



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**“Diseño de una máquina trituradora móvil de troncos de árbol  
de palta de hasta 8” en la empresa MAQTECNO S.A.C”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Eléctrico

**AUTORES:**

Ramirez Anamaria, Miguel ([orcid.org/0000-0001-9855-8237](https://orcid.org/0000-0001-9855-8237))

Zarate Yuyes, Frank Alexander ([orcid.org/0000-0003-1616-1362](https://orcid.org/0000-0003-1616-1362))

**ASESOR:**

Dr. Olortegui Yume, Jorge Antonio ([orcid.org/0000-0001-5734-040X](https://orcid.org/0000-0001-5734-040X))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y simulación de Sistemas Electromecánicos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2023

## DEDICATORIA

*A Dios por permitirme continuar e ir por el buen camino hacia mi futuro profesional.*

*..... A mis padres Carlos y Marcela por su comprensión en los momentos más difíciles y ser mi mayor ejemplo a seguir.*

*..... A mis profesores por las enseñanzas que permitieron la culminación de mis estudios profesionales.*

*..... A mis hermanos Carlos, Gilda y Fátima, por su apoyo y comprensión cuando más lo necesitaba.*

**FRANK ALEXANDER ZARATE  
YUYES**

*En primer lugar, a Dios por guiarme en mi camino y poder concluir con mi carrera.*

*..... De todo corazón a mis padres, Eduardo y Natividad por el apoyo incondicional y haber creído en mí.*

*..... A mis tíos, Rolando y Laura por los buenos consejos y su apoyo incondicional.*

*..... A mi hijo Kendrick por ser la razón y lo más valioso que Dios me ha dado.*

**MIGUEL HUMBERTO RAMIREZ  
ANAMARIA**

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestros más gratos agradecimientos al Dr. Jorge Olortegui Yume, por apoyo y enseñanzas a lo largo del desarrollo de nuestro proyecto.

Agradecemos también a nuestros docentes, que a lo largo de nuestro proceso de formación profesional nos inculcaron experiencia y conocimientos para poder hacer posible nuestro correcto futuro profesional, muchas gracias con todos ellos.

Agradecer a mis padres Marcela Yuyes, Carlos Zarate y a mis hermanos por hacer de mi un buen hijo, hermano y persona con sus valores y ejemplos, y por siempre apoyarme en los buenos y malos momentos de mi formación y nunca perdieron la fe en mí.

A la empresa MAQTECNO S.A.C y a su personal por la amabilidad en cada visita realizada y por permitir que podamos acceder a su empresa para realizar nuestra investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. MARCO TEÓRICO.....	7
III. METODOLOGÍA.....	20
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	20
3.2. Variables y operacionalización.....	20
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
3.5. Procedimientos.....	23
3.6. Método de análisis de datos.....	24
3.7. Aspectos éticos.....	24
IV. RESULTADOS.....	25
4.1. Determinación de las necesidades de diseño.....	25
4.2. Diseño conceptual.....	30
4.3. Diseño de configuración.....	35
4.4. Análisis paramétrico de los componentes críticos de la máquina.....	39
4.4.1. Análisis del eje superior de la máquina trituradora.....	39
4.4.2. Análisis del eje inferior de la máquina trituradora.....	45
4.4.3. Análisis del eje del tornillo sin fin.....	48
4.4.4. Cálculo de cargas sobre el eje del tornillo sin fin de la máquina trituradora.....	50
4.4.5. Cálculos de momentos de flexión y torsión.....	52
4.4.6. Diseño Paramétrico.....	54
4.5. Ingeniería de detalle para determinar los componentes y elementos.....	73
4.6. Análisis económico.....	76
V. DISCUSION.....	78
VI. CONCLUSIONES.....	81
VII. RECOMENDACIONES.....	82
REFERENCIAS.....	83
ANEXOS.....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Normas para determinar las propiedades. ....	13
<b>Tabla 2.</b> Comparación de propiedades físicas y mecánicas de la madera.....	14
<b>Tabla 3.</b> Tabla de operacionalización de variables.....	21
<b>Tabla 4.</b> Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
<b>Tabla 5.</b> Resumen de las entrevistas .....	28
<b>Tabla 6.</b> Tabla de especificaciones de ingeniería .....	29
<b>Tabla 7.</b> Matriz de selección ponderada de conceptos de solución .....	34
<b>Tabla 8.</b> Matriz de selección ponderada para las configuraciones de diseño. .	38
<b>Tabla 9.</b> Tabla de variables de diseño para el eje superior .....	56
<b>Tabla 10.</b> Tabla de variables de diseño para el eje inferior .....	58
<b>Tabla 11.</b> Tabla de variables de diseño para el tornillo sin fin .....	60
<b>Tabla 12.</b> Tabla de variables de diseño para simulación por medio de ANSYS	67
<b>Tabla 13.</b> Simulaciones de deformación y esfuerzos en el eje superior para diversos tipos de aceros.....	68
<b>Tabla 14.</b> Simulaciones de deformación y esfuerzos en el eje inferior para diversos tipos de aceros.....	69
<b>Tabla 15.</b> Simulaciones de deformación y esfuerzos en el tornillo sin fin para diversos tipos de acero .....	70
<b>Tabla 16.</b> Tabla de planos de dibujo de la máquina trituradora .....	71
<b>Tabla 17.</b> Ficha técnica de rodamiento SKF 6315-2RS1 .....	73
<b>Tabla 18.</b> Presupuesto de máquina trituradora de troncos.....	76
<b>Tabla 19.</b> Costo de mano de obra de máquina trituradora de troncos .....	77
<b>Tabla 20.</b> Costo total de máquina trituradora de troncos.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Tipos de Máquinas trituradoras de ramas y troncos.....	12
<b>Figura 2.</b> Partes principales de una máquina trituradora .....	12
<b>Figura 3.</b> Diagrama de flujo de procedimientos .....	23
<b>Figura 4.</b> Vista Isométrica de máquina trituradora F2N- DRAA, .....	30
<b>Figura 5.</b> Vista isométrica de máquina trituradora de brazo articulado.....	31
<b>Figura 6.</b> Vista frontal e inferior de máquina trituradora de martillos .....	32
<b>Figura 7 .</b> Diseño de configuración “A” .....	35
<b>Figura 8.</b> Configuración de diseño “B” .....	36
<b>Figura 9.</b> Configuración de diseño “C” .....	37
<b>Figura 10.</b> Fuerza de corte y fuerza normal, ángulos de corte .....	39
<b>Figura 11.</b> Simulación del esfuerzo de corte hacia el tronco .....	40
<b>Figura 12.</b> Diagrama de cuerpo libre del eje superior del triturador.....	41
<b>Figura 13.</b> Diagrama de momento de flexión del eje superior .....	41
<b>Figura 14.</b> Curva característica del momento cortante .....	42
<b>Figura 15.</b> Curva característica del momento máximo de flexión .....	42
<b>Figura 16.</b> Curva característica del diámetro del cilindro superior.....	45
<b>Figura 17.</b> Diagrama de cuerpo libre del eje inferior de la maquina .....	46
<b>Figura 18.</b> Diagrama de momento de flexión del eje inferior <b>Fuente:</b> Propia ..	46
<b>Figura 19.</b> Curva característica de fuerza cortante <b>Fuente:</b> Propia.....	47
<b>Figura 20.</b> Curva característica del máximo momento de flexión .....	47
<b>Figura 21.</b> Curva característica del diámetro del eje inferior.....	48
<b>Figura 22.</b> Diagrama de cuerpo libre del Tornillo sin fin. <b>Fuente:</b> Propia.....	52
<b>Figura 23.</b> Curva característica del esfuerzo cortante del tornillo sin fin.....	53
<b>Figura 24.</b> Diagrama de cuerpo libre de momento del Tornillo sin fin. ....	53
<b>Figura 25.</b> Curva característica del momento de flexión del tornillo sin fin .....	54
<b>Figura 26.</b> Tabla de análisis de variables para el eje superior - Caja negra.....	55
<b>Figura 27.</b> Eje superior – ACERO ASTM A36- Mat Lab – GUI .....	56
<b>Figura 28.</b> Tabla de análisis de variables para el eje inferior - Caja negra.....	57
<b>Figura 29.</b> Eje inferior- ACERO ASTM A36- Mat lab- GUI .....	58
<b>Figura 30.</b> Tabla de análisis de variables para el Tornillo sin fin - Caja negra..	59
<b>Figura 31.</b> Tornillo sin fin- Diversos aceros- Mat lab- GUI.....	60

<b>Figura 32.</b> Tabla de análisis de variables - Caja negra .....	62
<b>Figura 33.</b> Cuadro de STATIC STRUCTURAL .....	63
<b>Figura 34.</b> Cuadro de Engineering Data para selección de materiales .....	63
<b>Figura 35.</b> Cuadro de selección de modelo analizar.....	64
<b>Figura 36.</b> Enmallado del cilindro superior .....	64
<b>Figura 37.</b> Selección de puntos fijos.....	65
<b>Figura 38.</b> Selección de fuerza cortante .....	65
<b>Figura 39.</b> Selección para obtener resultados de la simulación.....	66
<b>Figura 40.</b> Resultados de la pieza con esfuerzos aplicados.....	66
<b>Figura 41.</b> Vista explosionada de máquina trituradora de troncos.....	72
<b>Figura 42.</b> Rodamiento SKF 6315-2RS1 .....	73
<b>Figura 43.</b> Cuchillas de corte MAR 003 Y MAR 012.....	74
<b>Figura 44.</b> Cardan con cruceta .....	74
<b>Figura 45.</b> Faja lisa C-93 BANDO POWER KING .....	75
<b>Figura 46.</b> Caja multiplicadora de velocidad tipo “T” .....	75
<b>Figura 47.</b> Tiempo de retorno de inversión descontado.....	77
<b>Figura 48.</b> Gráfico de la inversión con respecto al tiempo de recuperación ....	77

## RESUMEN

*Se diseñó una máquina trituradora móvil de troncos de árbol de palta de hasta 8" en la empresa MAQTECNO S.A.C ubicada en huanchaquito bajo, Trujillo.*

*Se determinó la necesidad de la empresa solicitante de esta máquina con el fin de resolver la problemática de dicha empresa, para ello se aplicaron entrevistas al gerente y personal involucrado en la empresa para obtener las necesidades de diseño. Se realizó una búsqueda exhaustiva a nivel mundial de proyectos realizados con relación a nuestro tema de investigación siguiendo las recomendaciones de los investigadores.*

*A continuación, se realizaron diseños conceptuales para buscar la mejor alternativa de solución. De la misma manera se realizó el análisis paramétrico de los componentes críticos de la máquina con la ayuda del software- MATLAP realizando cálculos fuerzas cortantes, momentos de flexión y torque a los ejes rotatorios superior e inferior y en el eje sin fin, y mediante el software ANSYS podemos visualizar las partes críticas y esfuerzos en las piezas obteniendo los esfuerzos de von misses, deformación máxima y factor de seguridad, siguiendo el procedimiento se realizó la ingeniería de detalle para determinar los componentes y elementos que conformaran la máquina.*

*El costo total del proyecto es de 35,208.56 soles recuperando la inversión en 8 meses y 8 días. Del análisis económico se concluye que la máquina trituradora es rentable para la empresa.*

**Palabras clave:** *Maquina, rediseño, trituradora, triturado, agroindustria*



## ABSTRACT

*A mobile crushing machine for avocado tree trunks up to 8" was designed at the company MAQTECNO S.A.C located in Huanchaquito Bajo, Trujillo.*

*The need of the requesting company for this machine was determined in order to solve the problems of said company, for which interviews were applied to the manager and personnel involved in the company to obtain the design needs. An exhaustive search was carried out worldwide for projects carried out in relation to our research topic following the recommendations of the researchers.*

*Next, conceptual designs were made to find the best alternative solution. In the same way, the parametric analysis of the critical components of the machine was carried out with the help of the MATLAB-software, calculating shear forces, bending moments and torque on the upper and lower rotary axes and on the endless axis, and through the With the ANSYS software we can visualize the critical parts and efforts in the pieces, obtaining the von misses efforts, maximum deformation and safety factor, following the procedure, detailed engineering was carried out to determine the components and elements that will make up the machine.*

*The total cost of the project is 35,208.56 soles, recovering the investment in 8 months and 8 days. From the economic analysis it is concluded that the crusher machine is profitable for the company.*

**Keywords:** *Machine, redesign, crusher, crushed, agroindustry*

## I. INTRODUCCIÓN

Las virutas de madera producto de diferentes procesos de trabajo de troncos y ramas constituye una fuente importante de energía sólida renovable muy usada en el sector energético a nivel mundial. Las variaciones en la humedad que presentan las astillas obtenidas en la trituración de madera repercuten en su contenido de cenizas y en su poder calorífico, además de permitir identificar los patrones anuales en las plantas de energía. Los residuos como virutas deben ser desechados después de 5 o 7 meses de realizada la cosecha y ser desechados a una distancia considerable debido al peligro que representan las astillas después del proceso de triturado, esto debido al incremento de residuos generado por el aumento de áreas forestales y plantas generadoras de energía. Sin embargo, muchas empresas no se rigen a los requisitos de calidad para el traslado y desecho de residuos madereros que contenía la norma ISO, lo cual representa un peligro especialmente para las pequeñas y medianas empresas (Moskali y Gendek, 2019).

En el Sector agrícola existen diversos requisitos que resguardan las áreas naturales y evitan la desaparición de bosques que amenazan al medio ambiente. Actualmente se ha estimado que la rehabilitación de paisajes naturales se convierta en una opción viable para más de 2 mil millones de hectáreas de terreno para cultivo en todo el mundo. Para lograr que los árboles se regeneren se aplican métodos por medio de una plantación y siembra directa, además de la aplicación de métodos naturales o artificiales, sin embargo, estos son costosos y aumentan progresivamente con el grado de degradación del ecosistema. Las preparaciones de los terrenos habitualmente se logran aplicando métodos químicos como herbicidas, ecotecias o por medio de métodos mecánicos como tratamientos por medio de maquinarias o en algunos casos ambas en conjunto. (LÖF, Magnus, et al, 2016)

El ser humano siempre ha buscado la manera de facilitar sus labores diarias con la creación y diseño de nuevas máquinas-herramientas, esto debido al crecimiento en los procesos de producción agrícolas y la necesidad de

realizar labores que normalmente podrían tomar mucho tiempo realizándolas en un lapso mucho menor aumentando la velocidad en los trabajos. Gracias a los nuevos diseños implementados a la industria agrícola, se abrió un campo extenso de maquinarias enfocadas al labrado de suelos, siembras, cosechas, trituración, cargas de productos, entre otros. Gracias al mecanizado y automatización se demuestra la importancia de la innovación tecnológica para la competitividad mediante la incorporación de nuevos sistemas y equipos con actualizaciones respecto a sus versiones pasadas. Las maquinas trituradoras son esenciales en el ámbito industrial, debido a las necesidades de las industrias de ahorrar espacio y tiempo en los procesos, eligiendo la máquina que se adecue mejor al trabajo. (Lizana Fernández, 2016)

Las maquinas encargadas de triturar ramas y troncos nos permiten disolver diversos tipos de ramificaciones o árboles que han sido extraídos para una nueva plantación. De acuerdo a las necesidades de las empresas, existen diferentes variaciones en el diseño y tamaño de sus estructuras y elementos. Este proceso de trituración se produce gracias a la fuerza de compresión aplicada al material entre sus superficies o ya sea por acción del mecanismo interno de la máquina. Lo más común en las maquinas trituradoras es que funcione a partir de martillos o cuchillas sobre un eje metálico que gira de forma horizontal. Dichas dimensiones de los elementos de la maquina se ajustan al tamaño del material a triturar, a los que atacan por medio de impactos a través del eje o cilindro que trabaja a grandes velocidades aprovechando la fuerza centrífuga generada para una mayor efectividad de triturado (ESTEBAN, Eduardo Tolosana, 2008.).

La empresa MAQUINARIA Y TECNOLOGIA S.A.C. (MAQTECNO S.A.) empezó a funcionar formalmente a partir del año 2018. La planta de MAQTECNO S.A.C. está ubicada en Huanchaquito Bajo, Trujillo. Sin embargo, antes de esta fecha ya venía funcionando como taller dedicado a la fabricación de maquinarias agroindustriales desde el 2014. Esta empresa tiene como actividades principales además de la fabricación de maquinaria, la prestación de servicios de mantenimiento preventivo/correctivo y la generación de nuevos diseños de equipos agroindustriales automatizados.

Entre los equipos que maneja la empresa se puede contar con carros auto cargables de bins (contenedores), maquinas lavadoras de jabas, fumigadoras industriales y tijerales cortadora de palta. Durante sus años de actividad ha trabajado de la mano con empresas como CAMPOSOL S.A.C. y PRO MISSION, entre otras, siempre mostrando su responsabilidad con los más altos estándares de calidad, seguridad y garantía en sus maquinarias. (CAMPOSOL, 2023)

En estos últimos meses la empresa ha desarrollado un prototipo de una maquina trituradora para ramas y troncos de árbol de palta para una empresa solicitante del medio. El requerimiento de la empresa solicitante especificó como función que la máquina sea capaz de triturar troncos de hasta 8 pulgadas de diámetro, que son subproductos comunes después de las cosechas. Este requerimiento tiene su fundamento en el hecho de que las maquinas importadas similares no alcanzan estas exigencias. La empresa MAQTECNO S.A.C realizo el diseño y fabricación del prototipo de la máquina trituradora, considerando mayor potencia y una configuración propia respecto de las maquinas importadas. Sin embargo, en la etapa de prueba del prototipo, este presenta fallas como atascamiento en el tornillo sin fin o trituración incompleta o nula de los troncos. Como un problema extra, se ha observado que los troncos a medio triturar son expulsados a alta velocidad constituyendo un potencial peligro para operarios/personas en las inmediaciones considerando que este equipo funciona en promedio a 10000 rpm. Esto ha llevado al grupo de diseño de ingeniería de la empresa a reconsiderar un nuevo proceso de diseño de mayor formalidad científico-técnica para satisfacer los requerimientos de la empresa contratante.

Teniendo en cuenta lo mencionado en los párrafos anteriores, se formuló el siguiente problema: ¿Cuál será la configuración y características técnicas de una máquina trituradora de ramas y troncos móvil capaz de procesar troncos de hasta 8" de diámetro a una velocidad de desplazamiento de 1,5km/h para la fabricación en la empresa MAQTECNO SAC?

Esta problemática se justifica debido a que las maquinas importadas no cumplen con las necesidades de las empresas en cuanto a la potencia y eficiencia al momento de triturar, generando así que la maquina rechace y

expulse a gran propulsión troncos, lo cual puede generar que un operario o trabajador que se encuentre cerca se vea afectado al ser alcanzado por un trozo de tronco. Es por ello que las empresas como PRO MISSION y CAMPOSOL S.A.C requieren un nuevo diseño más robusto que cumpla con sus necesidades, MAQTECNO S.A.C realizó un prototipo de prueba que cumpla con las condiciones a las cuales será sometida. La relevancia al realizar un nuevo diseño es que cumpla con las necesidades de la empresa para la cual está destinada, asegurando así la trituración de los troncos hasta de 8", logrando un equilibrio entre potencia y velocidad de giro, los cuales permitirán que la máquina no presente problemas, además de la capacitación al operario para tener en cuenta la correcta operación con el tractor y cuidado que debe tener la máquina al momento de operar.

El objetivo general del proyecto es diseñar una máquina trituradora móvil de ramas y troncos de árbol de palta de hasta 8" de diámetro para la empresa MAQTECNO S.A.C, y como objetivos específicos del proyecto hemos propuesto: (i) Determinar cuáles son las necesidades de diseño, (ii) Realizar el diseño conceptual para evaluar la mejor alternativa de solución (iii) Realizar el análisis paramétrico de los componentes críticos de la máquina (iv) Realizar la ingeniería de detalle para determinar los componentes y elementos que conformarán diseño de la máquina, (v) Realizar el análisis económico.

## II. MARCO TEÓRICO

De la revisión bibliográfica se ha recopilado 6 trabajos previos, los cuales detallamos a continuación:

Freddy R. y Castillo A. (2021) diseñaron y construyeron una trituradora de residuos producto de poda de árboles y desbroces, dimensionando y simulando el comportamiento de la máquina trituradora de los diferentes elementos que compone, en su muestra de estudio presentaron las necesidades y requerimientos de los usuarios aplicando la capacidad de ingeniería y técnicos para el diseño y fabricación de la máquina trituradora, el instrumento empleado para su proyecto fue el protocolo de pruebas y la planificación de la vida útil, concluyendo nos muestra su diseño construido de la máquina trituradora de madera de poda de árboles que alcanza el diámetro de 7 cm con una capacidad de 63, 28 kg/hora. Se logró establecer especificaciones técnicas para el cumplimiento de las necesidades del cliente, donde también realizaron análisis por medio de elementos finitos utilizando el uso de software computacional Abaqus seleccionando 10 primeros datos de la máquina trituradora para el análisis de vibración de la estructura obteniendo frecuencias bajas y que no provoquen fenómenos repercutidos, utilizando pruebas de protocolo se trituró ramas de diferentes diámetros como el pino, ciprés, capulí y eucalipto donde la trituración de estos mismo se establecen en el rango de 2-5 cm para ser utilizado en el proceso de compostaje teniendo datos desde un ancho de 0,5 cm a 0,8 cm y de largo 0,5 cm a 2 cm.

En Guadalajara estado de Jalisco en el país de México, Lara G. y García L. (2014) presento en su proyecto titulado “Diseño de una máquina cortadora y trituradora de ramas y hojas” en su primer objetivo nos explica el diseño de máquina trituradora de hojas y ramas de hasta 3in, ya sean verdes o secas en pequeños pedazos 1/2in o viruta, de tal manera que se pueda depositar el material en la base de los árboles. Nos explica también los tipos de materiales utilizados para la fabricación y construcción de la máquina empleando en su estructura y tipos de discos para el corte que se emplea para la trituración. En conclusión, explica que la gran mayoría de los cálculos empleados se realizó

para establecer una resistencia mecánica aceptable y soportar golpes y movimientos que se producen al utilizar la máquina el estudio del cálculo donde se tomó como dato importante fue en el diseño del eje donde se analizó fuerzas en estado cortante, flexión y torsión. El diseño de la máquina se realizó con la finalidad de cubrir necesidades y especificaciones por los agricultores de limón en la región de los valles.

