplea los cálculos realizados con anterioridad y se obtiene:

$$T_{max} = T_{max} \cdot k_{torsión} = 104,422 \cdot 1,4 = 146,2 \text{ (kgf/cm)}$$

### 7.3.2.6 Momento flector

Para el cálculo del momento flector se usó el momento  $M_b$  máximo multiplicada por la constante y se obtiene:

$$M_{b_{max}} = M_{b_{max}} \cdot k_t = 170,666 \cdot 1,6 = 307,2 \left( \frac{kgf}{cm} \right)$$

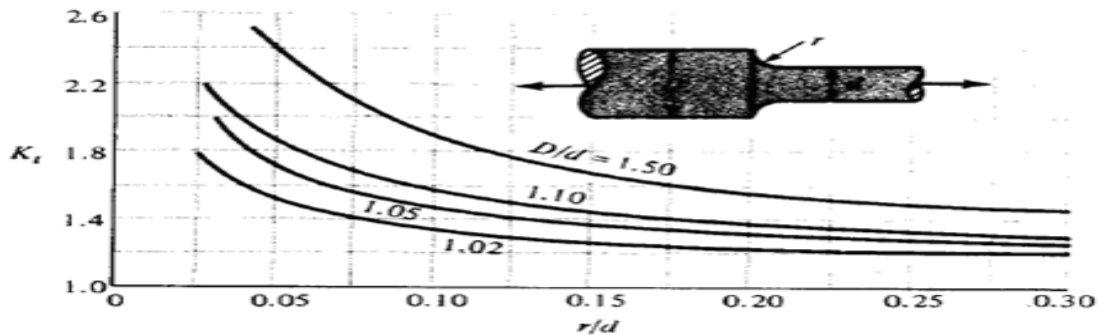


Figura 31. Diagrama de cuerpo libre del árbol de transmisión.

### 7.3.2.7 Fatiga en el árbol

$$S_e = S_e' \cdot (K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e \cdot K_f')$$

$$S_e' = 0,5 \cdot S_{ut} = 0,5 \cdot 620 = 310 \text{ (MPa)}$$

$$K_a = A \cdot S_{ut}^b = 4,51 \cdot 620^{-0,265} = 0,82$$

$$K_b = 0,8$$

$$K_c = 1 \rightarrow \text{flexión}$$

$$K_d = 1 \rightarrow T^\circ \text{ ambiente}$$

$$K_e = \frac{1}{K_f}$$

$$K_f = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

Para obtener  $k_t$  se asumió que:

$$\frac{D}{d} = \frac{2 \cdot d}{1,5 \cdot d} = 1,75$$

$$\frac{r}{d} = \frac{0,15 \cdot d}{d} = 0,15$$

Con estos valores de  $D/d$  y  $r/d$ , vamos al siguiente gráfico y obtenemos  $K_t$ :

Véase la figura de valores de fatiga del árbol en el Anexo III Tabla IV página 11.

$$K_t = 1,6$$

$$q = \frac{1}{1 + \sqrt{a/r}}$$

$$\sqrt{a} = 0,07 \rightarrow \text{Por } S_{ut} = 90 \text{ (Ksi)}$$

$$\therefore q = \frac{1}{1 + 0,07/\sqrt{0,07874}} = 0,8004$$

$$\therefore K_f = 1 + 0,8004 \cdot (1,6 - 1) = 1,48$$

$$\therefore K_e = \frac{1}{1,48} = 0,6757$$

$$K_f' = 1 \rightarrow \text{confiabilidad del 50\%}$$

Ahora tenemos:

$$S_e = 310 \cdot (0,82 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,6757 \cdot 1) = 137,41 \text{ (MPa)}$$

$$d^3 = \frac{32 \cdot 2,8}{\pi} \sqrt{\left[\frac{273,1}{137,41 \cdot 10^6}\right]^2 + \left[\frac{140,97}{340 \cdot 10^6}\right]^2} \rightarrow d = 0,0387 \text{ (m)} = 38,7 \text{ (mm)}$$