En Chile, Lizana Fernández, F (2016) nos presenta su proyecto “Diseño de un equipo triturador para reciclaje de madera” como objetivo principal de su proyecto es diseñar una máquina trituradora que permita reducir el tamaño de cualquier clase similar a la madera, también nos explica las dimensiones para diseñar la máquina trituradora, además, la investigación de las características que necesita la máquina para triturar y materiales que poseen la misma dureza que la madera, los instrumentos utilizados en su proyecto son las tablas de valores y los resultados obtenidos, explica que se debe seleccionar la caja reductora en base a catálogos ya que se necesita transformar la potencia entregada del motor, finalmente en sus resultados es necesario utilizar los catálogos para los elementos electromecánicos para el circuito de fuerza y control del equipo, en conclusión se diseñó un equipo con capacidad de 500kg de carga, en conversión a 4.9 (N) de fuerza para triturar la madera con la cuchilla instalada, con un área de 10 mm<sup>2</sup> para triturar el material para poder aprovechar la capacidad de la carga se recomienda utilizar cuchillas de acero para herramientas AISI-D2 donde posee una dureza de 60HRC por otro lado el acero AISI-D2 tiene una resistencia al desgaste y a la compresión, dos propiedades muy importantes para la fabricación de una máquina trituradora, por último objetivo de su proyecto es la evaluación de los costos de la fabricación de las piezas de las cuales componen la máquina y también con el fin de conocer si es rentable su fabricación.

En Bucaramanga, Martínez Camilo. y Pinto Samir (2007). Presentaron su proyecto titulado “Diseño y montaje de una máquina trituradora de eje horizontal para el centro recreacional Catay” donde plantearon como objetivo general, el aprovechamiento de los recursos que cuenta la sede campestre (catay) por la cual mejoraron el proceso de descomposición de la madera para nutrir la tierra en el centro recreacional con la máquina trituradora de eje

horizontal, como objetivo específico se basaron en diseñar, construir y realizar el montaje de la máquina trituradora de eje horizontal (MITSUBISHI D2300 FD), cumpliendo con las necesidades de la sede campestre Catay, la metodología que utilizaron los autores para el desarrollo de su proyecto se basó en un modelo matemático que permite calcular la velocidad mínima del eje que debe tener la cuchilla para el corte de tallos, en su conclusión nos explica que desarrollaron y realizaron el montaje de la máquina trituradora con ello lograron la manutención de las zonas verdes de Catay mejorando el tiempo y la calidad donde se ejecutaba estas labores, por la cual obteniendo un beneficio de mejorar los nutrientes de la tierra, logrando las dimensiones óptimas del material triturado para el compost que oscila de 3 a 6 cm, por la cual también se innovó el diseño de la máquina agrícola para el aprovechamiento de los restos vegetales recolectados en la sede.

En Ucrania, región de Kiew, Adamchuk, et al. 2016 en su artículo de revisión en la Universidad Centro Científico Nacional de “Developing a new design of wood chopper for grape vine and fruit tree pruning and the results of field testing” en su objetivo de la investigación de su artículo nos explica la mejora de la eficiencia de picar y esparcir el material triturado de los árboles de fruto basándose en el desarrollo de un nuevo diseño de cortadora de madera obteniendo resultados de sus pruebas de campo, en su investigación que realizaron aplicaron métodos de ingeniería que tienen teorías relacionadas con la recolección de madera. El tipo de investigación es experimental, aplicando pruebas en el campo y análisis estadístico. Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas obtuvieron el aumento de calidad en el corte y distribución de la madera, mejorando en el estado ecológico, también en la reducción de energía consumida a comparación de otras máquinas de fabricantes extranjeros. En su conclusión nos explica que su artículo publicado la máquina tiene un diseño simple y robusto donde hace el trabajo de recogida mecanizada, transporte y troceado, donde el material de poda es esparcido sobre el suelo a un nivel de calidad y mayor eficiencia, reduciendo el consumo de la mano de obra, el uso de la cortadora facilitará la implementación de máquinas tecnológicas donde no solo se reducirá la mano de obra si no

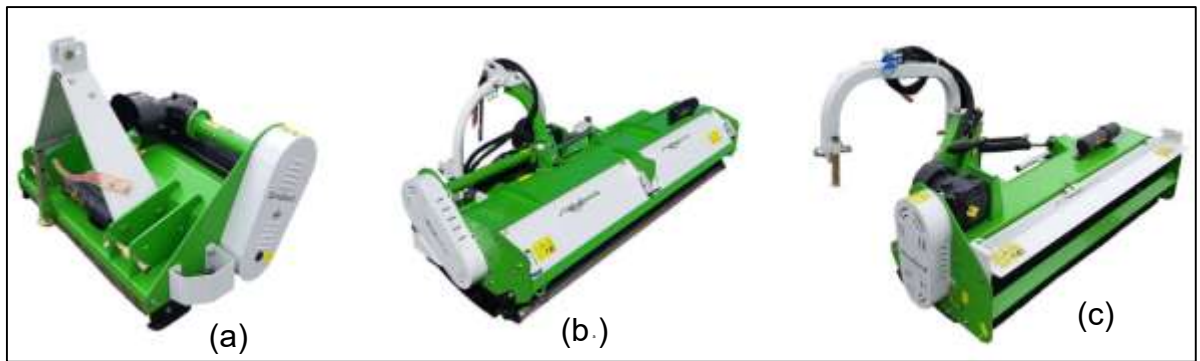


también el consumo de fertilizantes que mejorara significativamente el medio ambiente natural.

Después de describir los antecedentes que se ha tomado como referente para el desarrollo de este trabajo de investigación, procede a describir las bases teóricas en las que se sustenta en diseño de la máquina trituradora móvil.

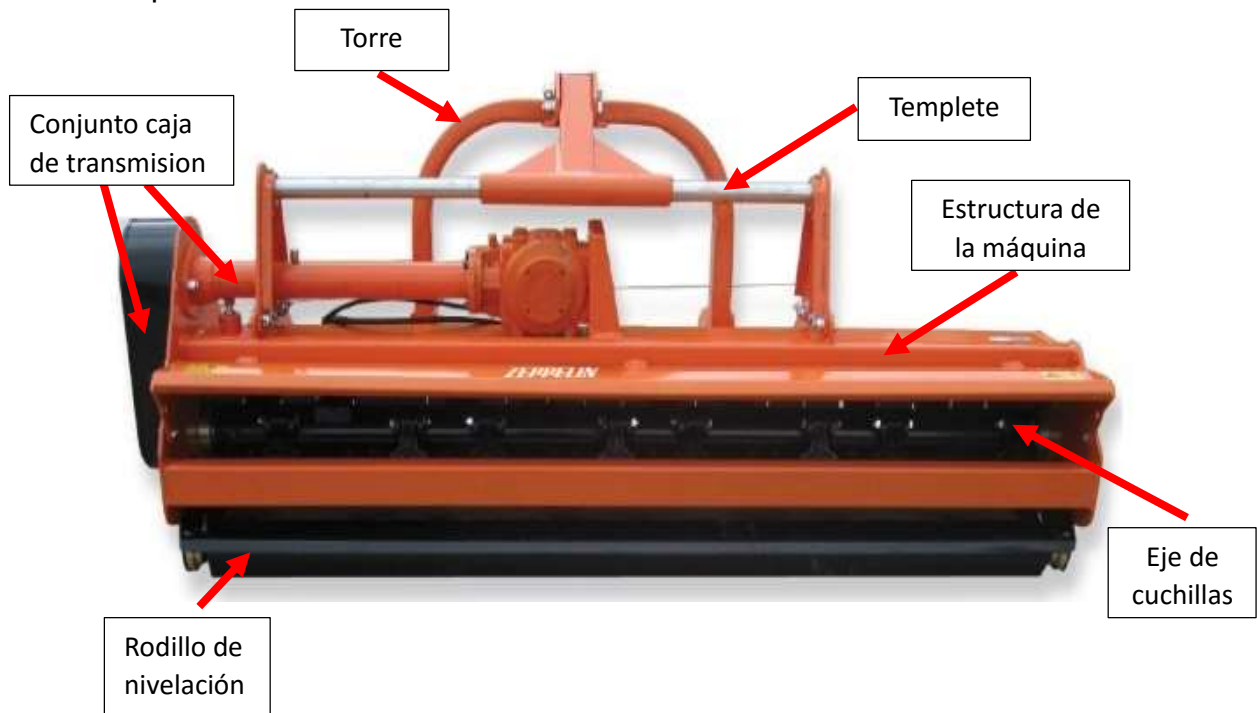
El tipo de equipo que se desea diseñar se conoce como máquina trituradora de ramas y trocos, estos equipos según MAQUINARIA AGRICOLA NUÑEZ (2017), las maquinas trituradoras de troncos y ramas nos permiten reciclar y triturar residuos de diferentes arboles luego de cada cosecha, o después de cada poda a través de cuchillas o martillos que realizan dicha labor, permitiendo un ahorro económico en cuanto a espacio y costo de transporte, además de la reducción de tiempo por el recojo de residuos. Este tipo de maquinaria cuenta con una amplia gama desde trituradoras domésticas y trituradoras especializadas para trabajos en campo, las características del sistema de las máquinas trituradoras son: Los alimentadores consisten en 2 cilindros con martillos o cuchillas encargados de triturar; su principal fuente de accionamiento puede ser un motor independiente o un tractor, cuenta con un tornillo sin fin que expulsa los residuos triturados, se adapta a diferentes condiciones en los terrenos como superficies inclinados o taludes.

En la siguiente investigación que realizamos el autor nos explica sobre los Tipos de máquinas trituradoras de troncos y ramas, Según Miguel Agrícola (en línea) nos comenta que los tipos de máquinas trituradora de ramas y troncos se pueden encontrar en diversos tipos dependiendo la función que se desea realizar, además de su estructura y tipo de aplicación. En la Figura 1 tenemos tres tipos de maquinaria diferentes, entre ella la desbrozadora de martillos fija (a), su ancho de trabajo es reducido, entre 85 y 115 cm y trabaja con tractores de baja potencia, la máquina desbrozadora de martillos con desplazamiento hidráulico (b), su ancho de trabajo es de 2 a 3 metros de ancho y trabaja con un tractor de potencia entre 75 y 150 CV, la máquina desbrozadora de martillos desplazable lateral (c) (MIGUELAGRICOLA. 2023), su ancho de trabajo varía entre 110cm y 220cm la versión más potente trabaja a un costado del tractor y su inclinación es regulable. Otros modelos incluyen recogedores, desplazamiento manual, compuertas hidráulicas, entre otros aspectos.



**Figura 1.** Tipos de Máquinas trituradoras de ramas y troncos.

Las partes principales de la máquina trituradora de ramas y troncos son todos los elementos que conforman su sistema. En la siguiente Figura 2 se menciona las partes principales utilizadas para el funcionamiento de la máquina.



**Figura 2.** Partes principales de una máquina trituradora

De acuerdo a los estudios realizados a la madera de troncos de palta denominado perseá americana, o también conocida como palta o aguacate es proveniente de Mesoamérica y fue cultivada por las zonas indígenas de dichos pueblos hace aproximadamente 7000 mil años. Su árbol es capaz de alcanzar en promedio alturas de 20 metros, siendo su altura más común los 8

a 12 metros, y teniendo un diámetro máximo de entre 30 y 60cm, ya sean sus troncos rectos o torcidos.

Para la realización de estudios para determinar los estándares estáticos, de flexión, de compresión, entre otros. Se utilizó arboles de entre 14 y 17 años los cuales cortados en bloques de 50mm de espesor, de los cuales se tomaron muestras de ensayo, determinando así normas como se muestra en la Tabla 1 (FUENTES-TALAVERA, F.J. 2011), las cuales nos permiten conocer las propiedades física y mecánicas de la madera de árbol de palta.

**Tabla 1.** Normas para determinar las propiedades.

---

DIN 52 182 Density
DIN 52 185 Compression parallel to the grain
DIN 52 186 Static bending
DIN 52 187 Shear parallel to the grain
DIN 52 188 Tension parallel to the grain
DIN 52 189 Impact bending
DIN C 3011 Hardness BRINELL (mathematical conversion to JANKA hardness according to the equation

---

La ecuación 1 nos muestra cómo se puede determinar la escala de dureza de la madera (DIN C 3011) aplicando el siguiente método:

$$DUREZA_{JANKA} = \frac{DUREZA_{BRINELL}^{-7.3}}{3.1} \quad (SCHWAB, 1990) \quad (1)$$

Donde, La dureza janka es la resistencia de la madera a la penetración aplicando un ensayo por medio de una billa de acero 0.444" incrustándola hasta la mitad de su diámetro y la dureza Brinell es la escala de medición de la dureza de un material aplicando la técnica de indentacion (incrustación)

Como resultado de los estudios realizados a diversos tipos de troncos de árboles, se obtuvieron las propiedades físicas y mecánicas del tronco de palta a comparación de otro tipo de árboles comerciales, teniendo como resultado los siguientes valores mostrados en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Comparación de propiedades físicas y mecánicas de la madera

	Density [g/cm <sup>3</sup> ] at 12% mc	Static bending [N/mm <sup>2</sup> ]		Compression [N/mm <sup>2</sup> ]	Tension [N/mm <sup>2</sup> ]	Impact bending [kJ/m <sup>2</sup> ]	Shear [N/mm <sup>2</sup> ]	Hardness [N/mm <sup>2</sup> ]	
		MOR	MOE	MOR					
Aguacate ( <i>Persea americana</i> )	0,54	73	5937	35	63	42	9	39	20
Cedro ( <i>Cedrela odorata</i> ) <sup>1,4</sup>	0,34	37	5200	19	n.d.	37	5	n.d.	16
Parota ( <i>Enterolobium cyclocarpum</i> ) <sup>2</sup>	0,38	43	4596	24	41	34	6	27	15
Molina ( <i>Gmelina arborea</i> ) <sup>1</sup>	0,48	54	5900	26	n.d.	n.d.	9	145	17
Caoba ( <i>Swietenia macrophylla</i> ) <sup>2,4</sup>	0,50	83	8800	44	n.d.	51	13	38	17
Pino colorado ( <i>Pinus durangensis</i> ) <sup>3</sup>	0,53	98	11400	49	117	37	11	39	14
Habillo ( <i>Hura polyandra</i> ) <sup>2</sup>	0,60	94	9660	47	104	66	12	41	28
<i>Persea</i> spp. <sup>4,7</sup>	0,55	72-90	11500	43-48	n.d.	n.d.	11	n.d.	19-20

A continuación, se describen los cálculos necesarios para el diseño de las maquinas trituradoras de ramas y troncos, en los cuales se consideran fórmulas que nos permitirán determinar los parámetros para el desarrollo de la máquina, lo primero que vamos a determinar es el esfuerzo del eje para lo cual se utiliza las ecuaciones 2 y 3.

En la ecuación 2 para el cálculo de los esfuerzos de flexión y torsión en los ejes se deben considerar los esfuerzos medios y alternantes, los esfuerzos fluctuantes generado por flexión y torsión se dan de la siguiente manera:

$$\sigma_a = K_f \frac{M_a C}{I} \quad , \quad \sigma_m = K_f \frac{M_m C}{I} \quad (2)$$

$$\tau_a = K_{fs} \frac{T_a C}{J} \quad , \quad \tau_m = K_{fs} \frac{T_m C}{J} \quad (3)$$

Donde, ( $\sigma_a$ ) y ( $\sigma_m$ ) son los esfuerzo de flexión alternante y medio medidos en (Pa), además los esfuerzos de torsión alternante ( $\tau_a$ ) y medio ( $\tau_m$ ) se miden en (Nm), ( $M_a$ ) es el momento de flexión alternante, ( $M_m$ ) es el momento flexión medio, ( $T_a$ ) es el par de torsión alternante, ( $T_m$ ) es el par de torsión medio, ( $K_f$ ) es el factor de concentración del esfuerzo por fatiga de la flexión y ( $K_{fs}$ ) es el factor de concentración del esfuerzo por fatiga de la torsión.

En la ecuación 4 determinaremos los cálculos de velocidades críticas en los ejes. Los ejes tienden a girar a una velocidad en la que la excentricidad ocasiona una deflexión generada por la fuerza centrífuga que se opone por la rigidez a la flexión del propio eje. A ciertas velocidades el eje se vuelve inestable debido a su propia masa, generando así una velocidad crítica. A continuación, se muestra la fórmula para determinar la velocidad angular del eje.

Cuando el eje presenta una geometría simple, con un diámetro uniforme simplemente apoyado, se puede expresar de la siguiente manera:

$$\omega_1 = \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} = \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 \sqrt{\frac{g E \cdot I}{A \gamma}} \quad (4)$$

Donde,  $(\omega_1)$  es la velocidad angular (m/s<sup>2</sup>),  $(m)$  es la masa por unidad de longitud,  $(A)$  es el área de la sección transversal y  $(\gamma)$  es el peso específico.

En la ecuación número 5 establecemos expresiones requeridas para el diseño de máquinas trituradoras de Troncos, por lo cual expresaremos la fórmula del rendimiento de la máquina de la siguiente manera.

Para determinar la eficiencia de trituración/corte nos basamos en la siguiente ecuación.

$$\eta_c = \frac{W_{i,a}}{W_b} \times 100 \quad (5)$$

Donde,  $(\eta_c)$  es la eficiencia de corte medida en (%),  $(W_b)$  es la masa de materiales picados antes de la segregación medida en (gr),  $(W_{i,a})$  es la masa de materiales picados después de la segregación medida en (gr).

A continuación, en la ecuación 6 explicamos la siguiente fórmula expresando la Capacidad de corte de la máquina trituradora de troncos.

La capacidad de corte de la máquina se asimilará con los resultados obtenidos de manera teórica solo cuando los troncos ingresen de manera recta, es decir, en hileras. La capacidad teórica de corte de la máquina se muestra en la ecuación 6 y se representa así:

$$T_t = 6 \times 10^{-9} \rho \times A \times L \times N \times R, \left( \frac{Mg}{h} \right) \quad (6)$$

Donde, ( $\rho$ ) es la densidad del material que pasa en el alimentador ( $Kg/m^3$ ), ( $A$ ) es el área de paso del material ( $cm^2$ ), ( $L$ ) es la longitud teórica de corte (mm), ( $N$ ) es la cantidad de cuchillas en el cilindro de corte y ( $R$ ) es la velocidad de corte de los cilindros (RPM).

A continuación, en la ecuación número 7 explicamos la siguiente fórmula expresando la Fuerza de corte de la máquina trituradora de troncos.

La fuerza de corte se obtiene del ancho de las cuchillas y la velocidad con la que ejerce para realizar el corte en la madera, donde se presenta en la siguiente expresión.

$$F_c = -7.37 + A_1 + 15.61 \cdot \varphi_V - 2.6 \cdot \varphi_V^3 + 1.31 \cdot \rho + 0.2 \cdot V_C + A_2 \quad (N) \quad (7)$$

Donde, ( $A_1$ ) y ( $A_2$ ) son parámetros propios de la ecuación, ( $\varphi_V$ ) Es el Angulo del vector de velocidad de corte ( $V_C$ ) y la franja de la madera (rad), ( $\rho$ ) es el desgaste del filo del martillo, dado por el redondeo hacia arriba del filo ( $\mu m$ )

Los parámetros propios de la ecuación están dados por la fórmula 8 y 9 representadas de la siguiente manera:

$$A_1 = A_p \cdot (0.38 \cdot D - 224.5 \cdot \gamma_f) \quad (8)$$

$$A_2 = m_c \cdot (0.3 \cdot \varphi_V - 0.01 \cdot T) \quad (9)$$

Donde, ( $A_p$ ) Espesor de la capa de corte de madera, ( $D$ ) Es la densidad media de la madera ( $kg \cdot m^{-3}$ ), ( $\gamma_f$ ) es el Angulo inclinado del martillo (rad), ( $m_c$ ) es la humedad de la madera (%), ( $\varphi_V$ ) Es el Angulo del vector de velocidad de corte ( $V_C$ ) y la franja de la madera (rad), y ( $T$ ) es la temperatura en la madera ( $^{\circ}C$ )

En la siguiente ecuación 10 determinaremos la energía consumida. Para determinar el consumo de energía se utilizó un amperímetro y un voltímetro para obtener la intensidad de la corriente y la diferencia en el potencial. La

toma de lecturas se da en amperios (I) y voltios (V) antes y durante cada tratamiento. El consumo de energía se calculó a partir de los valores obtenidos en Amperios y Voltios aplicando la siguiente expresión:

$$\text{Consumo de energía } (W) = \sqrt{3} \cdot I \cdot V \cdot \text{Cos } \theta \cdot \eta \quad (10)$$

Dónde, (I) es la fuerza de corriente actual (Amp), (V) es la diferencia de potencia (V), (Cos  $\theta$ ) es el factor de potencia, (igual a 0,71), ( $\eta$ ) es la eficiencia mecánica del motor asumida 90%.

En la siguiente ecuación determinaremos el factor de concentración del esfuerzo, el cual es un valor mayor a la unidad que se aplica junto con el esfuerzo nominal para determinar el momento máximo resultante o alternante debido a las cargas aplicadas. Su fórmula está definida por la sensibilidad a la muesca y los factores teóricos de concentración de esfuerzos como se muestra en las ecuaciones 11 y 12.

$$K_f = 1 + q * (K_t - 1) \quad (11)$$

$$K_{fs} = 1 + q_{cortante} * (K_{ts} - 1) \quad (12)$$

Donde, ( $K_f$  y  $K_{fs}$ ) son los factores de concentración del esfuerzo por fatiga de flexión y cortante, ( $q$  y  $q_{cortante}$ ) son los sensibilidad a la muesca de flexión y cortante y ( $K_t$  y  $K_{ts}$ ) son los factores teóricos de concentración del esfuerzo de flexión y cortante.

La ecuación de Marin nos permite expresar los efectos considerando las condiciones de una superficie como el tamaño, carga, temperatura, entre otros parámetros. Dicha ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S'_e \quad (13)$$

Donde ( $S_e$ ) es el límite de resistencia a la fatiga en una zona crítica de la máquina, ( $K_a$ ) es el factor de modificación de la condición de la superficie, ( $K_b$ ) es el factor de modificación del tamaño, ( $K_c$ ) es el factor de modificación de la carga, ( $K_d$ ) es el factor de modificación de la temperatura, ( $K_e$ ) es el factor de confiabilidad, ( $K_a$ ) es el factor de modificación de efectos varios y ( $S'_e$ ) es el límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

A continuación, en la ecuación 14 nos muestra cómo se puede determinar la capacidad del tornillo sin fin aplicando el siguiente método:



$$c = (w \cdot (60 \cdot ((D_s P^2) - (D_p P^2)) \cdot P \cdot k) / 1728) \quad (14)$$

Donde, la capacidad es el transporte de material triturado (m<sup>3</sup>/h), (*w*) es la velocidad angular (rpm), (*D<sub>s</sub>P*) es el diámetro del tornillo (Plg), (*D<sub>p</sub>P*) es el diámetro del eje (Plg), (*P*) es el paso del tornillo (Plg), (*k*) porcentaje de carga a criterio ingenieril.

En la ecuación 15 tenemos la fuerza distribuida total a lo largo del eje, como se presenta en la siguiente expresión:

$$F_{distot} = F_{dist} + W_{dist} \quad (15)$$

Donde, (*F<sub>distot</sub>*) es la fuerza distribuida total a lo largo del eje (N/m), (*F<sub>dist</sub>*) es la fuerza distribuida sobre el eje (N/m) y *W<sub>dist</sub>* es la fuerza distribuida por el propio peso del eje.

A continuación, y por ultima la ecuación 16 y 17 tenemos la carga central, donde la carga es aplicada en los apoyos fijos de los rodamientos del eje distribuyéndose la carga de flexión a lo largo del eje del tronillo sin fin y se presenta en la siguiente expresión:

$$R1 = R2 = W \cdot L / 2 \quad (16)$$

$$M = W / 12 (6 \cdot L \cdot x - 6 \cdot x^2 - L^2) \quad (17)$$

Donde, *R1* y *R2*, son las cargas de reacción en los apoyos fijos, *W = F<sub>axial</sub>* es la carga fuerza axial *L* es la longitud del tornillo.

Para poder obtener resultados mecánicos en cuanto a la seguridad y estudios en la estructura de la máquina trituradora, se utilizarán Software que nos permitirán aplicar la simulación por el método de elementos finitos, con el fin de determinar los puntos críticos de la máquina.

ANSYS es un software que nos permite realizar procesos de análisis y simulaciones por medio de elementos finitos. Este software nos permite realizar ejecutar simulación y análisis a piezas o elementos en conjunto utilizados en ingeniería y sistemas mecánicos que se encuentran sometidos bajo uno a más fenómenos físicos de manera individual o en conjunto. ANSYS incluye dentro de su software la fase de pre proceso, resolución y pos proceso

en una sola herramienta de trabajo que nos permiten predecir el funcionamiento de nuevos sistemas y productos en un mundo real.

Para validar los resultados analíticos se empleará un modelado simulación por el método de elementos finitos por medio del paquete de simulación ANSYS Student 2022R2. Se considera como elemento crítico a la estructura de la máquina, la cual se analizará por medio de un estudio estático estructural (Static Structural), adicionalmente se aplicará un análisis en fatiga de los elementos rotatorios que soportan los mayores esfuerzos durante el proceso de lavado, específicamente los ejes de potencia y los elementos conectados a ellos.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**Tipo de investigación:** El tipo de investigación es aplicada, debido que en este trabajo de investigación se busca dar solución a un problema de diseño de una empresa, para lo cual se empleará el conocimiento ingenieril para obtener un diseño funcional de una máquina trituradora de troncos y ramas.

**Diseño de investigación:** El diseño de la investigación tipo cuasi experimental, pues se manipularon los parámetros de entrada deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes (Hernández, Fernández, & Baptista, 2016).

#### 3.2. Variables y operacionalización

Las ventajas de operacionalización, nos permite determinar cuáles son los instrumentos de medición que utilizaremos en nuestra investigación para dar respuesta a los problemas planteados como se muestra en la tabla 1, además de permitirnos hallar las técnicas estadísticas adecuadas para el análisis y recolección de datos. (Reguant, M., y Martínez-Olmo. F.2014)

##### **Variable independiente**

- Diámetro del tronco. (mm)
- Velocidad de avance del vehículo (m/s)

##### **Variable dependiente**

- Factor de seguridad. ( $F_s > 1$ )
- Productividad de la máquina. ( $0 < P < 1$ )

**Tabla 3.** Tabla de operacionalización de variables.

	<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>Independientes</b>	Dimensión del tronco	La geometría de los troncos de madera es la geometría que utiliza métodos analíticos para conocer el crecimiento de un árbol y la especie sobre la cual se trata. (UNAM, 2018).	Dimensiones que definen la geometría del tronco para su proceso en la máquina trituradora.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetro máximo del tronco (mm)</li> <li>• Altura máxima del tronco (m)</li> </ul>	<b>Nominal</b>
	Velocidad de avance del vehículo	La velocidad se define como el cambio de posición del tractor en un determinado tiempo, en un tractor la velocidad se mide por medio de un dispositivo de velocidad y GPS (Infotractores, 2021)	La velocidad lineal a la que se desplaza el tractor para una correcta trituración.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recorrido del tractor (m)</li> <li>• Tiempo de trituración (s)</li> </ul>	<b>Intervalo</b>
<b>Dependientes</b>	Factor de Seguridad	Relación existente entre la resistencia absoluta en una estructura y los esfuerzos de trabajo a la que son sometidas. Si el FS es mayor a 1, indica que la estructura o componente es seguro (whatispiping, 2022)	Es el valor que determina el grado de seguridad estructural de los componentes mecánicos dentro de la máquina.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor de seguridad (<math>F_s &gt; 1</math>)</li> </ul>	<b>De Razón</b>
	Productividad	La productividad de la maquina se basa en la cantidad de viruta en kilogramos que produce, es decir, cuanta viruta puede generar en un periodo de tiempo determinado (insightsoftware, 2022).	Es la cantidad de viruta que triturar la maquina en un determinado tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productividad de la maquina (<math>Viruta(kg)/hora</math>)</li> </ul>	<b>De Razón</b>

### 3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

**Población:** La población está basada en las máquinas enfocadas a la trituración de troncos y ramas en el Perú.

**Muestra:** La muestra es una máquina trituradora de ramas y troncos en el sector la libertad.

**Muestreo:** El tipo de muestreo es no-probabilístico por conveniencia, ya que obtendremos los datos y requerimientos de la máquina en función a las necesidades de la empresa.

**Unidad de análisis:** La muestra es una máquina trituradora de troncos y ramas en la empresa MAQTECNO S.A.C.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos que se emplearán en esta investigación se encuentran en la Tabla 2. Para estos se empleará una validación por juicio de expertos.

**Tabla 4.** Técnicas e instrumentos de recolección de datos

<b>TÉCNICAS</b>	<b>INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN</b>	<b>VALIDACIÓN</b>
Observación Directa	Guía de observación en el campo	Gerente
Entrevista	Guía de entrevista	Por especialista

### 3.5. Procedimientos

En la Figura 3 se observa el diagrama de flujo de los procedimientos que se llevaron a cabo para la recolección de datos. Este procedimiento incluye desde la solicitud para la recolección de datos dentro de la empresa (Anexo 1).

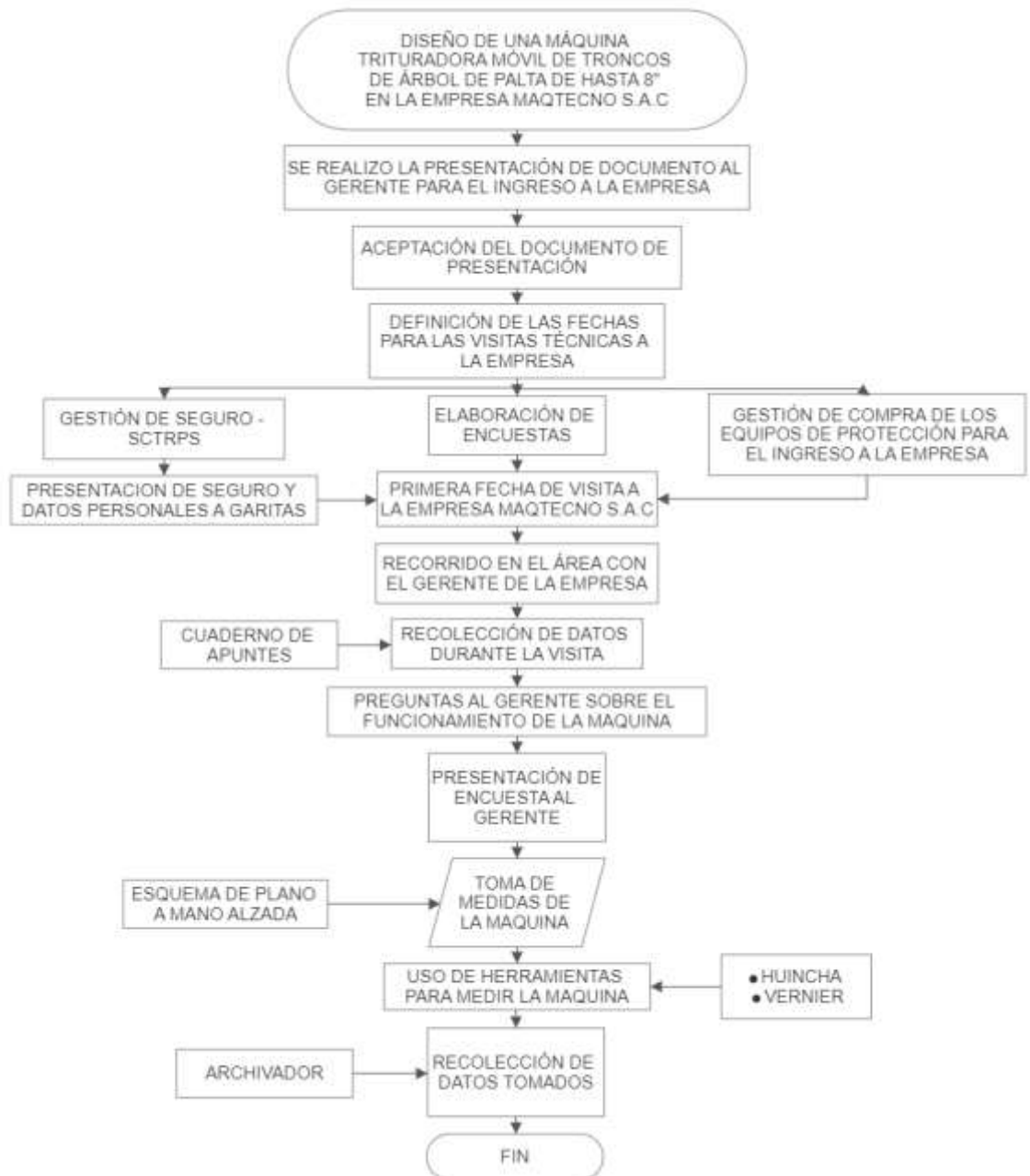


Figura 3. Diagrama de flujo de procedimientos

### **3.6. Método de análisis de datos**

Los métodos de análisis de datos obtenidos por medio de entrevistas y visitas técnicas, con los cuales se determinarán las especificaciones básicas para el diseño. Con estas especificaciones se elaboran varias alternativas de solución para el diseño de la máquina, posteriormente se realizarán los cálculos mecánicos y eléctricos y mediante un análisis paramétrico se determinarán los parámetros correctos para alcanzar la producción deseada. Adicionalmente se realizará una simulación estructural del equipo para determinar el factor de seguridad del mismo. Finalmente se elaborarán los planos y esquemas del equipo terminado. Para validar la viabilidad económica se realizará un análisis económico.

### **3.7. Aspectos éticos**

Se consideró la entrega de información necesaria al gerente de la empresa MAQTECNO S.A.C. con el fin de dar a conocer cuál es el tema de estudio y los detalles importantes que consideramos pertinentes, así mismo se presentó la documentación correspondiente para la obtención de datos dentro de la empresa.

Se utilizó la normativa ISO 690 edición para las citas o referencias en la presente investigación, con el fin de respetar los derechos de autor de diferentes fuentes de investigación, además de trabajar bajo las normativas establecidas en el rubro de diseño y el código de ética del colegio de ingenieros del Perú.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. Determinación de las necesidades de diseño**

Para obtener las necesidades de diseño se empleó como instrumento de recolección de datos una entrevista de 13 preguntas cuyo formato vacío se puede observar en el Anexo 2. De igual manera se aplicaron un total de cinco entrevistas dirigidas al personal de la empresa MAQTECNO SAC, las cuales han sido escaneadas y se encuentran en el Anexo 2. El personal entrevistado este compuesto por el gerente general, un supervisor de operaciones y tres técnicos mecánicos. Con información obtenida a continuación se describen los resultados por cada pregunta de la entrevista.

#### **Pregunta 1. Limitaciones de máquinas importadas**

Según los entrevistados los problemas típicos son: Falta de potencia de la máquina y fractura de elementos como cuchillas de corte y eje rotor, además indicaron que las maquinas importadas no son fabricadas para condiciones de trabajo en el Perú

#### **Pregunta 2. Características para el diseño de la máquina trituradora**

Según los entrevistados, las características que se buscan son: mayor capacidad de triturado (7 a 8.5 pulgadas de diámetro), que la máquina sea más robusta y que sus repuestos sean comerciales y accesibles.

#### **Pregunta 3. Dimensiones de los troncos de palta**

Según los entrevistados, las dimensiones de los troncos de palta son las siguientes: alto = 1.50-2.50 m, diámetro = 7-8.5" pulgadas.

#### **Pregunta 4. Potencia del tractor para el accionamiento de la máquina.**

Según la experiencia en campo de los entrevistados, la potencia del tractor es de: mínima potencia de 180HP, máxima potencia de 250HP



**Pregunta 5. Distancia de separación entre cada árbol de palta.**

La distancia que existen entre cada árbol de palta según los entrevistados es de 6 metros como máximo y como mínimo 3 metros.

**Pregunta 6. Dimensiones de la entrada del triturado**

Según las respuestas obtenidas el ancho para la entrada del triturador debe estar entre 2 a 2.20 m, la altura es de 50 cm y la profundidad es de 1.40 m.

**Pregunta 7. Velocidad promedio del tractor para la máquina trituradora**

Según los entrevistados, la velocidad promedio a la que avanza el tractor cuando está conectado a la máquina es de 1.3-2.0 KM/H.

**Pregunta 8. Elementos usados para la transmisión de potencia de tractor hacia la maquina**

Los entrevistados indicaron que el principal elemento usado para la transmisión de potencia y accionamiento del tractor hacia la máquina es el cardan.

**Pregunta 9. Revoluciones por minuto a la que trabaja la maquina**

Los entrevistados indicaron que los rodillos de la máquina encargados de la trituración trabajan entre 2000 a 2500 RPM.

**Pregunta 10. Elementos usados para la transmisión de la máquina hacia los cilindros de corte**

Los elementos utilizados para la transmisión de velocidad de la máquina trituradora hacia los cilindros de corte son por medio de poleas y fajas tipo V.

**Pregunta 11. Dimensiones y funciones de los cilindros.**

Según los entrevistados, en la máquina actual existen 3 cilindros, de los cuales sus dimensiones y funciones son: Cilindro 1, su largo es de 2.2m, su diámetro es de 5 pulgadas y su función es triturar; Cilindro 2, su largo es de 2.2 m, su diámetro es de 6 pulgadas y su función es triturar; Cilindro 3, su

largo es de 2.4m, su diámetro es de 28-30 cm y su función es expulsar los residuos triturados

**Pregunta 12. Uso de los residuos de tronco triturados**

Los entrevistados mencionaron que los residuos obtenidos de la máquina trituradora son usados como compostaje (abono), además mencionaron que los residuos son usados para cubrir a los nuevos árboles de los rayos del sol y generar humedad, es decir, el residuo es usado como materia prima.

**Pregunta 13. Normativas utilizadas para la fabricación de la máquina.**

El diseño actual no se trabajó bajo ninguna norma relacionada a las consideraciones de la fabricación de maquinarias.

**Tabla 5. Resumen de las entrevistas**

Resumen de Entrevistas													
PREGUNTAS	Pregunta 1	Características para el nuevo diseño	Dimensiones de troncos	Potencia de tractor	Distancia entre arboles	Dimensiones de entrada	Velocidad de tractor	Elementos de transmisión tractor a maquina	RPM de la maquina	Elementos de transmisión maquina a cilindro	Dimensiones de cilindros	Uso de residuos	Normativas aplicadas al diseño existente
ENTREVISTADOS													
<b>Gerente General</b>	Su diseño no cumple con las necesidades	Capacidad para troncos de 10-19cm	Alto 1.50mts, diámetro 10-18cm	180 HP	6 m	Ancho 2.20 m, Alto 50cm, Profundidad 1.40 m	2 km/H	Cardan	2500 RPM	Poleas y fajas	(C.1) 2.20 m, (C.2) 2.20 mts, (C.3) 2.40 mts	Compostaje (abono)	Ninguna
<b>Supervisor de Operaciones</b>	No cuentan con un sustento técnico y no cumplen las necesidades	Mejor diseño estructural, mayor capacidad de triturado	Alto 90cm, diámetro 7-8"	180 HP	2.5 a 3m	Ancho 2.2-2.3 mts, alto 90cm	1.3-1.5 km/h	Cardan	1000 RPM	POLEAS Y FAJAS	(C.1) 5" pulg, (C.2) 6" pulg, (C.3) 28-30 cm	Abono, protección de raíz, humedad	Ninguna
<b>Mecánico por oficio</b>	Fractura de cuchillas y eje rotor, Atascamiento	Mayor capacidad, más robustez, mayor torque	Alto 2.50 m, diámetro 8-8.5" pulg	180-250 HP	6 m	Ancho 2.2 mts, alto 50cm, profundidad 1.40 mts	2 km/h	Cardan	2500 rpm	Poleas y fajas dentadas	(C.1) 2.20 mts, (C.2) 2.20 mts, (C.3) 2.40 mts	Compostaje (abono)	Ninguna
<b>Mecánico por oficio</b>	Atascamiento, falta de potencia, fractura de cuchillas	Más robustez, mayor potencia, mejor capacidad	Alto 2-2.5 mts, diámetro 8" pulg	180 HP	2.5 a 3 mts	Ancho 2.2 mts, 90 cm, 1 mt	1.3-1.5 km/h	Cardan	2000 RPM	POLEAS Y FAJAS	(C.1) 2.20 mts X 5", (C.2) 2.20 mts X 6", (C.3) 2.40 mts X 30cm	Compostaje, protección de raíz	Ninguna
<b>Mecánico por oficio</b>	Trituración deficiente, maquina muy pequeña	Mayor capacidad, más robustez, más potencia	No tiene conocimiento	180 HP	No tiene conocimiento	Ancho 2.2 mts, alto 50cm, profundidad 90 cm	1.5-2 km/h	Cardan	2000 RPM	Poleas y fajas	(C.1) 2.20 mts, (C.2) 2.20 mts, (C.3) 2.40 mts x 30cm	Protección de raíz, abono	Ninguna

Después de haber realizado el análisis de las necesidades de la empresa obtenidas por medio de las entrevistas para el diseño de la máquina trituradora, se realizó una tabla especificando las funciones que realizara la máquina y los rangos para las variables de acuerdo a las respuestas obtenidas, para ello se tomaran valores y rangos límites para las variables enfocadas al diseño. Esta información se encuentra en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Tabla de especificaciones de ingeniería

<b>ESPECIFICACIONES DE INGENIERIA</b>			
<b>Subfunción</b>	<b>Características de ingeniería</b>	<b>Unidad</b>	<b>Limites</b>
Dimensiones de tronco promedio de triturado	Dimensiones	Centímetros	Diámetro: $17 \leq L \leq 22$ Alto: $150 \leq L \leq 225$
Potencia de tractor a utilizar	Potencia	HP( Horse Power)	$180 \leq L \leq 250$
Distancia entre árboles para dimensionamiento de la maquina	Dimensiones	Metros	$2.5 \leq L \leq 6$
Velocidad del tractor	Velocidad lineal	KM/h	$1.3 \leq L \leq 2$
Revoluciones por minuto de trabajo	Velocidad angular	Revoluciones por minuto (RPM)	$2000 \leq L \leq 2500$

## 4.2. Diseño conceptual

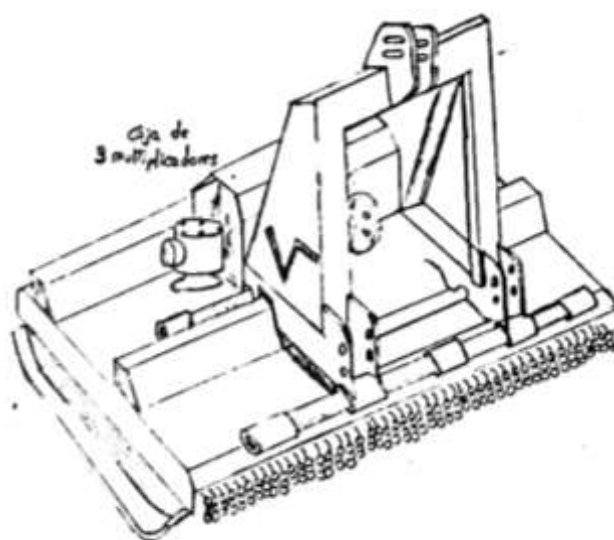
Para obtener la alternativa de solución óptima para el análisis y diseño de la máquina trituradora de troncos de palta de hasta 8" de diámetro, se tomaron en cuenta 3 conceptos en los cuales se mencionan sus principales características, ventajas y desventajas.

### Concepto 1

El siguiente concepto nos muestra una máquina trituradora forestal, la cual cuenta con doble grupo de la serie F2N – DRAA(sistema de cuchillas de manera vertical), que cuenta con un armazón de plancha acerada de 10mm de espesor y chapa acerada reforzada (doble) de 8mm. Además, este equipo cuenta con 3 multiplicadores de velocidad y 2 núcleos de cuchillas y cadenas, diseñado para su accionamiento usando tractores orugas o excavadoras giratorias de ruedas. Adaptable a tractores oruga de 70 hasta 180CV. En la figura 4 se muestra el siguiente concepto. (VENTURA, 2023)

Su principal ventaja es su diseño sencillo y compacto que permite su fácil uso en condiciones de trabajo adversas.

La desventaja de la máquina son revoluciones de triturado de la máquina de 540 RPM, lo que generaría mayor atascamiento debido a la falta de velocidad angular de triturador.