Para la selección comercial se asume un diámetro de eje de:

$$d = 40 \text{ (mm)} = 1,5748 \text{ (in)}$$

### 7.3.2.8 Torque de Corte

$$\tau_{max} = \frac{F}{A_{corte}} = \frac{F}{w \cdot L} \leq \tau_{adm}$$

$$L = \frac{F}{w \cdot \tau_{adm}} = \frac{115,11 \cdot 3}{(3/8) \cdot 87 \cdot 10^3} = 0,011 \text{ (in)}$$

<b>Tabla V</b>	<b>Tema: Valoración del rango de implementación del prototipo triturador de tallos de maíz</b>	<b>1 de 1</b>
<b>Valor</b>	<b>Significado específico para el proyecto</b>	<b>Justificación técnica aplicada al contexto</b>
1	Muy deficiente para el entorno rural	La alternativa no es viable para comunidades rurales debido a su complejidad de fabricación, necesidad de maquinaria especializada porque no se adapta a las condiciones de trabajo con tallos de maíz.
2	Deficiente, con limitaciones	Cumple parcialmente el objetivo, pero presenta barreras importantes como mantenimiento complicado, difícil acceso a repuestos, baja seguridad o poca adaptabilidad al tipo de residuo agrícola. Su aplicación requiere supervisión técnica o infraestructura adicional.
3	Aceptable, cumple con lo mínimo requerido	Puede funcionar en el entorno rural, pero tiene limitaciones prácticas, requiere ajustes o adaptaciones para funcionar eficientemente con tallos de maíz, la fabricación es posible, pero con recursos intermedios. Riesgo moderado en operación o mantenimiento.

4	Bueno, adaptable al contexto y técnicamente sólido	Alternativa técnicamente factible para comunidades rurales, su fabricación, operación y mantenimiento son posibles con medio locales. Maneja adecuadamente los tallos de maíz y cumple con criterios de seguridad, ergonomía y eficiencia energética.
5	Óptimo para zonas rurales y residuos agrícolas	La alternativa se adapta perfectamente a las condiciones rurales como de fácil fabricación localmente, mantenimiento sencillo, uso eficiente de energía y alta seguridad. Permite procesar tallos de maíz con resultados controlados y confiables, su implementación es viable, sostenible a largo plazo.

<b>Tabla VI</b>	<b>Tema: Justificación detallada de la puntuación por subcriterio en la selección de alternativas</b>		<b>1 de 1</b>
<b>Criterio</b>	<b>Subcriterio</b>	<b>Valoración (1-5)</b>	<b>Justificación técnica enfocada al proyecto</b>
Fabricación	Fácil ensamblaje	1 a 4	La trituradora de cuchillas fue calificada con 4 debido a su estructura simple, modular y de bajo número de componentes, lo que facilita su montaje en campo. La de matillos obtuvo 2 porque requiere ajustes más complejos en los ejes. La giratoria recibió 1 por su diseño robusto y armado más técnico.
Fabricación	Construcción sencilla	1 a 4	La cuchilla recibió 4 porque sus piezas pueden ser fabricadas

			localmente con maquinaria básica (plasma, torno). El de martillo, 2, ya que necesita piezas balanceadas. La giratoria, 1, implica procesos industriales no disponibles en zonas rurales.
Fabricación	Disponibilidad de materiales	4	Todas las alternativas fueron calificadas con 4, ya que utilizan acero común, perfiles y elementos mecánicos que pueden conseguirse en el mercado ecuatoriano sin dificultad.
Ergonomía	Acceso a mantenimiento	2 a 4	La cuchilla, 4, por tener cuchillas desmontables accesibles. Las de martillo, 2, porque requieren desmontaje interno. La giratoria también 2 por su estructura cerrada que limita el acceso a componentes.
Ergonomía	Contaminación ambiental	3 a 5	La cuchilla 5, reduce dispersión de polvo y ruido. La de martillo y giratoria, 3 porque pueden generar partículas o residuos metálicos si no tiene protección.
Seguridad	Protección del usuario	4 a 5	La cuchilla, 4, porque necesita protección adicional en la zona de corte. Martillo y giratoria, 5 ya que cuentan con carcasa cerrada que disminuye riesgos para el operador.
Energía	Uso de motor eléctrico	5	Las tres opciones fueron calificadas