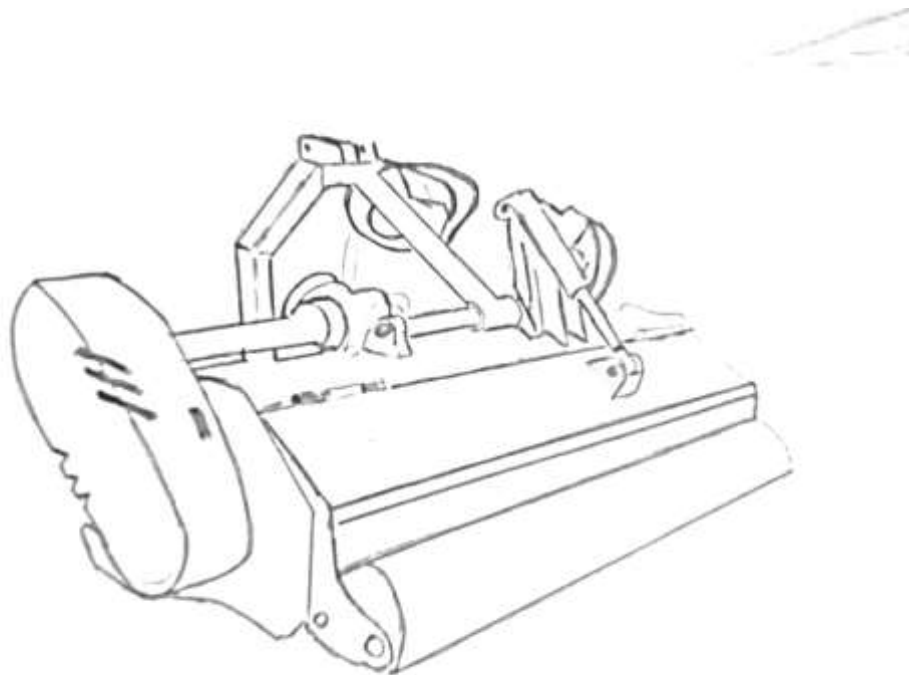
**Figura 4.** Vista Isométrica de máquina trituradora F2N- DRAA,

## Concepto 2

El siguiente concepto trata sobre una máquina desbrozadora de troncos de brazo articulado, la cual cuenta con un brazo extensible que funciona a través de un sistema hidráulico para su movimiento en diferentes posiciones y ángulos de trabajo. Por lo general el equipo está equipado con cuchillas o sierras de corte fabricados especialmente para su aplicación en zonas verdes, carreteras o para trabajos en montes y zonas semi forestales. Su alcance promedio varía entre los 5.50 y 6.40 metros de altura (OSMAQ, 2023).

Su principal ventaja es su brazo giratorio que le permite acceder a diferentes ángulos de trabajos, además de contar con un eje rotor de martillos.

Su principal desventaja es que, al ser un sistema integrado, se deben implementar todo el sistema del brazo neumático, haciéndola más costosa la fabricación, el mantenimiento y reparación.



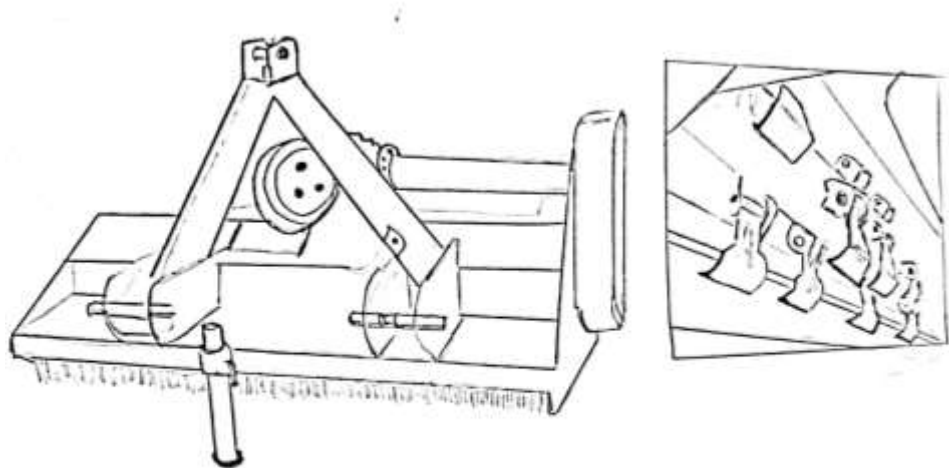
**Figura 5.** Vista isométrica de máquina trituradora de brazo articulado

### Concepto 3

El siguiente concepto nos muestra una configuración de máquina trituradora de martillos accionada por tractor, la cual es ideal para el trabajo en terrenos de cultivo, viveros, etc. Su estructura está conformada por material de acero ASTM A36 y acero fundido. Esta máquina cuenta con 2 rodillos de triturado, patines laterales y una alta velocidad de giro de las cuchillas para un triturado perfecto. Su funcionamiento está dado por un cardan conectado a la toma fuerza de la máquina, la cual acciona y transmite la potencia hacia los rodillos, finalmente los residuos de tronco triturados son expulsados por medio de un tornillo sin fin. (RUIZ, José Luis 2014).

La principal ventaja de esta máquina es la configuración de sus cuchillas y la velocidad angular que genera, ya que tritura de manera correcta los troncos y las RPM alcanzadas permiten trabajar con una mayor eficiencia y velocidad.

Su desventaja está enfocada en la relación de velocidad angular y la potencia ejercida por la máquina, ya que algunas de estas no cumplen con las necesidades para las cuales son construidas.



**Figura 6.** Vista frontal e inferior de máquina trituradora de martillos

Para determinar la alternativa óptima para el diseño de la máquina, se utilizó una matriz de selección ponderada aplicando los siguientes criterios a evaluar: Rigidez estructural, Triturado uniforme, Capacidad de triturado, Versatilidad de movimiento, Tiempo de trabajo, Facilidad de fabricación y seguridad. La configuración de la matriz ponderada se muestra en la tabla 7, considerando en primera tabla izquierda los criterios a evaluar. Se asignó a cada criterio un peso considerando la relevancia en su construcción y trabajo, de la misma manera se manejó la escala ordinal para calificar según la satisfacción de cada alternativa siendo: Insatisfecho (0); Poco satisfecho (1); Satisfecho (2); Muy satisfecho (3); Perfectamente satisfecho (4). Para determinar la calificación ponderada se multiplico el peso ponderado de cada criterio (%) por la valoración según la valoración. Finalmente se eligió el concepto con mayor puntuación obtenida para el diseño alternativo de la máquina.



**Tabla 7.** Matriz de selección ponderada de conceptos de solución

Matriz de selección ponderada							
Conceptos de solución							
		Concepto 1		Concepto 2		Concepto 3	
Criterio	Importancia Peso (%)	Valoración	Calificación ponderada	Valoración	Calificación ponderada	Valoración	Calificación ponderada
Rigidez estructural	20%	2	0.4	2	0.4	3	0.6
Triturado uniforme	15%	1	0.15	3	0.45	3	0.45
Capacidad de triturado	15%	2	0.3	2	0.3	3	0.45
Versatilidad de movimiento	15%	2	0.3	4	0.6	2	0.3
Tiempo de trabajo	15%	1	0.15	2	0.3	4	0.6
Facilidad de fabricación	10%	3	0.3	2	0.2	3	0.3
Seguridad	10%	2	0.2	2	0.2	2	0.2
	100%		<b>1.8</b>		<b>2.45</b>		<b>2.9</b>
<b>Posición</b>		<b>3°</b>		<b>2°</b>		<b>1°</b>	
		<b>Clasificación</b>		<b>Valor</b>			
		Insatisfecho		0			
		Poco satisfecho		1			
		Satisfecho		2			
		Muy satisfecho		3			
		perfectamente satisfecho		4			

### 4.3. Diseño de configuración

Se realizaron alternativas de configuración con el fin de encontrar la mejor opción y cumplir con el objetivo de soportar cargas y esfuerzos para los elementos de la máquina. Donde nuestro propósito de estas alternativas de diseño de configuración se basa en los elementos de corte y el diámetro del cilindro eligiendo el más apropiado para realizar ensayos de fatiga y factores de seguridad.

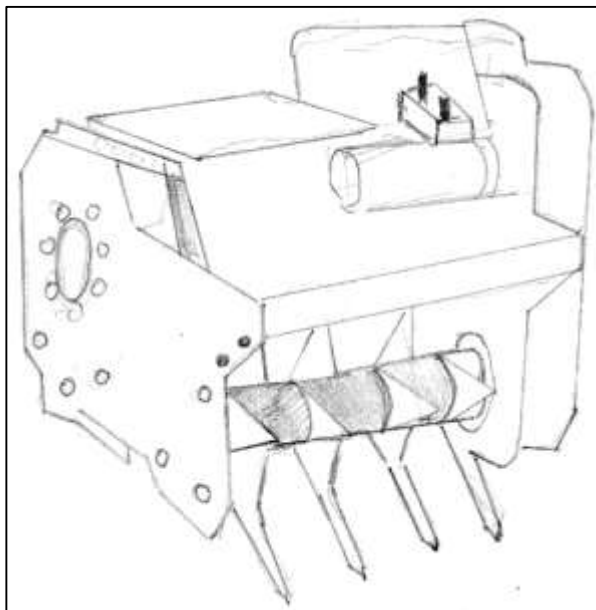
#### Alternativas de configuración

##### Configuración “A”

A continuación, se observa en la figura N°7, el diseño de la configuración “A” que cuenta con un alimentador que eleva las ramas dirigiendo a un tambor cerrado, donde hay otro eje con martillos que rompen y desgarran las ramas saliendo por el lado exterior de la máquina.

Las ventajas de este sistema es que puede ser adaptado a un brazo hidráulico.

Su desventaja es que puede llegar a un riesgo de atoramiento, diámetro del tronco estandarizado.



**Figura 7 .** Diseño de configuración “A”

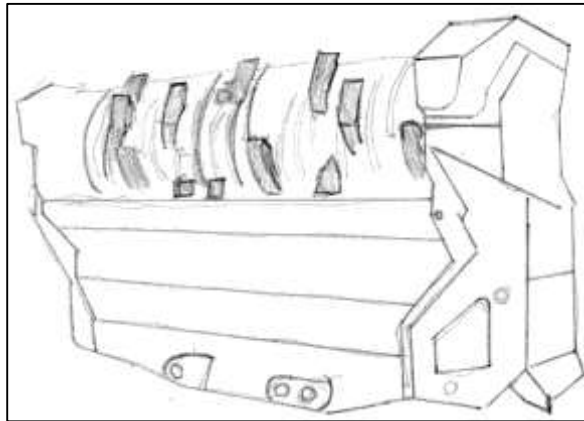
**Fuente:** Propia

### **Configuración “B”**

Para el diseño de configuración en la figura N°8 se muestra que dicho sistema cuenta con unas cuchillas endurecidas montadas, sujetadas con pernos, contando también con un sistema de transmisión por poleas.

La principal ventaja de este sistema de cuchillas es que su triturado del material es uniforme.

La principal desventaja es que su estructura y sistema la hacen pesada, además de ser costosa.



**Figura 8.** Configuración de diseño “B”

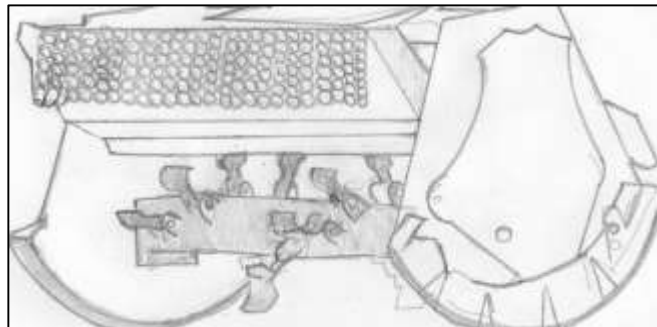
**Fuente:** Propia

### **Configuración “C”**

En la figura N°9, se muestra que la configuración de las cuchillas cuenta con un rotor helicoidal con cuchillas de corte giratorio 360° intercambiable, contando también con correas dentadas de alto rendimiento, también con cadenas de prevención de accidente.

Su ventaja es que puede ser adaptable a tractores agrícolas, el costo de la máquina y el peso están determinadas a su diseño, la capacidad máxima del tronco a triturar de 8”.

Su desventaja es el desgaste por esfuerzo de fatiga que puede llegar a sufrir los elementos que sufren mayor carga



**Figura 9.** Configuración de diseño “C”

**Fuente:** Propia

**Tabla 8.** Matriz de selección ponderada para las configuraciones de diseño.

Matriz de selección ponderada							
Conceptos de solución							
Concepto 1		Concepto 1		Concepto 2		Concepto 3	
Criterio	Importancia Peso (%)	Valoración	Calificación ponderada	Valoración	Calificación ponderada	Valoración	Calificación ponderada
<b>Rigidez estructural</b>	20%	1	0.4	3	0.6	2	0.4
<b>Triturado uniforme</b>	15%	3	0.45	2	0.3	3	0.45
<b>Capacidad de triturado</b>	15%	2	0.3	3	0.45	4	0.6
<b>Versatilidad de movimiento</b>	15%	3	0.45	1	0.15	3	0.45
<b>Tiempo de trabajo</b>	15%	2	0.3	2	0.3	2	0.3
<b>Facilidad de fabricación</b>	10%	3	0.3	1	0.1	3	0.3
<b>Seguridad</b>	10%	2	0.2	3	0.3	3	0.3
	100%	16	<b>2.4</b>	<b>15</b>	<b>2.2</b>	<b>20</b>	<b>2.8</b>
<b>Posición</b>		<b>3°</b>		<b>2°</b>		<b>1°</b>	
<b>Clasificación</b>		Valor					
Insatisfecho		0					
Poco satisfecho		1					
Satisfecho		2					
Muy satisfecho		3					
Perfectamente satisfecho		4					

#### 4.4. Análisis paramétrico de los componentes críticos de la máquina

A continuación, se desarrollarán los cálculos y simulaciones que nos permitirán determinar los parámetros para el diseño de la máquina trituradora de troncos de palta.

##### 4.4.1. Análisis del eje superior de la máquina trituradora

###### Cálculo de la Fuerza de corte

En la Figura N°10 se muestra la descomposición de fuerzas durante la acción de corte. Para el cálculo de esta fuerza se empleó la ecuación 7 la cual nos permite determinar la fuerza cortante de la cuchilla respecto a la madera tomando como parámetros, el espesor de la viruta antes del corte(3.5mm), la densidad media de la madera de palta ( $540 \frac{kg}{m^3}$ ) obtenido de la tabla 2, el Angulo de inclinación (0.2618), contenido de humedad de la madera (37%), el Angulo generado por la velocidad de corte con respecto a las tiras o trozos de madera(1.57 rad), desgaste del filo o redondeo del filo del martillo(100  $\mu m$ ), y la temperatura de la madera (26°C).

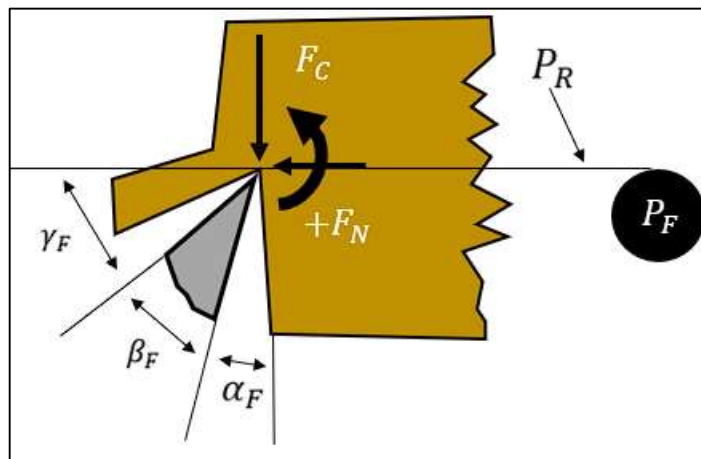
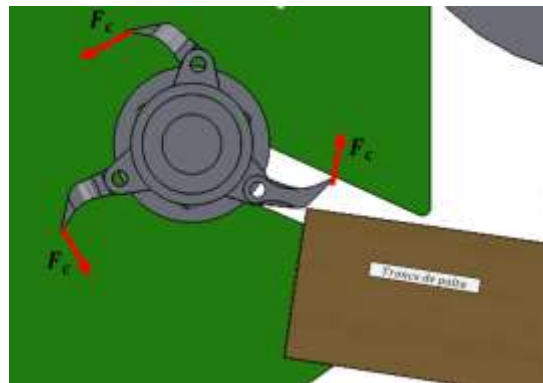


Figura 10. Fuerza de corte y fuerza normal, ángulos de corte

Fuente: Propia

Para determinar la velocidad de corte  $v_c$  se utilizaron parámetros como la velocidad angular a la que gira el eje (1000 rpm), y el radio de la cuchilla de corte hasta el centro del eje superior (0.2248 m)(Figura N°11). Obteniendo como resultado que la velocidad de corte es de 23.5410 m/s.

Finalmente aplicando los parámetros y considerando las ecuaciones 8 y 9 respectivamente, se obtiene como resultado que la fuerza de corte aplicada a la madera  $F_c = 663.0818$  N.

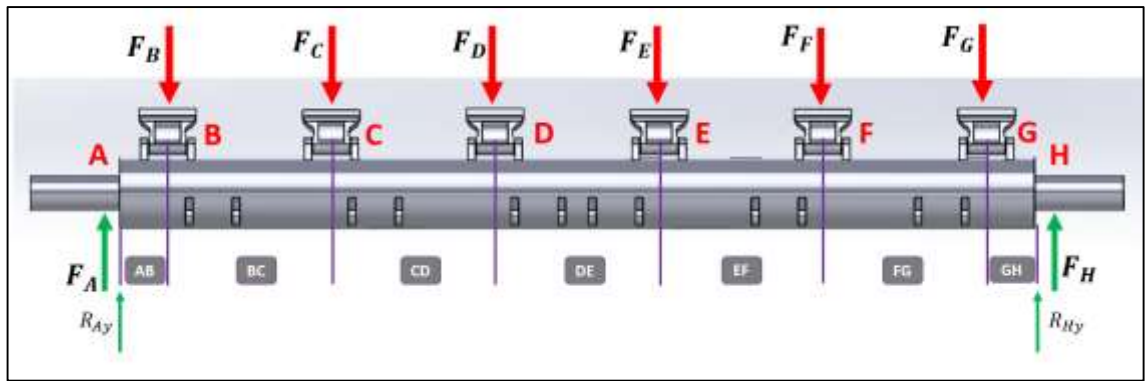


**Figura 11.** Simulación del esfuerzo de corte hacia el tronco

**Fuente:** Propia

### **Diámetro del eje superior.**

En la Figura N°12 se muestra el diagrama de cuerpo libre (DCL) del eje de tritador superior el cual contiene un total de 17 cuchilla ubicadas a lo largo de toda su longitud y agrupados en tres grupos en toda su circunferencia. La fuerza de reacción de las cuchillas ( $F_c$ ) actúa de manera inversa a la fuerza de acción y la fuerza de reacción en los extremos del eje ( $F_r$ ) donde la fuerza es inversamente proporcional a la fuerza aplicada. Para determinar los momentos de flexión se tomara como referencia el punto A. Considerando que la fuerza de reacción en el eje  $R_{Hy}$  es la sumatoria de cada una de las fuerzas por la distancia del centro de cada martillo entre la longitud total del cilindro, obtenemos que la fuerza de reacción en  $R_{Hy}$  es 1989.2455 N, de la misma manera obtenemos  $R_{Ay}$  teniendo como resultado 1989.2455 N. Ambas reacciones son similares debido a que ambos extremos estarán sujetos a rodamientos y las cuchillas estarán distribuidas de manera uniforme.

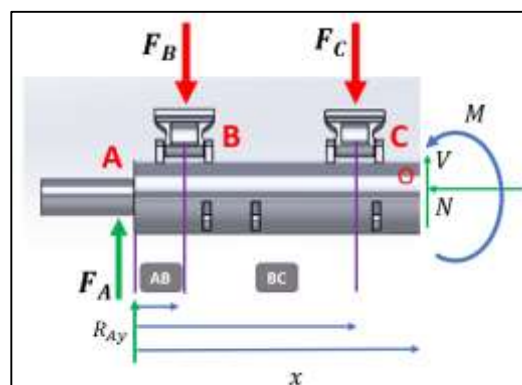


**Figura 12.** Diagrama de cuerpo libre del eje superior del triturador

**Fuente:** Propia

### Momento de flexión medio y alternante

Para obtener el momento de flexión del eje superior se consideraron las reacciones  $R_{Hy}$  y  $R_{Ay}$  obtenidas anteriormente, tomando como punto de referencia el punto A se aplicó la sumatoria de momento teniendo en cuenta la distancia al centro de cada martillo como se muestra en la figura N°13. Donde O es el punto imaginario en el centro entre distancias de cada martillo.

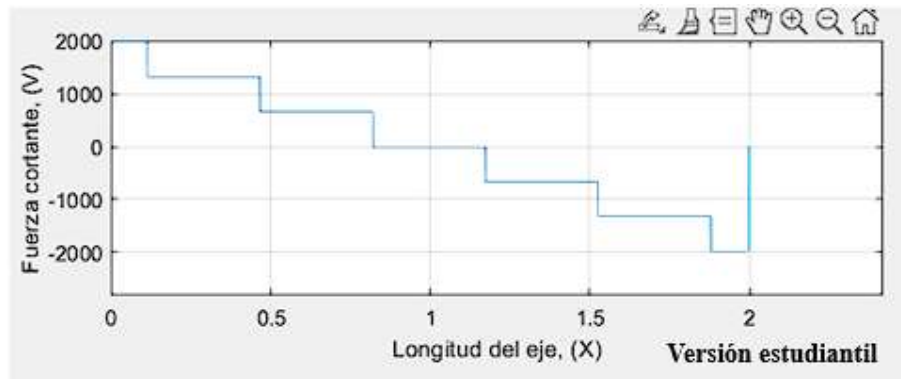


**Figura 13.** Diagrama de momento de flexión del eje superior

**Fuente:** Propia

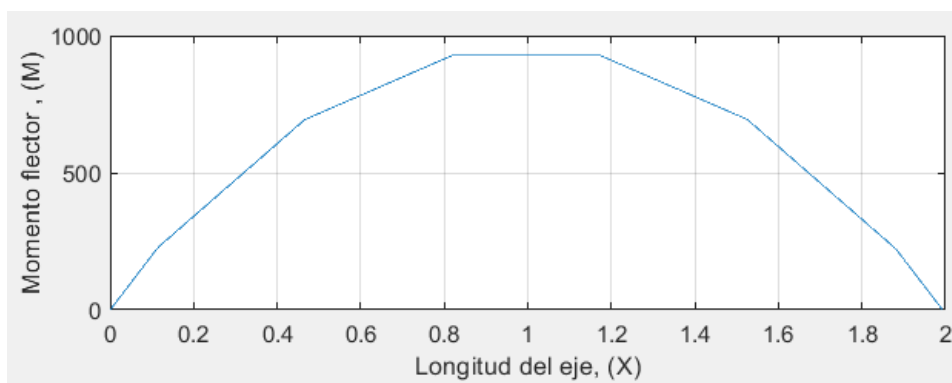
Utilizando el software de programación MAT LAB se realizó la curva característica la cual indica el mayor momento de flexión en cada una de las cuchillas. Obteniendo como resultado que el momento máximo de flexión del eje es  $M_{max} = 927.9830$  kN.m como se muestra en la figura N°14.





**Figura 14.** Curva característica del momento cortante

**Fuente:** Propia



**Figura 15.** Curva característica del momento máximo de flexión

**Fuente:** Propia

Considerando que es una curva fluctuante entre un valor negativo y positivo, el momento de flexión medio se considera  $M_m = 0$  ya que su punto medio estará en la posición 0 del eje X.

### **Momento de torsión medio y alternante**

Para el momento de torsión  $T_m$  se debe tener en cuenta la potencia del eje motor, en este caso, el trabajo de la máquina estará accionada por un tractor Massey Ferguson Mf 7370, el cual cuenta con una potencia de 180 CV como se muestra en el anexo 4 y una rotación nominal o velocidad angular de la toma de fuerza de 1000 rpm. La potencia del eje se dividirá entre las 3 poleas que accionan a los ejes de rotación, donde  $P = 180 * 745.7(W)/3poleas = 44,742 W/Polea$ . Finalmente  $T_m = 427.2546 N.m = T_{max}$ . En el caso del momento de torsión al no existir

fluctuación en el eje, podemos definir que el momento de torsión alterno  $T_a = 0$ .

### **Factor de concentración del esfuerzo por fatiga de $K_f$ y $K_{fs}$**

Para determinar los factores de concentración de esfuerzos por fatiga de flexión  $K_f$  se empleó la ecuación 11, cuyos parámetros se obtienen por medio del anexo 5 y 6, el valor de la sensibilidad a la muesca  $q = 0.37$  considerando que el valor de la resistencia última a la tensión para el acero estructural ASTM-36 es  $S_{ut} = 58.01 \text{ kpsi}$  (Anexo 5) y por medio de interpolación para un valor de  $\frac{a}{D} = 0.51$  y  $\frac{d}{D} = 0.81$ , se obtiene el factor teórico de concentración de esfuerzos  $k_t = 2.856$ .

Para el factor de concentración de esfuerzos por fatiga de torsión  $K_{fs}$  se aplica la ecuación 12, determinando la sensibilidad a la muesca cortante (anexo 7) obteniendo que  $q_{cortante} = 0.92$ , además el valor de  $k_{ts}$  (anexo 8) siendo el valor de  $\frac{a}{D} = 0.51$  y  $\frac{d}{D} = 0.81$ , obteniendo el factor teórico de concentración de esfuerzos en torsión  $k_{ts} = 2.602$ .

Reemplazando en las ecuaciones 11 y 12 y considerando que, al ser un eje hueco,  $D = 0.156m$  y  $d = 0.12743m$ , los factores de concentración de esfuerzos son  $K_f = 1.6867$  y  $K_{fs} = 2.4738$  respectivamente.

### **Cálculos utilizando la ecuación de Marin**

El límite de resistencia a la fatiga  $S_e$  se determina utilizando la ecuación 13. Para el factor de superficie  $K_a$  consideramos el factor a y el exponente b (anexo 10), considerando que el acabado superficial del eje es maquinado, para el Factor  $a = 4.51 \text{ MPa}$  y como exponente  $b = -0.265$  respectivamente. Considerando que el valor de límite último de tensión es  $S_{ut} = 400 \text{ MPa}$ , obtenemos que el factor de superficie  $K_a = 0.9218$ .

Para obtener el Factor de modificación del tamaño  $K_b$  que el diámetro de eje es de  $156mm$ , por lo tanto, obtendremos del anexo 10 que la ecuación para obtener  $K_b$  es la que varía entre  $51 < d > 254mm$  respectivamente, obteniendo como resultado que  $K_b = 0.6834$ .

El factor de carga  $K_c$  para el caso de la presente investigación se mide como una fuerza de flexión generado por la rotación del eje, considerando que los valores medios del factor de carga se especifican en el anexo 11, obtenemos que  $K_c = 1$  respectivamente.

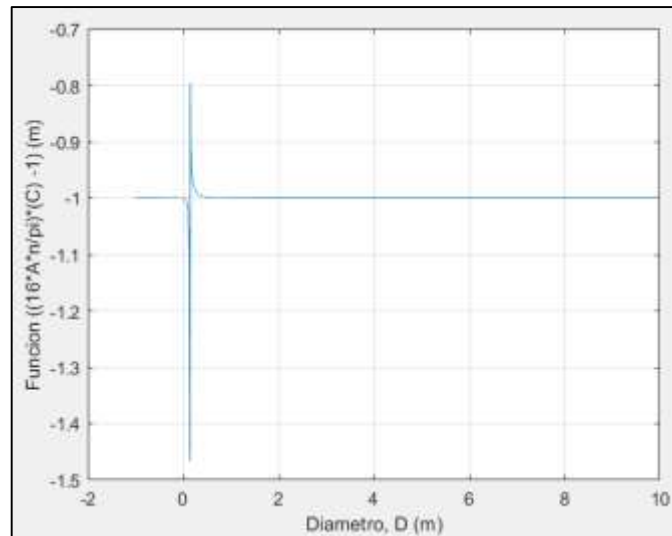
Para determinar el factor de temperatura  $K_d$  tomamos como referencia el trabajo de los ejes de la cuchilla a una temperatura de  $28^\circ\text{C}$  teniendo en cuenta el lugar de trabajo y las condiciones a las cuales será sometida, obteniendo como resultado que  $K_d = 1$ .

Para obtener el valor de  $K_e$  debemos obtener el valor de  $Z_a$  (Anexo 12) estimando que el eje cuenta con una confiabilidad del 95%, podemos determinar que  $Z_a = 1.645$  y el factor de confiabilidad es  $K_e = 0.868$ .

Para determinar el límite de resistencia a la fatiga  $S'_e$  se estimará teniendo en cuenta la resistencia a la tensión del acero es  $S_{ut} = 400 \text{ MPa}$  (Ver anexo 14). Reemplazando el valor (Anexo 13) se obtiene como resultado que el límite de resistencia a la fatiga es  $S'_e = 200 \text{ MPa}$ .

Finalmente se obtiene los resultados de la ecuación de Marín reemplazando los valores obtenidos en la ecuación 13, obteniendo como resultado que  $S_e = 109.4049 \text{ MPa}$ .

Para obtener el diámetro, consideramos un factor de seguridad mínimo  $n = 1.5$ , un esfuerzo de fluencia para el acero ASTM A-36  $S_y = 250 \text{ MPa}$  Pa, así como los valores de los factores de concentración de esfuerzos, momentos de torsión y flexión y ecuación de Marín, obteniendo como resultado que el diámetro del eje superior es de  $d = 0.1443 \text{ m}$



**Figura 16.** Curva característica del diámetro del cilindro superior

**Fuente:** Propia

### **Esfuerzos de flexión y torsión alternante y medio**

Empleando los resultados del diámetro obtenido y los momentos de flexión y torsión, podemos determinar los esfuerzos de flexión  $\sigma_a = 71.0473 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_m = 0 \text{ MPa}$  y los esfuerzos de torsión  $T_a = 0 \text{ MPa}$ ,  $T_m = 15.2700 \text{ MPa}$ .

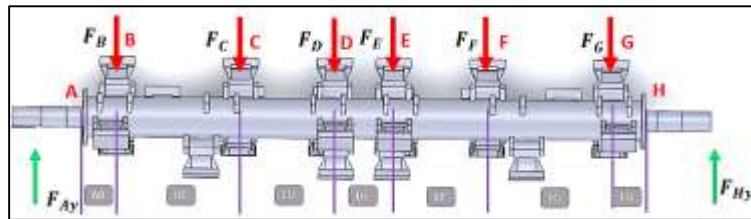
#### **4.4.2. Análisis del eje inferior de la máquina trituradora**

Para el análisis del eje inferior se consideró que, al ser el eje principal de triturado, es decir, el que llevara a cabo la mayor parte del proceso de corte puesto que estará a menor distancia del suelo, se realizó el dimensionamiento considerando el tamaño de la viruta obtenida por medio del prototipo la cual tiene un volumen  $V_{viruta} = 3.75 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ ,

Realizando un balance entre velocidad y la cantidad de cuchillas en el eje se obtuvo que el eje debe girar a velocidad angular de 1500 rpm, y contar con 12 cuchillas distribuidas en el centro del eje (Zona de mayor trabajo de triturado), logrando que con dicha configuración la maquina recorra 2.5mts (longitud del tronco máximo) en 9 segundos, y logre triturar un tronco por completo en 7.20seg respectivamente.

### Cálculo de la Fuerza de corte

La fuerza de corte del eje inferior de la máquina, se determinara por medio de ciertos factores que lo diferencian del eje superior (Figura N°17) como sería el radio desde el filo de la cuchilla de corte hasta el centro del eje (0.22256 m) y la velocidad de corte angular (1500rpm), los cuales nos permiten determinar la velocidad de corte  $v_c = 34.9596 \text{ m/s}$  debido a que la polea será de menor diámetro para una mayor velocidad de corte. Obteniendo como resultado la que fuerza de corte es  $F_c = 665.3656 \text{ N}$ .

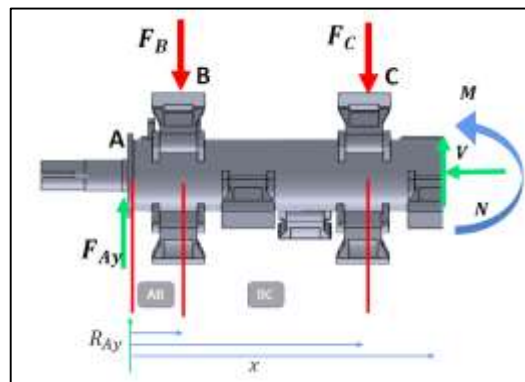


**Figura 17.** Diagrama de cuerpo libre del eje inferior de la maquina

**Fuente:** Propia

### Momento de flexión medio y alternante

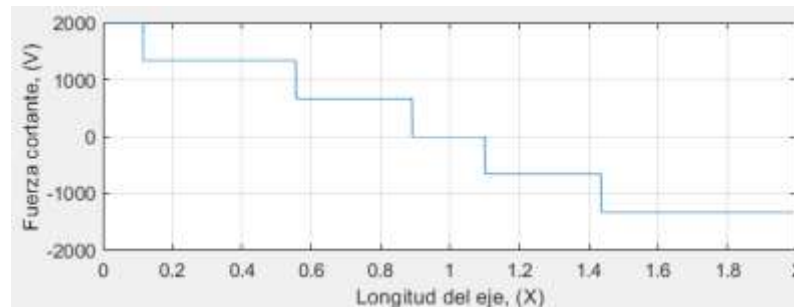
Para las reacciones en  $R_{Gy}$  y  $R_{Ay}$  se aplicó sumatoria de fuerzas y momentos en ambos puntos como se muestra en la figura N°18 obteniendo que  $R_{Hy} = 1996.0967 \text{ N}$  y  $R_{Ay} = 1996.0967 \text{ N}$ .



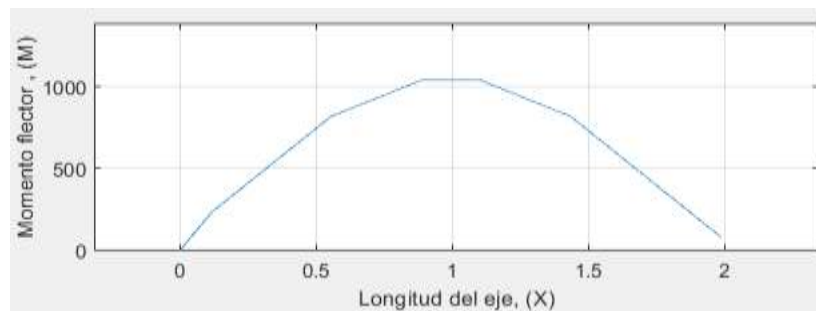
**Figura 18.** Diagrama de momento de flexión del eje inferior

**Fuente:** Propia

Finalmente utilizando el software de programación MAT LAB se obtuvo la curva característica de fuerza cortante y momento flector (figura N°19 y 20), siendo el momento de flexión aplicado al eje inferior  $M_{max} = 1041 \text{ N.m}$ .



**Figura 19.** Curva característica de fuerza cortante  
**Fuente:** Propia



**Figura 20.** Curva característica del máximo momento de flexión  
**Fuente:** Propia

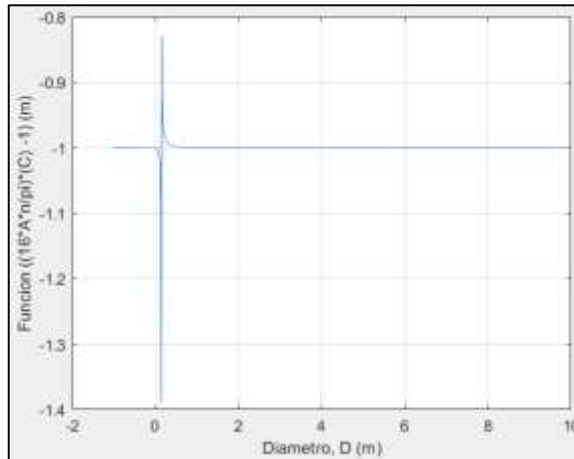
### Momento de torsión medio y alternante

Para el momento de torsión utilizamos la potencia del eje motor del tractor, utilizando como valor para la potencia  $P=44,742 \text{ W/Polea}$ , considerando que la velocidad angular es  $w= 1870.96 \text{ rpm}$ , obtenemos el momento torsión medio  $T_m = 284.83 = T_{max} \text{ (N.m)}$ . Al no existir fluctuación en el eje, podemos definir que el momento de torsión alterno  $T_a = 0$ .

### Cálculos utilizando la ecuación de Marín

Considerando que el acero para ambos ejes es el mismo, los esfuerzos y límites de resistencia se consideran los mismo con el eje superior. Para el estudio del eje inferior se consideró un diámetro inicial de prototipo de 170mm el cual será reemplazando en la formula. Obteniendo como valor que  $S_e = 107.9386 \text{ MPa}$ .

Finalmente, para determinar el diámetro del eje consideramos un factor de seguridad  $n=1.5$  con fines de estudio y los esfuerzos de fluencia para el acero ASTM-A36, obteniendo como resultado que  $d = 0.1441 \text{ m}$



**Figura 21.** Curva característica del diámetro del eje inferior

**Fuente:** Propia

#### **Esfuerzos de flexión y torsión alternante y medio**

Una vez obtenido el valor del diámetro y los momentos de flexión y torsión, obtenemos los esfuerzos de flexión  $\sigma_a = 71.1624 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_m = 0 \text{ MPa}$  y los esfuerzos de torsión  $T_a = 0 \text{ MPa}$ ,  $T_m = 14.2794 \text{ MPa}$

#### **4.4.3. Análisis del eje del tornillo sin fin.**

##### **Capacidad del tornillo sin fin**

Para el cálculo de la capacidad del tornillo se empleó la ecuación 14 la cual nos permite determinar la capacidad del tornillo respecto al material a triturar tomando como parámetros, la velocidad angular del tornillo  $w = 600 \text{ rpm}$ , el diámetro del tornillo para el transporte del material triturado de  $D_{SP} = 9 \text{ plg}$ , el diámetro del eje del tornillo  $D_{pp} = 5 \text{ pulg}$ , el paso del tornillo  $P = 4.5 \text{ pulg}$ , y el porcentaje de carga a criterio ingenieril  $k = 0.65$ , obteniendo como resultado de la  $c = 3412.5 \text{ ft}^3/\text{h}$ .

### **Potencia requerida para vencer la fricción**

Para el obtener el valor de la potencia requerida para vencer la fricción  $HP_f$ , se tomó como dato la longitud  $L = 8.0354 \text{ pie}$ , la velocidad angular  $w = 600 \text{ rpm}$ , el factor del diámetro del transportador (Anexo 17)  $F_d = 31$ , y el factor de rodamiento de suspensión (Anexo 18)  $F_b = 1$ , obteniendo como resultado  $HP_f = 0.1495 \text{ HP}$ .

### **Potencia para transportar el material**

Para calcular la potencia para transportar el material  $HP_m$ , se tomó como dato la capacidad  $c = 3.4125 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{h}$ , la longitud del eje del tornillo sin fin  $L = 8.0354 \text{ pie}$ , la densidad de la madera  $D = 540 \text{ kg}/\text{m}^3$ , el factor de vuelo (Anexo 19)  $F_f = 1$ , el factor del material triturado para astillas de madera (Anexo 20)  $F_m = 0.6$  y el factor de las paletas del tornillo  $F_p = 1$ , obteniendo como resultado  $HP_m = 0.4936 \text{ HP}$ .

### **Factor de sobrecarga**

Para obtener el factor de sobrecarga  $F_0$ , se utilizaron datos como la potencia requerida para vencer la fricción  $HP_f = 0.1495 \text{ HP}$ , la potencia para transportar el material  $HP_m = 0.4936 \text{ HP}$ , teniendo como resultado para la sobrecarga  $F_0 = 2.2940$ .

### **Potencia total consumida (HP)**

Para calcular la potencia total consumida  $HP$ , se utilizó como datos la potencia requerida para vencer la fricción  $HP_f = 0.1495 \text{ HP}$ , la potencia para transportar el material  $HP_m = 0.4936 \text{ HP}$  y el factor de sobrecarga  $F_0 = 2.2940$ , teniendo como resultado para la potencia total consumida  $HP = 1.5693 \text{ HP}$ .



#### **4.4.4. Cálculo de cargas sobre el eje del tornillo sin fin de la máquina trituradora.**

##### **Presión ejercida por el peso de la madera**

Para obtener la presión ejercida por el peso de la madera  $P_r$ , se utilizo como datos la densidad de la madera  $D = 540 \text{ kg/m}^3$ , la gravedad  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ , el largo de la astilla de madera (viruta)  $h = 0.125 \text{ m}$ , obteniendo como resultado que la presión ejercida por el peso de la madera  $P_r = 662.1750 \text{ Pa}$ .

##### **Fuerza promedio ejercida por el peso de la madera sobre el eje**

Para obtener la fuerza promedio ejercida por el peso de la madera sobre el eje  $F_{prom}$ , se consideró  $P_r = 662.1750 \text{ Pa}$ , y el área del cilindro de entrada de las astillas  $A_c = 0.4$ , obteniendo como resultado  $F_{prom} = 264.8700 \text{ N}$ .

##### **Fuerza distribuida sobre el eje**

Para obtener la fuerza distribuida sobre el eje  $F_{dist}$ , tomamos como datos la fuerza promedio ejercida por el peso de la madera  $F_{prom} = 264.8700 \text{ N}$ , dividido por la longitud del eje  $L_e = 2.4492$ , obteniendo como resultado  $F_{dist} = 108.1455 \text{ N/m}$ .

##### **Radio del eje**

Para obtener le radio del eje  $r_{eje}$ , consideramos en la fórmula el diámetro del eje  $D_p = 5$ , dividiéndose entre 2, obteniendo como resultado el  $r_{eje} = 0.0635 \text{ m}$ .

##### **Volumen del eje**

Para obtener el volumen del eje  $V_{eje}$ , tomamos como dato el radio del eje  $r = 0.0635 \text{ m}$ , y longitud del tornillo  $L_e = 2.4492 \text{ m}$ , obteniendo como resultado  $V_{eje} = 0.0310 \text{ m}^3$ .

### **Peso del eje**

Para obtener el peso del eje  $W_{eje}$ , tendremos como dato la densidad del acero  $D_{ac} = 7850 \text{Kg/m}^3$ , el volumen del eje  $V_{eje} = 0.0310 \text{m}^3$  y la gravedad  $g = 9.81 \text{m/s}^2$ , obteniendo como resultado  $W_{eje} = 2389.2 \text{N} \approx 243.69 \text{KgF}$ .

### **Fuerza distribuida del peso del eje**

Para calcular la fuerza distribuida  $W_{dist}$ , tenemos el peso del eje  $W_{eje} = 2389.2 \text{N}$  y longitud del eje del tornillo  $L = 2.4492 \text{m}$ , obteniendo como resultado que la fuerza distribuida del peso del eje es  $W_{dist} = 975.5196 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ .

### **Fuerza distribuida total a lo largo del eje**

Para calcular la fuerza distribuida total a lo largo del eje  $F_{distot}$ , utilizaremos la fuerza distribuida sobre el eje  $F_{dist} = 108.1455 \text{N/m}$ , y la fuerza distribuida del peso del eje  $W_{dist} = 975.5196 \text{N/m}$ , obteniendo como resultado para la fuerza distribuida a lo largo del eje que  $F_{distot} = 1917.1 \text{N/m}$ .

### **Área transversal útil para el transporte del material**

Para obtener el área transversal útil para el transporte del material  $A_{tr}$ , se remplazará en la formula el diámetro del tornillo  $D_s = 9 \text{pulg}$ , donde el diametro del eje del tornillo es  $D_p = 5 \text{pulg}$ , obteniendo como resultado que  $A_{tr} = 0.0284 \text{m}^2$ .

### **Velocidad de transporte del material (m/s)**

Para calcular la velocidad de transporte  $v_s$  del material que será triturado, donde se necesitará para la formula la capacidad del transportador  $c = 3412.5 \text{ft}^3/\text{h}$ , donde el área transversal útil para el transporte del material  $A_{tr} = 0.0284 \text{m}^2$ , obteniendo como resultado para la velocidad de transporte del material es  $v_s = 33.4060 \text{m/s}$ .

## Fuerza axial (N)

Para obtener la fuerza axial del tornillo sin fin  $F_{axial}$ , considerando la potencia para transportar el material  $HPm = 0.4936 HP$ , tomando el dato del factor de sobrecarga  $F0 = 2.2940$ , donde la velocidad de transporte del material  $vs = 33.4060 m/s$ , obteniendo como resultado para la fuerza Axial es  $F_{axial} = 25.2758$

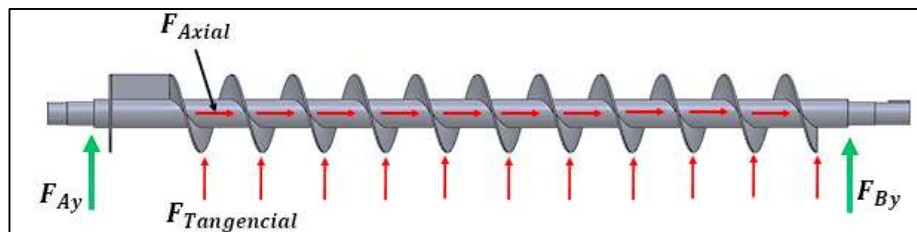
## Torque distribuido en el eje transportador.