			con 5, ya que funcionan eficientemente con eléctricos de bajo consumo, adecuados para uso en comunidades rurales sin red trifásica.
Aplicación	Corte de residuos de 0,5 m	5	Todas las opciones fueron valoradas con 5, porque pueden cortar tallos medios de maíz, una necesidad específica del entorno rural de la parroquia Isinliví.
Aplicación	Trozos de 0,02 a 0,05 m	3 a 4	La cuchilla, 4, porque permite control dimensional por geometría de corte. La de martillo, 3, produce fragmentos desiguales. La giratoria, 4, aunque no tan precisa como cuchillas mantiene consistencia aceptable.

## **7.4 ANEXO IV**

### **7.4.1 MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO**

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

<b>ANEXO</b>	<b>MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO</b>	<b>1/1</b>
--------------	---	------------

**MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DEL MÓDULO TRITURADOR DE TALLOS DE MAÍZ QUE OPERARÁ EN EL GAD PARROQUIAL DE ISINLIVÍ**

## **1. INTRODUCCIÓN**

El plan de funcionamiento y uso del módulo triturador de tallos de maíz, el cual permite su uso adecuado del módulo triturador de tallos de maíz.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.2. Objetivo General**

Elaborar un plan de funcionamiento y mantenimiento preventivo del módulo triturador de tallos de maíz, estableciendo estrategias de operación, monitoreo y conservación que optimicen el rendimiento del sistema y la eficiencia del proceso de trituración, minimizando fallos mecánicos y eléctricos mediante el uso de metodologías de gestión del mantenimiento, análisis de confiabilidad y normativas técnicas aplicables.

### **2.3 Objetivos Específicos**

- Obtener conocimientos sobre el funcionamiento del módulo triturador de su funcionamiento y mantenimiento.
- Establecer planes de mantenimiento preventivo y correctivo cada cierto tiempo.

## **3. INFORMACIÓN DE SEGURIDAD**

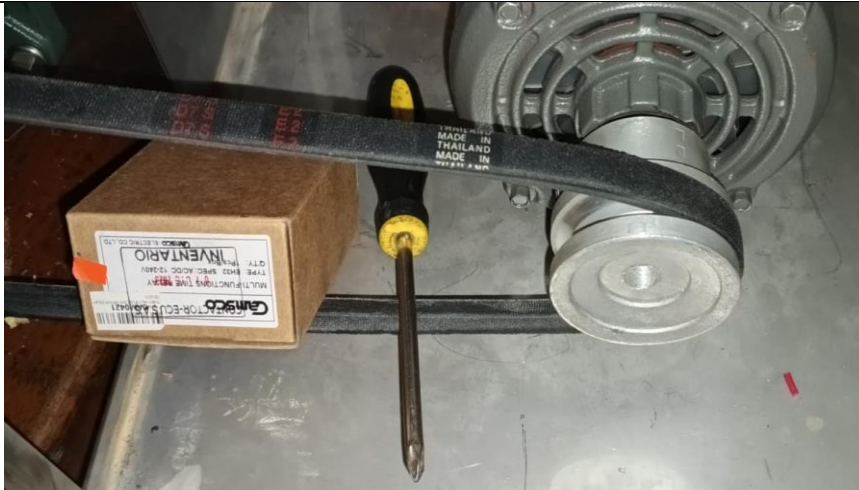
Este manual proporcionará información sobre el funcionamiento y mantenimiento del módulo triturador de tallos de maíz para prevenir posibles daños que pudieran surgir por el uso de la misma a través del tiempo.

### **3.1. Funcionamiento del módulo triturador de tallos de maíz**

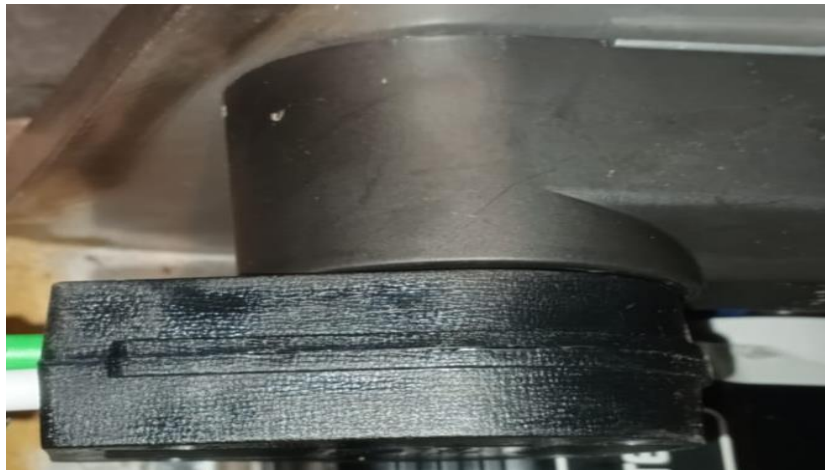
El módulo triturador de tallos de maíz alimentado por un motor de 1/3 de Hp que está conectado por medio de dos poleas con una banda trapezoidal a un árbol de cuchillas que está conectado a dos chumaceras para un mejor giro lo cual se acciona por medio de un arrancador directo para empezar con la operación de la máquina.

### **3.2 Encendido del módulo triturador de tallos de maíz**

**Paso 1.** Verificar que no haya obstáculos en la banda que pueda interrumpir con el desplazamiento de la misma.



**Paso 3.** Verificar que los enchufes de conexión estén debidamente conectados.



**Paso 4.** Pulsador para encender el módulo.



**Paso 5.** Pulsador para apagar o detener el módulo.



### 3.3 Identificación de los componentes del módulo triturador de tallos de maíz

En este apartado se pondrá una lista de los componentes con conforman el módulo triturador como son:

Número	Nombre del elemento	Descripción	Cantidad
1	Arrancador directo	Ls	1
2	Motor	Weg	1
3	Poleas	Aluminio	2
4	Banda trapezoidal	Mitsubishi	1
5	Chumaceras	KDF	2
6	Árbol de cuchillas	Acero Inox	1x12
7	Estructura de acero inoxidable 304	Inox	1
8	Cables de conexión 12, 14	Ecuacable	8
9	Tornillos M8x30 de acero inoxidable	Topesa	15
10	Zaranda	Inox	2

## 4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO

DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD
Mantenimiento preventivo del módulo triturador de desechos orgánicos	En cada uso luego de utilizarlo
Revisión de componentes electrónicos	Cada 30 días
Revisión de banda trapezoidal	Cada 60 días

### 4.1 Fallas y solución del dispositivo eléctrico, mecánico

Ítem	Descripción	Falla	Solución
1	Falla de chumaceras	Por golpes, daños con el uso en el paso de tiempo	Cambiar chumaceras

<b>2</b>	Falla de banda trapezoidal	Desgaste, cortes en alguna sección de la banda	Cambiar la banda
<b>3</b>	No enciende el motor	Falla del relé térmico del arrancador directo	Cambiar el relé térmico o cambiar el arrancador directo

## **5. Conclusiones y Recomendaciones**

### **5.1. CONCLUSIONES**

Con el cumplimiento estricto de los protocolos de seguridad, inspección y mantenimiento descritos en el manual contribuye significativamente a la prevención de incidentes y a la optimización del rendimiento del módulo.

El cumplimiento estricto de los protocolos de seguridad, inspección y mantenimiento descritos en el manual contribuye significativamente a la prevención de incidentes y a la optimización del rendimiento del módulo.

### **5.2 RECOMENDACIONES**

Mantener un historial actualizado de todas las actividades de mantenimiento, incidencias y reparaciones, lo cual facilitará el análisis de tendencias y la implementación de acciones de mejora continua.

Considerar la adopción de tecnologías de monitoreo en tiempo real que permitan supervisar de forma continua el desempeño del sistema, facilitando la detección temprana de fallas y optimizando la respuesta ante emergencias.

Es recomendable no ingresar las manos al cuarto de cuchillas, ni al motor cuando está encendido para evitar cualquier lesión grave.