Para calcular el torque distribuido  $T_{torn}$ , necesitaremos a la potencia requerida para vencer la fricción  $HPf = 0.1495 HP$ , el factor de sobrecarga  $F0 = 2.2940$  y la velocidad angular  $w = 600 rpm$ , obteniendo como resultado que  $T_{torn} = 4.0693 N.m$

### 4.4.5. Cálculos de momentos de flexión y torsión

#### Fuerza en el eje $F_{Ay}$ y $F_{By}$

Para determinar las fuerzas de reacción en el punto A y B, debemos considerar la fuerza axial del eje y la longitud total como se muestra en la figura N°22. Teniendo como resultado que  $F_{Ay} = F_{By} = 2347.7 N$ .



**Figura 22.** Diagrama de cuerpo libre del Tornillo sin fin.

**Fuente:** Propia

#### Momento distribuido en la mitad del eje del tornillo

Para obtener el momento distribuido en la mitad del eje del tornillo  $M1$ , tomamos como dato a la fuerza axial  $W = F_{distot}$ , ya que la fuerza se distribuirá a lo largo del tornillo, multiplicándose por la longitud  $L_e = 2.4492 m$ , obteniendo como resultado  $M1 = 958.3344 N.m$ .

### Momento de torsión (N/m)

Para calcular el momento de torsión  $T$ , consideramos la potencia total consumida por el transportador  $HP = 1.5693$ , la velocidad angular  $\omega = 600 \text{ rpm}$ , obteniendo como resultado que  $T = 21.5096 \text{ N/m}$ .

### Esfuerzo cortante (N.m)

Para calcular el esfuerzo cortante  $V$ , consideramos como dato para la formula la fuerza axial  $W = F_{axial}$ , multiplicándose por la longitud del tornillo  $L_e = 2.4492 \text{ m}$ , obteniendo como dato que el esfuerzo cortante  $V = 2347.7 \text{ N}$  como se muestra en la figura N°23.

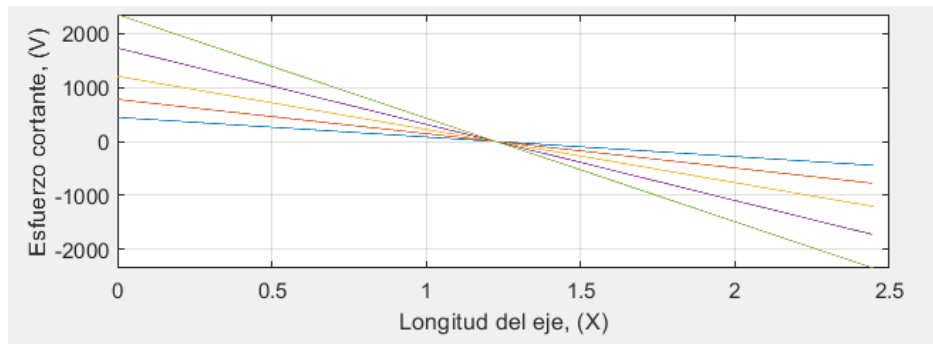


Figura 23. Curva característica del esfuerzo cortante del tornillo sin fin

Fuente: Propia

### Momento ejercido a lo largo de todo el eje

Para determinar el momento a lo largo de todo el eje consideramos, la fuerza axial y las longitudes del eje como se observa en el D.C.L (figura N°21), para dicho calculo, obteniendo como resultado que  $M = 479.1653 \text{ N.m}$ , ya que la fuerza está distribuida en la cara del tornillo, lo que no generaría demasiada flexión como se observa en la figura N°24.

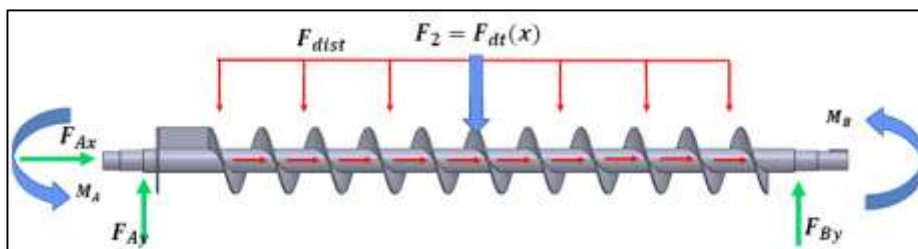
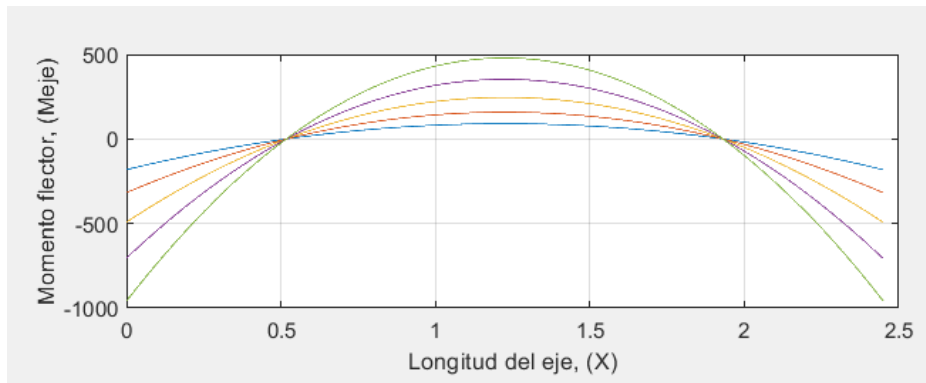


Figura 24. Diagrama de cuerpo libre de momento del Tornillo sin fin.

Fuente: Propia



**Figura 25.** Curva característica del momento de flexión del tornillo sin fin

**Fuente:** Propia

#### **4.4.6. Diseño Paramétrico**

Se realizó la interfaz gráfica de usuario GUI, utilizando el software de programación MAT LAB. Los resultados y gráficos obtenidos son utilizando las propiedades físicas del acero ASTM A36, AISI 1010, AISI 1020 y AISI 1040 respectivamente.

De la misma manera se realizaron los análisis para los 3 ejes por medio del software ANSYS 2023 Versión académica obteniendo resultados para las deformaciones y factores de seguridad para el acero ASTM A36 Y AISI 1020 como se puede observar en la tabla N°13 para el eje superior, tabla N°14 para el eje inferior y tabla N°15 para el tornillo sin fin.

#### **Interfaz gráfica de usuario (GUI) para el eje inferior**

A continuación se muestra la caja negra de variables (Figura N°26), y la tabla de variables (Tabla N°9) que nos permitirán definir cuáles son los parámetros e intervalos sobre los cuales se diseñara la maquina considerando diferentes tipos de aceros para fines de estudio.

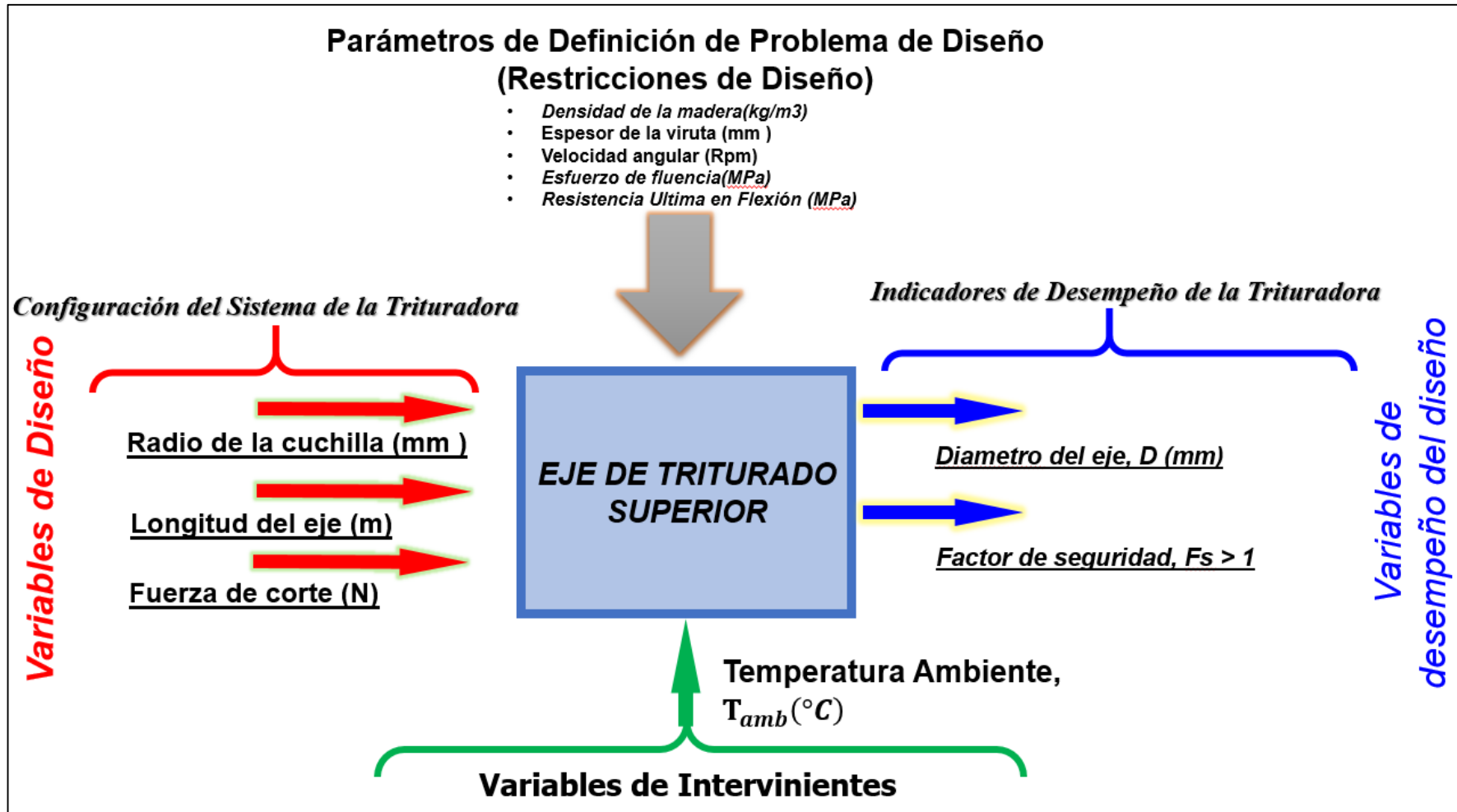


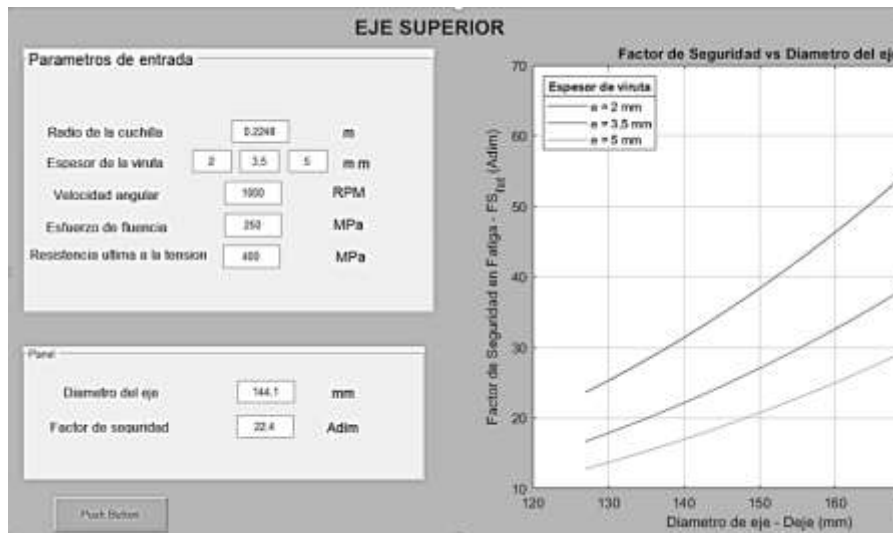
Figura 26. Tabla de análisis de variables para el eje superior - Caja negra

Fuente: Propia

**Tabla 9.** Tabla de variables de diseño para el eje superior

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE /PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	RANGO O VALORES
<b>Parámetros de Definición de Problema</b>	Propiedades Mecánicas del Acero ASTM A36 y otras	$S_y, S_{ut}, etc$	MPa	250, 400, etc.
	Densidad de la madera	$D_m$	$Kg/m^3$	540
	Espesor de la viruta	$Ap$	mm	2, 3.5, 5.
	Velocidad angular	$w$	RPM	1000
<b>VARIABLES de Diseño</b>	Radio de la cuchilla	$Rc$	mm	224.8
	Longitud del eje	$L$	m	2
	Fuerza de corte	$Fc$	N	663.0818
<b>VARIABLES de desempeño del diseño</b>	Diámetro del eje	$D$	mm	A determinar
	Factor de Seguridad	$FS$	Adimens.	A determinar
<b>VARIABLES Intervinientes</b>	Temperatura de la Ambiente	$T_{amb}$	°C	26

Finalmente obteniendo y definiendo las variables de diseño y los parámetros de entrada, se realiza la interfaz gráfica de usuario como se muestra en la figura N°27 para determinar el factor de seguridad con respecto al diámetro del eje.

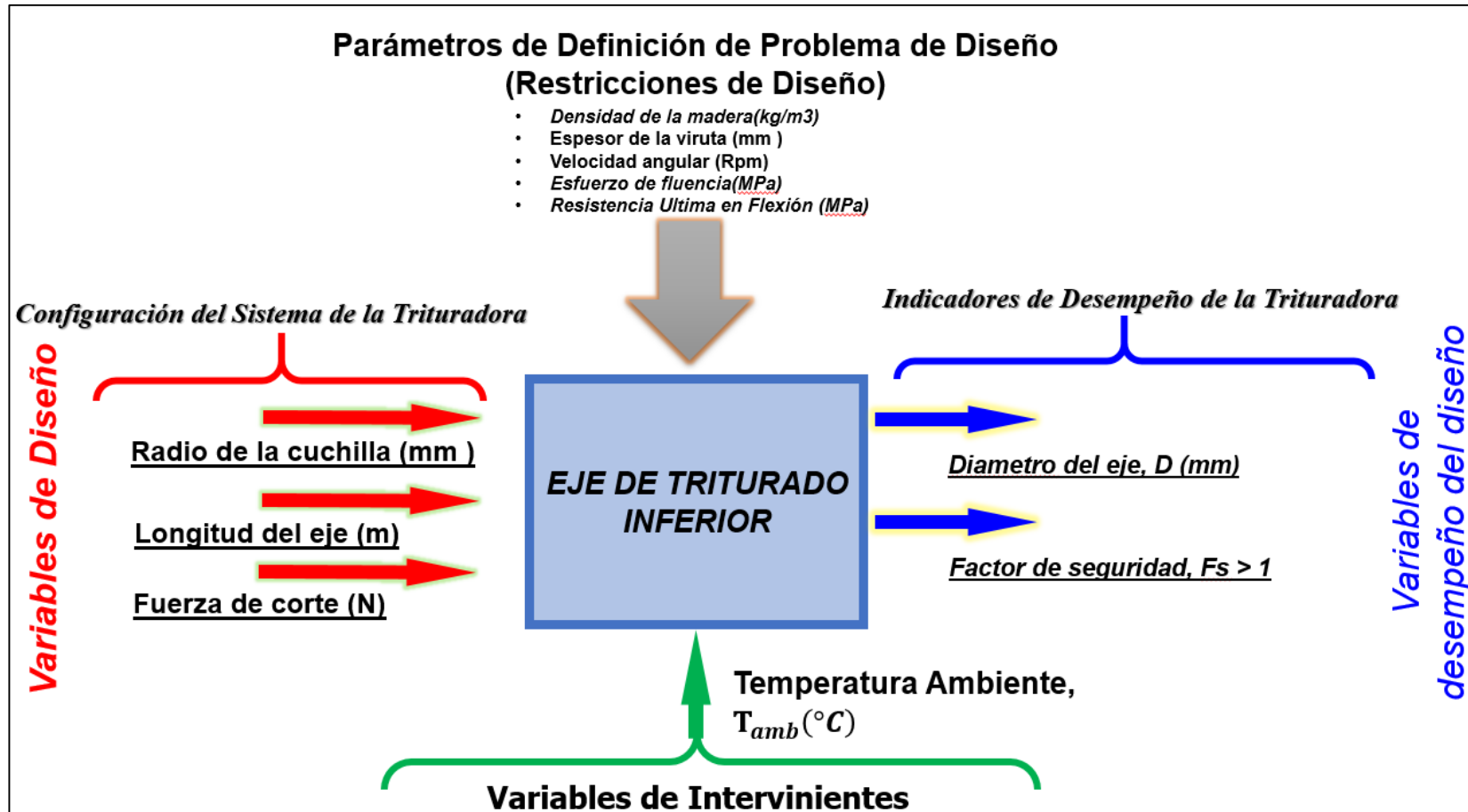


**Figura 27.** Eje superior – ACERO ASTM A36- Mat Lab – GUI

**Fuente:** Propia

### Interfaz gráfica de usuario (GUI) para el eje inferior

Considerando que las variables a considerar son similares para ambos ejes de triturado, se muestra la caja negra de variables (Figura N°28), y la tabla de variables (tabla N°10) para el eje inferior de la máquina.



**Figura 28.** Tabla de análisis de variables para el eje inferior - Caja negra

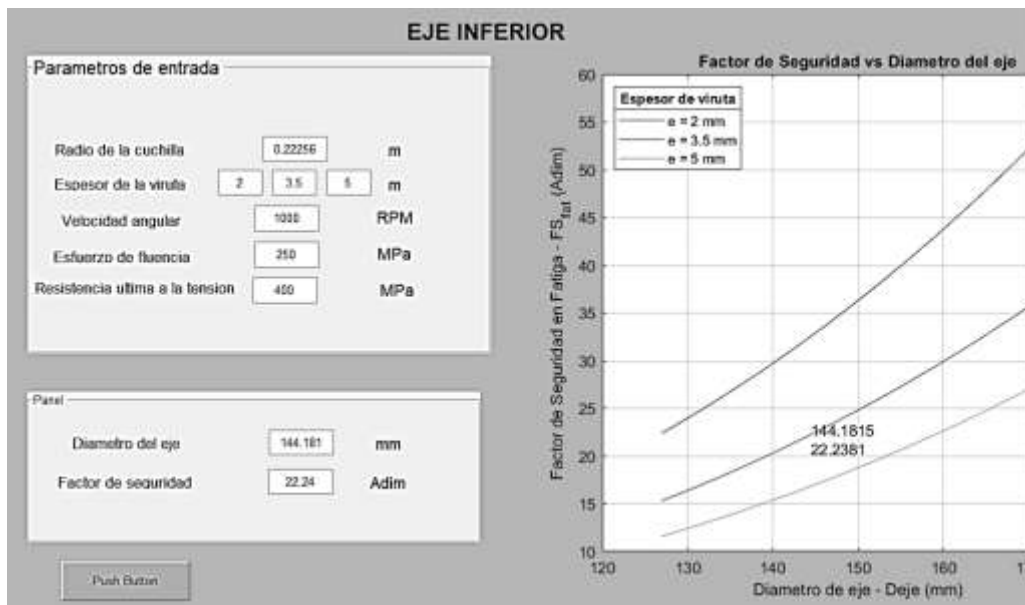
Fuente: Propia



**Tabla 10.** Tabla de variables de diseño para el eje inferior

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE /PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	RANGO O VALORES
<b>Parámetros de Definición de Problema</b>	Propiedades Mecánicas del Acero ASTM A36 y otras	$S_y, S_{ut}, etc$	MPa	250, 400, etc.
	Densidad de la madera	$D_m$	$Kg/m^3$	540
	Espesor de la viruta	$Ap$	mm	2, 3.5, 5.
	Velocidad angular	$w$	RPM	1500
<b>VARIABLES de Diseño</b>	Radio de la cuchilla	$Rc$	mm	222.5
	Longitud del eje	$L$	m	2
	Fuerza de corte	$Fc$	N	665.3656
<b>VARIABLES de desempeño del diseño</b>	Diámetro del eje	$D$	mm	A determinar
	Factor de Seguridad	$FS$	Adimens.	A determinar
<b>VARIABLES Intervinientes</b>	Temperatura de la Ambiente	$T_{amb}$	°C	26

De la misma manera, para el eje inferior de triturado se obtiene por medio de la interfaz gráfica de usuario GUI el factor de seguridad con respecto al diámetro del eje como se muestra en la figura N°29.



**Figura 29.** Eje inferior- ACERO ASTM A36- Mat lab- GUI

**Fuente:** Propia

### Interfaz gráfica de usuario (GUI) para el tornillo sin fin

Para el análisis del tornillo sin fin, se deben considerar las propiedades de la madera, así como también se ha considerado diversos tipos de aceros con fines de estudio como se muestra la caja negra de variables (Figura N°30), y la tabla de variables (tabla N°11).

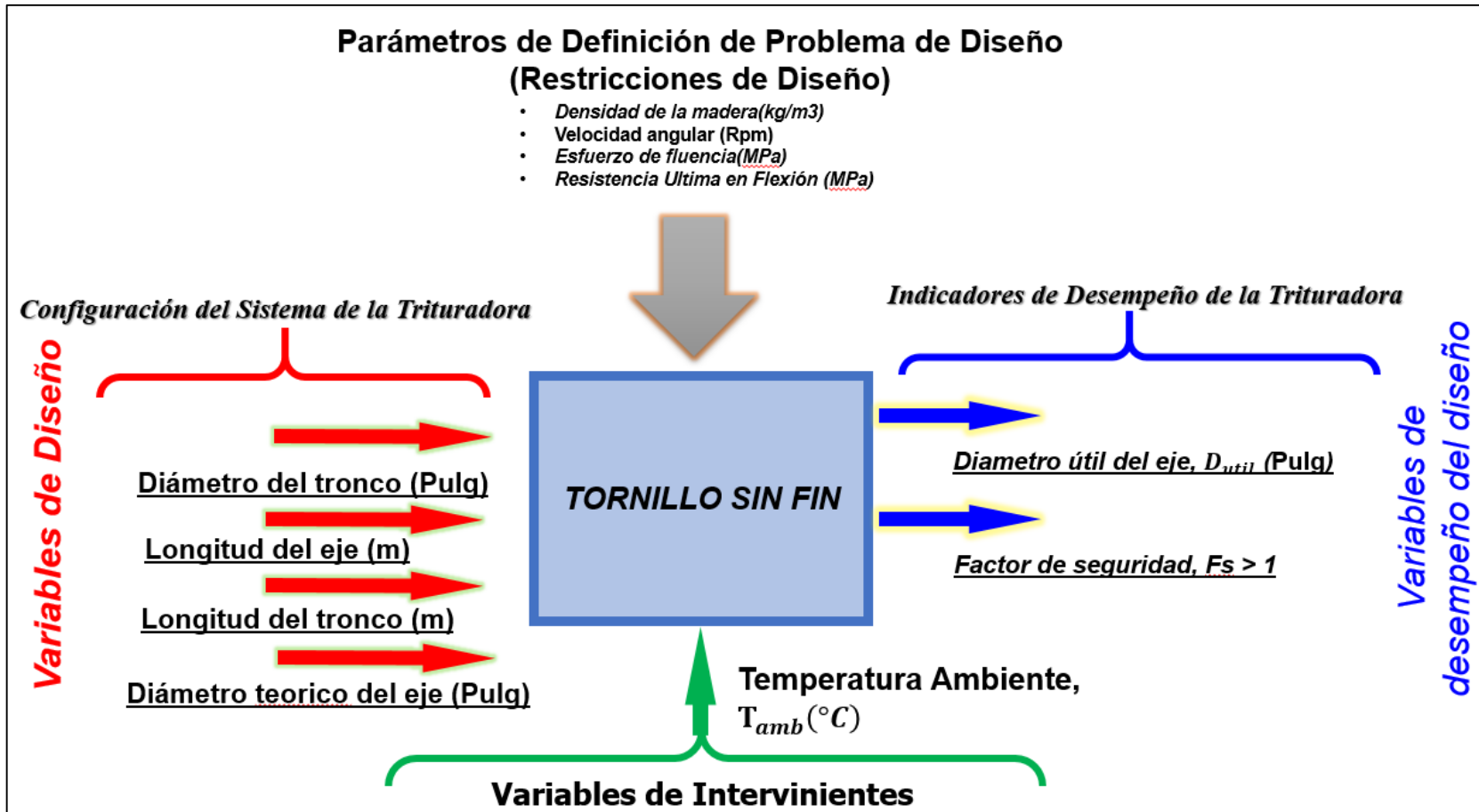


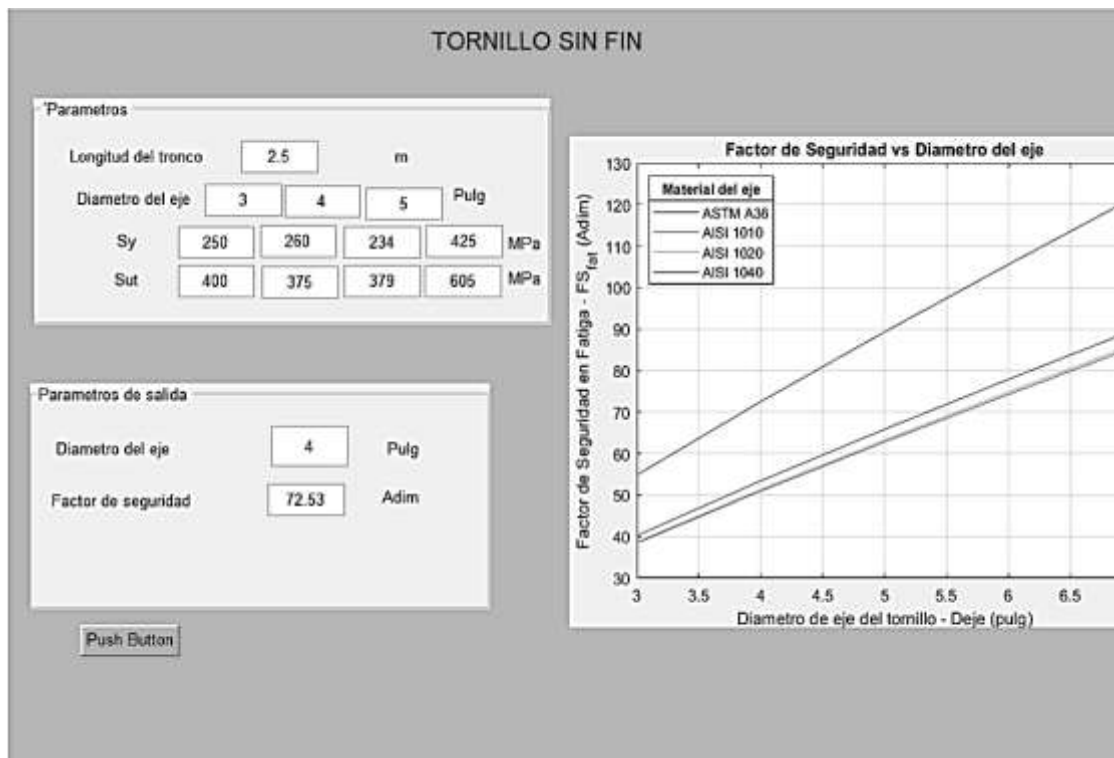
Figura 30. Tabla de análisis de variables para el Tornillo sin fin - Caja negra

Fuente: Propia

**Tabla 11.** Tabla de variables de diseño para el tornillo sin fin

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE /PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	RANGO O VALORES
Parámetros de Definición de Problema	Propiedades Mecánicas del Acero ASTM A36 y otras	$S_y, S_{ut}, etc$	MPa	250, 400, etc.
	Densidad de la madera	$D_m$	$Kg/m^3$	540
	Velocidad angular	$w$	RPM	600
Variables de Diseño	Longitud del tronco	$L_t$	m	2.5
	Longitud del eje	$L$	m	2.44
	Diámetro teórico del eje	$D_t$	Pulg	3, 4, 5
	Diámetro del tronco	$D$	Pulg	8
Variables de desempeño del diseño	Diámetro útil del eje	$D_{util}$	Pulg	A determinar
	Factor de Seguridad	$FS$	Adimens.	A determinar
Variables Intervinientes	Temperatura de la Ambiente	$T_{amb}$	°C	26

Teniendo en cuenta los parámetros de entrada y las variables de diseño para el desarrollo de la interfaz gráfica de usuario del tornillo sin fin, podemos obtener el factor de seguridad con respecto al diámetro útil del eje evaluando varios tipos de diámetros teóricos y diversos tipos de aceros como se muestra en la figura N°31.



**Figura 31.** Tornillo sin fin- Diversos aceros- Mat lab- GUI

**Fuente:** Propia

### **Simulación de los ejes principales de la máquina trituradora**

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en el análisis paramétrico como la fuerza de corte y las propiedades físicas de diferentes tipos de aceros, considerando para el tornillo sin fin diversos tipos de espesor para determinar el factor de seguridad, se realizó el análisis por medio de elementos finitos utilizando el software ANSYS para los ejes principales de la máquina.

### **Análisis de Caja negra**

En la siguiente figura N°28 se puede apreciar la caja negra de variables con la que se planteó el diseño paramétrico, se plantearon como variables de entrada a Dimensionamiento del tronco, Velocidad del avance del vehículo y como variable de restricción es la máquina trituradora de ramas y troncos de palta y como variable de desempeño, el factor de seguridad, productividad de la máquina. Por lo cual en la tabla N°9 se muestra a más detalle de las variables como: Su simbología, valores, unidades.

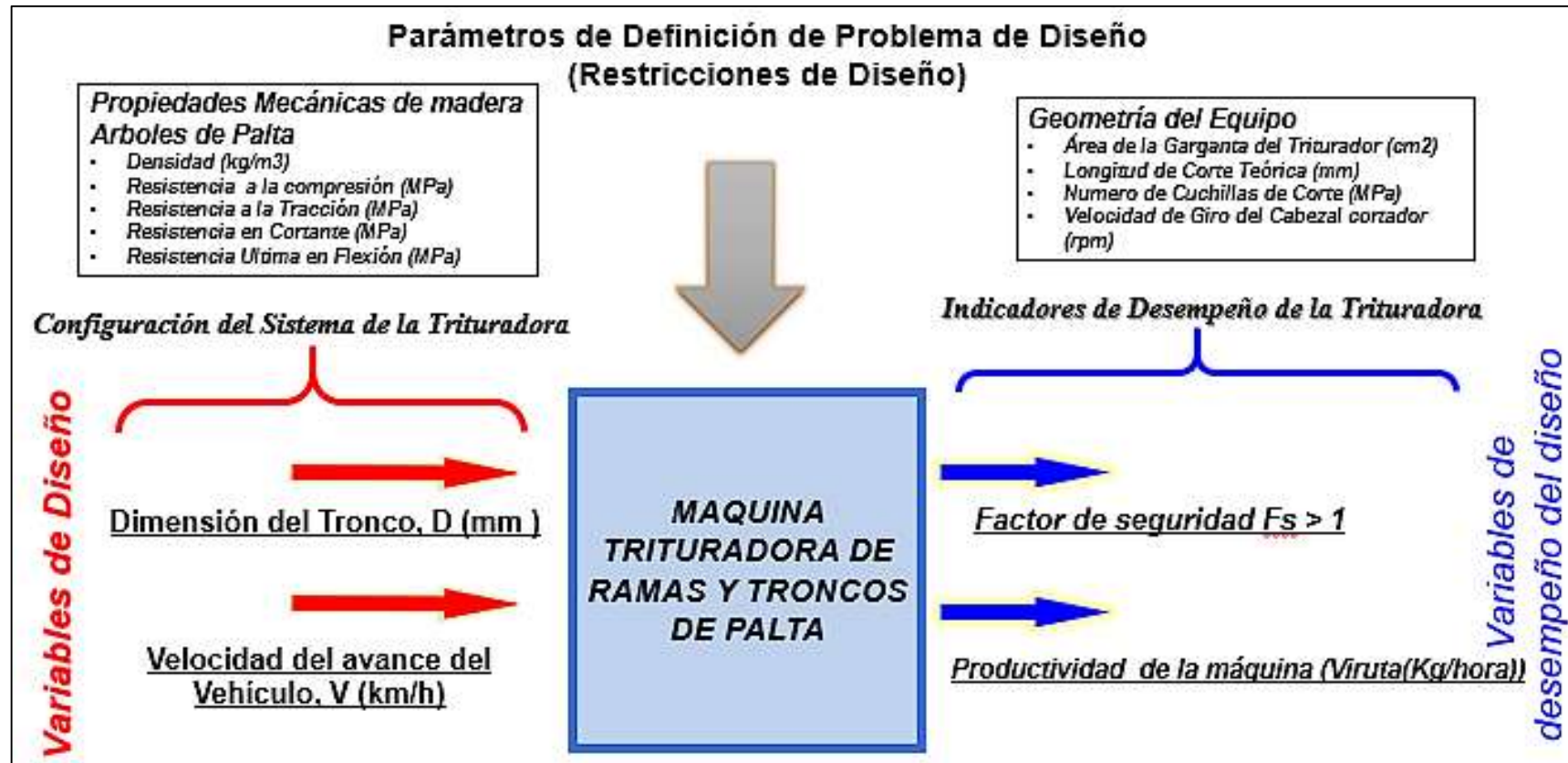
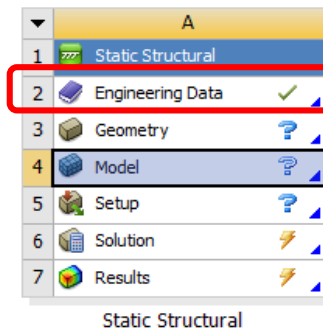


Figura 32. Tabla de análisis de variables - Caja negra

Fuente: Propia

## Realización de análisis por medio de elementos finitos en ANSYS

Después de realizar el análisis paramétrico de los elementos críticos de la máquina, realizaremos la simulación de las piezas usando el programa (ANSYS Version estudiantil), se inició el programa y se utilizó la herramienta STATIC STRUCTURAL (ver figura N°33).



**Figura 33.** Cuadro de STATIC STRUCTURAL

**Fuente:** Propio

Para determinar el tipo de material y sus propiedades se seleccionó la opción Engineering Data y se colocó el tipo de material e ingreso sus propiedades físicas que intervienen en la simulación, para este ejemplo, se usaron los valores del acero ASTM A36(ver figura N°34).

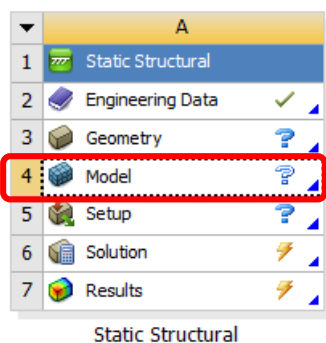
The image shows the ANSYS Engineering Data dialog box for the material ASTM A36. The table below lists the properties and their values.

Property	Value	Unit
Density	7850	kg m <sup>-3</sup>
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion	1.2E-05	C <sup>-1</sup>
Isotropic Coefficient of Thermal Expansion	1.2E-05	C <sup>-1</sup>
Young's Modulus	2.1E+11	Pa
Poisson's Ratio	0.3	
Shear Modulus	7.692E+10	Pa
Tensile Yield Strength	250	MPa
Compressive Yield Strength	250	MPa
Tensile Ultimate Strength	400	MPa
Compressive Ultimate Strength	400	MPa

**Figura 34.** Cuadro de Engineering Data para selección de materiales

**Fuente:** Propio

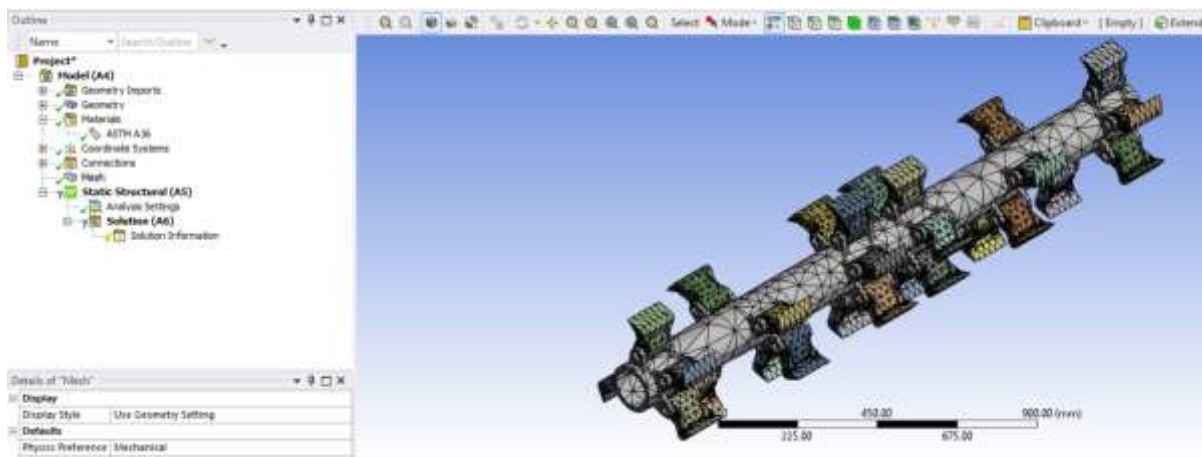
Para poder realizar la simulación del sólido, seleccionamos la opción **Model** Para el caso de estudio, el diseño y ensamble del eje se realizó por medio del software SOLIDWORKS, siendo importado hacia el programa ansys considerando que el archivo debe estar en formato STEP para su correcta importación (ver figura N°35).



**Figura 35.** Cuadro de selección de modelo analizar

**Fuente:** Propio

Una vez ingresado el ensamble, se realizó el mallado del eje con el fin de obtener las fracciones de cálculo aplicadas al eje, considerando un número adecuado de nodos para el caso de estudio (ver figura N°36).

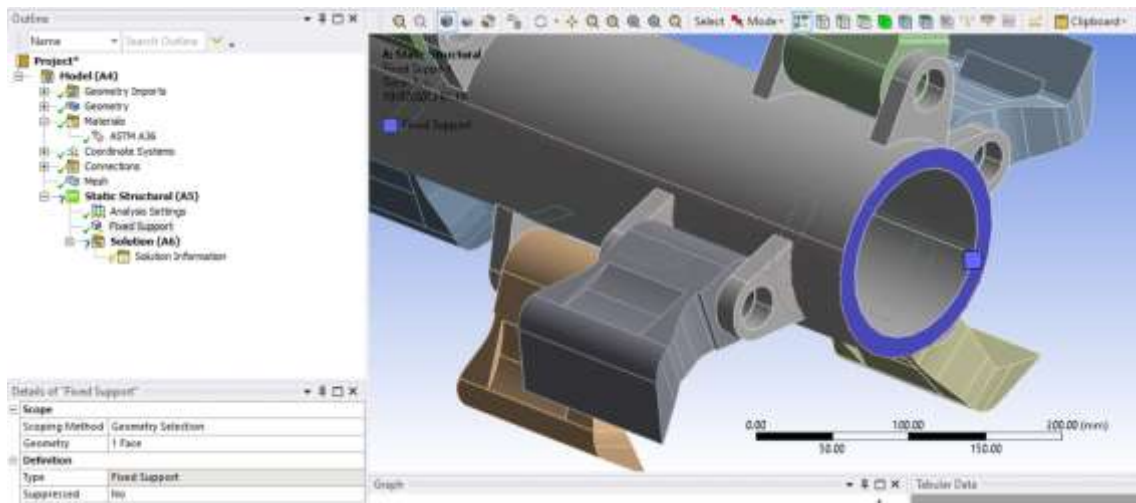


**Figura 36.** Enmallado del cilindro superior

**Fuente:** Propio

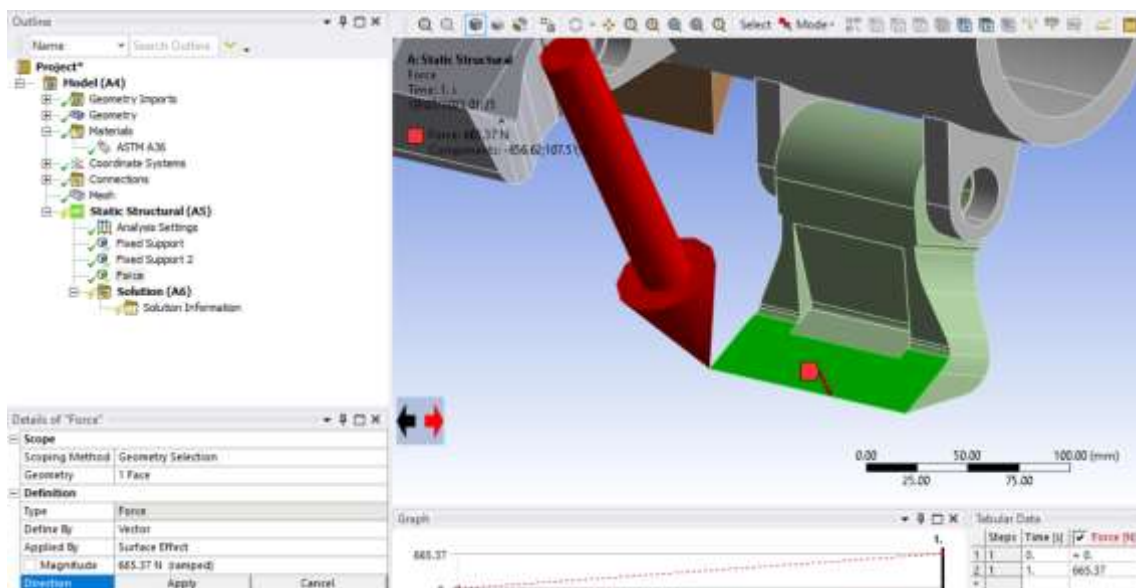
Una vez obtenida la malla que nos permitirá obtener resultados, se especificaron los puntos fijos que se consideran en el eje para obtener las deformaciones (ver

figura N°33), y de la misma manera se aplicó la fuerza de corte obtenida por cálculos en cada una de las cuchillas, considerando que la fuerza será ejercida sobre la cara superior del filo (ver figura N°37 y N°38)



**Figura 37.** Selección de puntos fijos

Fuente: Propio

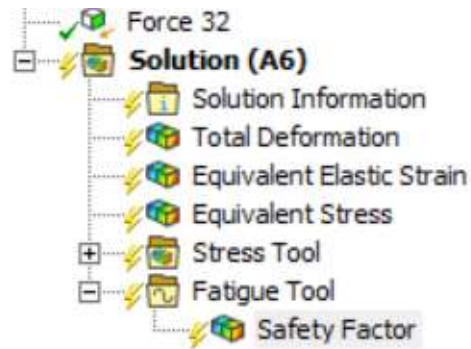


**Figura 38.** Selección de fuerza cortante

Fuente: Propio

Una vez aplicadas las fuerzas de corte a cada una de las cuchillas, se realizó la selección de los resultados que se quieren obtener, para este caso, se busca obtener la deformación total, esfuerzos equivalentes y factores de seguridad considerando que dichos resultados deben ser obtenidos considerando todos los cuerpos trabajando en conjuntos (ver figura N°39).

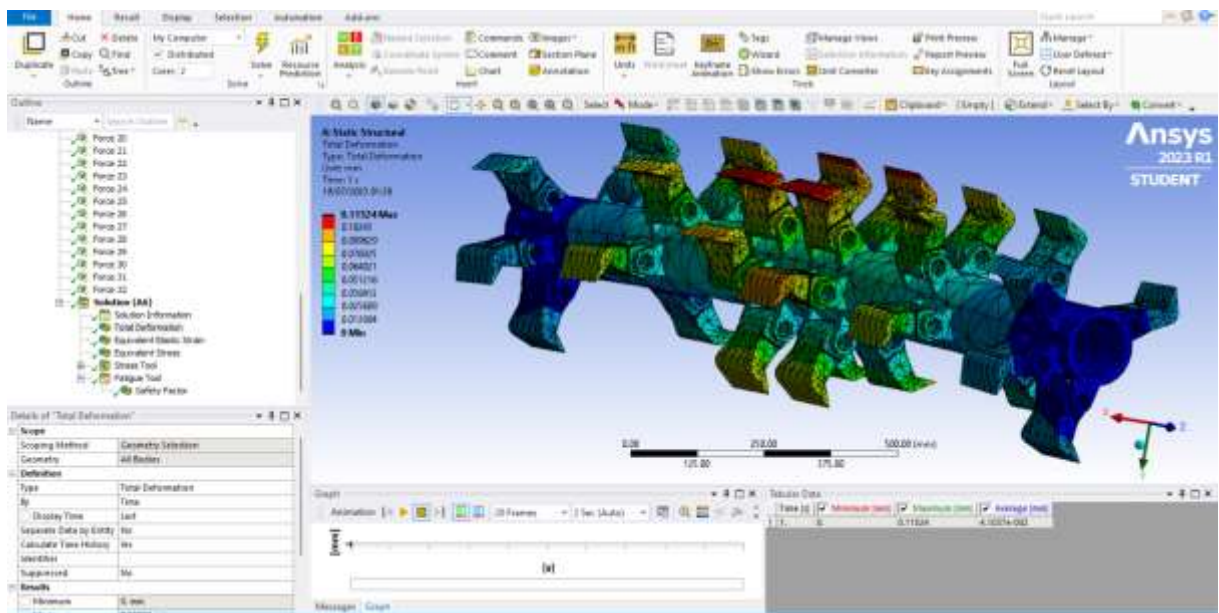




**Figura 39.** Selección para obtener resultados de la simulación

**Fuente:** Propio

Finalmente, por medio de la opción SOLVE, se obtienen los resultados aplicados al eje como se muestra en la figura N°40



**Figura 40.** Resultados de la pieza con esfuerzos aplicados

**Fuente:** Propio

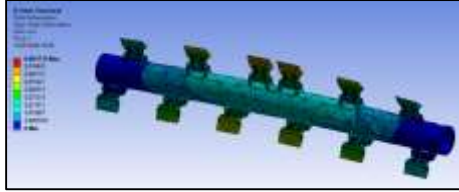



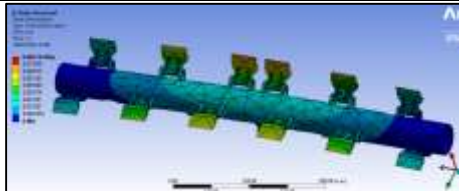
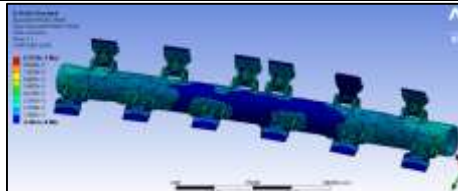
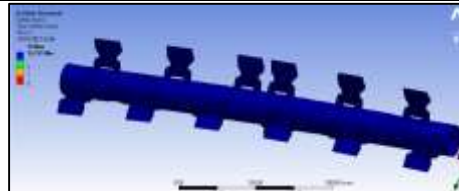
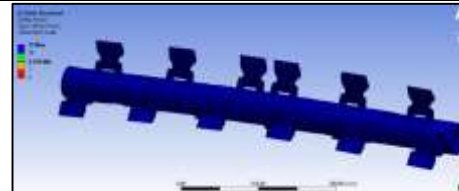
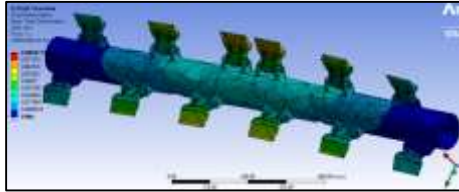
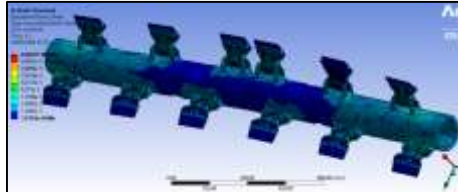

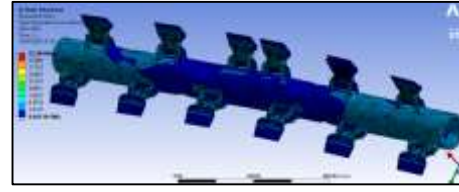
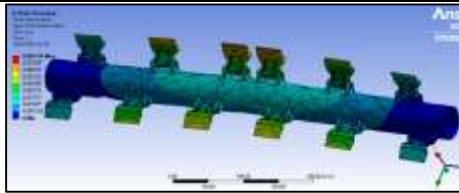
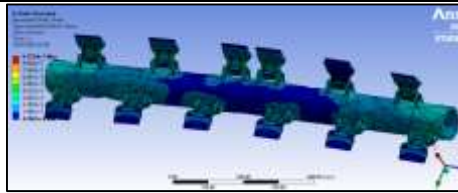
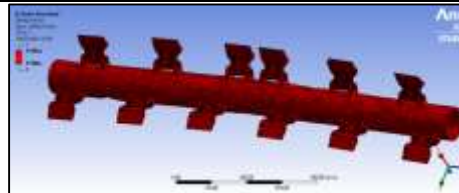
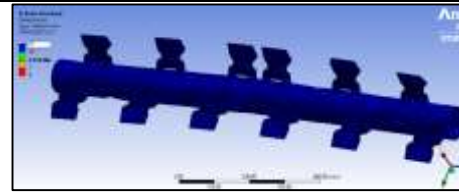
## VARIABLES DE DISEÑO

Para determinar los parámetros que se consideraran en la simulación por medio de ANSYS, se presenta la siguiente tabla que nos muestra los valores sobre los cuales trabajara la máquina, y de la misma manera los valores que se pretenden obtener de acuerdo al trabajo que realizaran los ejes.

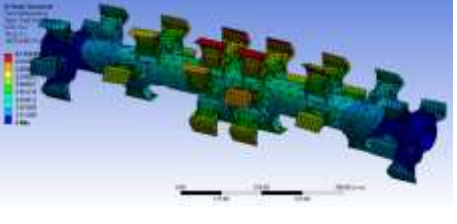
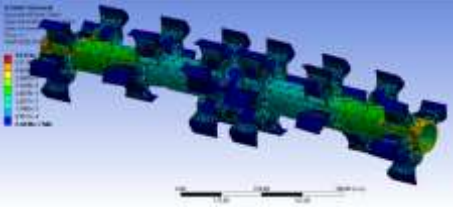
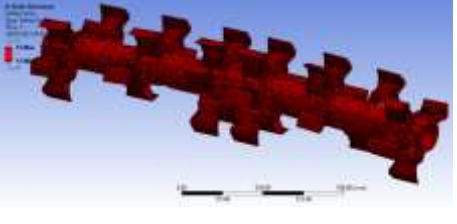
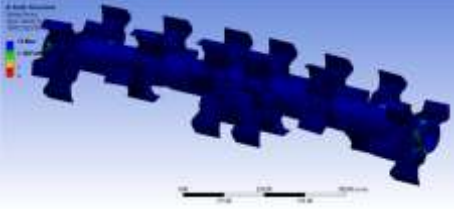
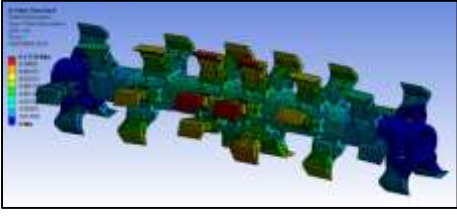
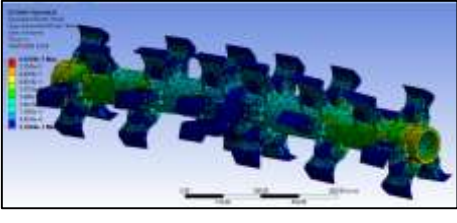
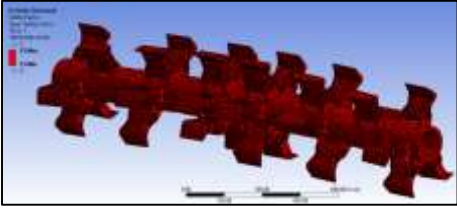
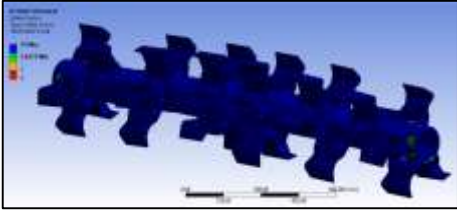
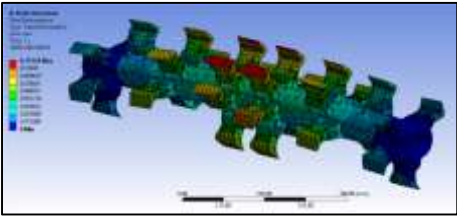
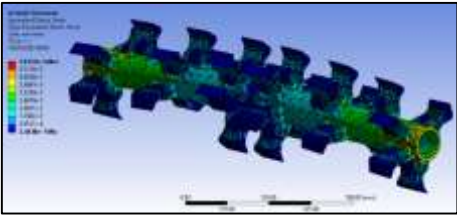
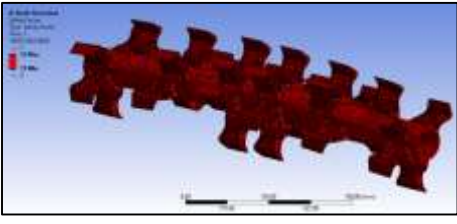
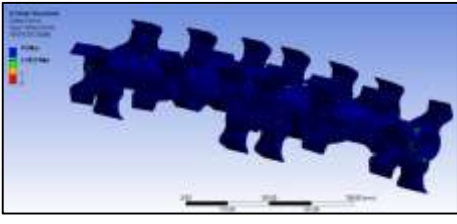
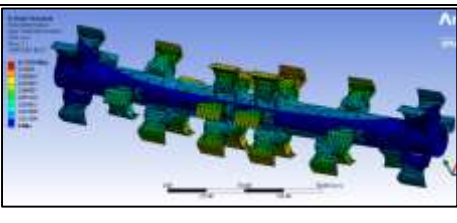
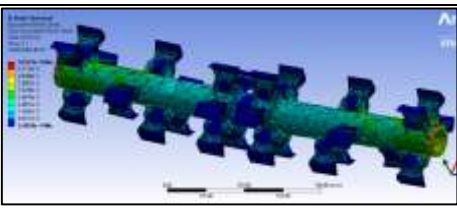
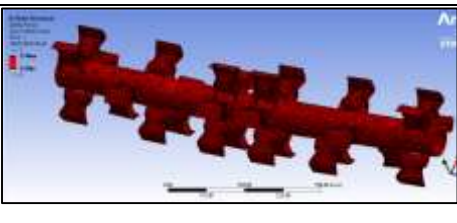
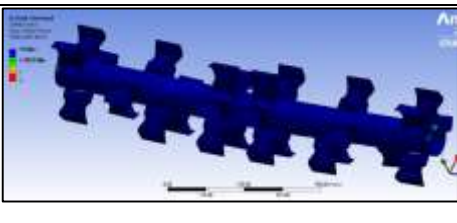
**Tabla 12.** Tabla de variables de diseño para simulación por medio de ANSYS

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE /PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	RANGO O VALORES
<b>Parámetros de Definición de Problema</b>	Propiedades Mecánicas del Acero ASTM A36 y otras	$S_y, S_{ut}, etc$	MPa	250, 450, etc.
	Densidad de la madera	$D_m$	$Kg/m^3$	540
	Numero de cuchillas de corte	$N$	Unidad	17, 32.
	Velocidad de giro de los ejes	$w$	RPM	1000, 1500, 600
<b>Variables de Diseño</b>	Dimensión del tronco	$D$	mm	$203 \leq D \leq 220$
	Velocidad de avance del vehículo	$V$	Km/H	$1 \leq V \leq 1.5$
<b>Variables de desempeño del diseño</b>	Deformación Máxima	$\delta_{max}$	mm	A determinar
	Productividad de la maquina	$Cv$	Kg/H	A determinar
	Factor de Seguridad	$FS$	Adimens.	A determinar
<b>Variables Intervinientes</b>	Temperatura de la Ambiente	$T_{amb}$	°C	26

**Tabla 13.** Simulaciones de deformación y esfuerzos en el eje superior para diversos tipos de aceros

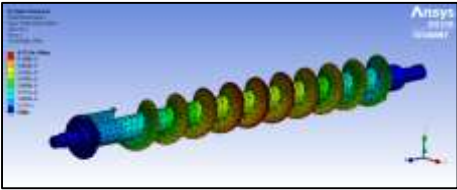
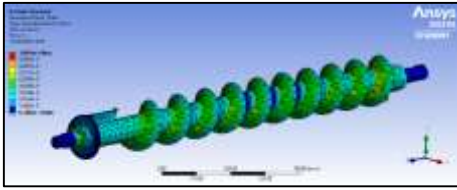
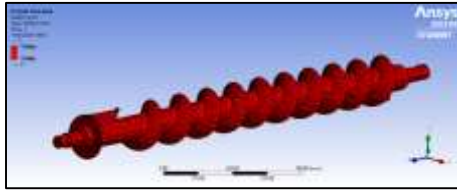
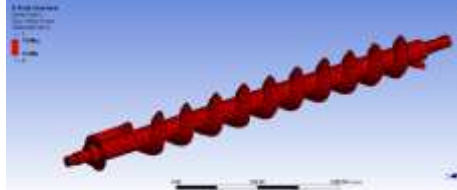

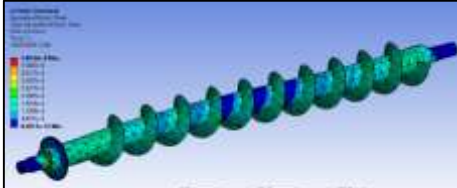
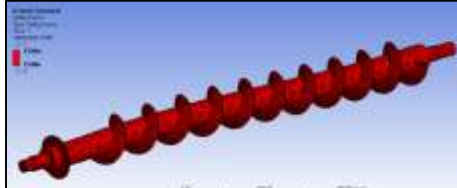
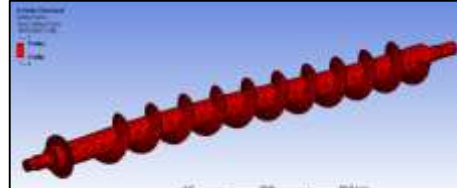
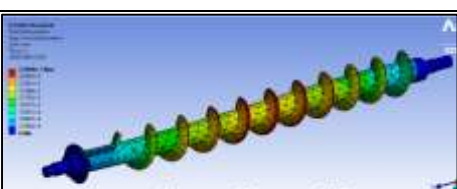
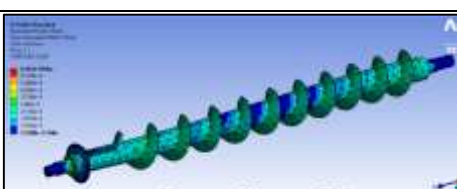
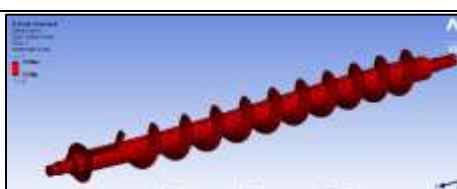
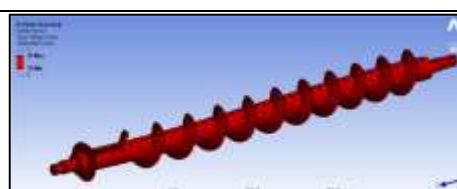
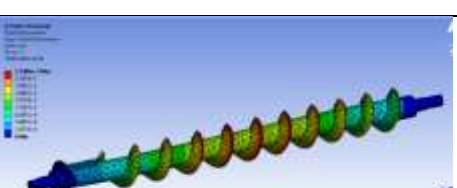
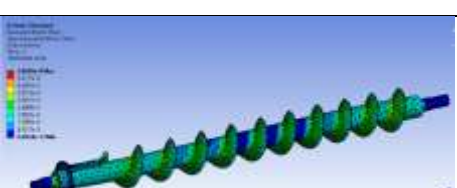
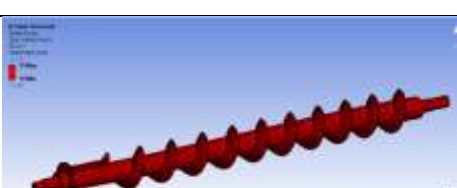
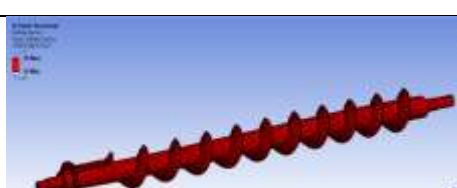
<b>SIMULACIONES EN EJE SUPERIOR</b>				
<b>TIPO DE ACERO</b>	<b>Simulación de la deformación total en el eje superior</b>	<b>Simulación del esfuerzo equivalente del eje superior-Von Misses</b>	<b>Factor de seguridad del eje superior en Tensión</b>	<b>Factor de seguridad del eje superior en Fatiga</b>
<b>ASTM A36</b>				
<b>AISI 1010</b>				
<b>AISI 1020</b>				
<b>AISI 1040</b>				

**Tabla 14.** Simulaciones de deformación y esfuerzos en el eje inferior para diversos tipos de aceros

<b>SIMULACIONES EN EJE SUPERIOR</b>				
<b>TIPO DE ACERO</b>	<b>Simulación de la deformación total en el eje superior</b>	<b>Simulación del esfuerzo equivalente del eje superior-Von Misses</b>	<b>Factor de seguridad del eje superior en Tensión</b>	<b>Factor de seguridad del eje superior en Fatiga</b>
<b>ASTM A36</b>				
<b>AISI 1010</b>				
<b>AISI 1020</b>				
<b>AISI 1040</b>				



**Tabla 15.** Simulaciones de deformación y esfuerzos en el tornillo sin fin para diversos tipos de acero

<b>SIMULACIONES EN EJE SUPERIOR</b>				
<b>TIPO DE ACERO</b>	<b>Simulación de la deformación total en el eje superior</b>	<b>Simulación del esfuerzo equivalente del eje superior-Von Misses</b>	<b>Factor de seguridad del eje superior en Tensión</b>	<b>Factor de seguridad del eje superior en Fatiga</b>
<b>ASTM A36</b>				
<b>AISI 1010</b>				
<b>AISI 1020</b>				
<b>AISI 1040</b>				

#### 4.4.6.1 Elaboración de planos de los elementos la máquina trituradora

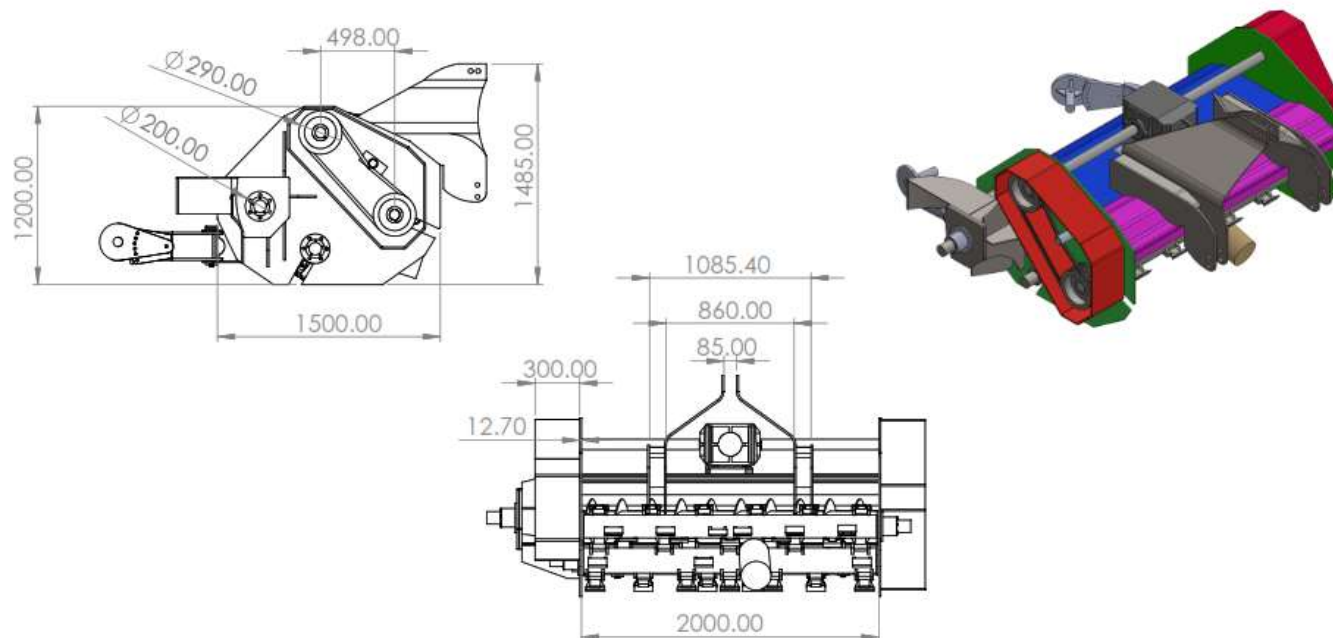
Los planos de las partes y áreas principales de la máquina trituradora de troncos se encuentran en el anexo N°17, de la misma manera se presenta a continuación el plano de la maquina ensamblada donde se pueden apreciar las dimensiones de entrada, ancho, alto y profundidad de la maquina como se muestra en la figura N°41.


Se han presentado 7 planos, los cuales fueron nombrados de acuerdo a la secuencia de realización de los mismos como se muestra en la tabla N°16:

**Tabla 16.** Tabla de planos de dibujo de la máquina trituradora

N° DE DIBUJO	Nombre de dibujo	Fecha
A4-MTT-00	Máquina trituradora móvil de troncos	09/07/2023
A4-MTT-01	Vista explosionada de Máquina trituradora	09/07/2023
A4-MTT-02	Eje inferior	09/07/2023
A4-MTT-03	Eje superior	09/07/2023
A4-MTT-04	Tornillo sin fin	09/07/2023
A4-MTT-05	Cuchilla MAR 012	09/07/2023
A4-MTT-06	Cuchilla MAR 003	09/07/2023

## MAQUINA TRITURADORA



 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>Título:</b> Diseño de una máquina trituradora móvil de troncos de árbol de palta de hasta 8"	
<b>Dibujado:</b>	Zarate y Ramirez		
<b>Fecha:</b>	09/07/2023	<b>N° DE DIBUJO</b> A4-MTT-00	
<b>Unidad:</b>	mm		
<b>Escala:</b>	1.5		
<b>Material:</b>	Acero A36		

**Figura 41.** Vista explosionada de máquina trituradora de troncos

#### 4.5. Ingeniería de detalle para determinar los componentes y elementos

##### Selección de rodamientos

Para seleccionar el rodamiento consideramos el diámetro del eje que estará soportado sobre el rodamiento, el cual es de 3" de diámetro, ya que el rodamiento trabajara a más de 1000rpm, Por medio de la selección de rodamientos de SKF se usara el rodamiento de bolas con sellos 6315-2RS1 de SKF (Anexo 15), el cual genera una baja fricción y una capacidad alta de velocidad, además de ser capaces de soportar cargas axiales y radiales en diferentes sentidos (ver figura N°42).



**Figura 42.** Rodamiento SKF 6315-2RS1

**Tabla 17.** Ficha técnica de rodamiento SKF 6315-2RS1

FICHA TECNICA	
Marca	SKF
Modelo	6315-2RS1
Velocidad limite	2800 rpm
Capacidad de carga dinámica	119 kN
Capacidad de carga estática	76.5kN

##### Selección de cuchillas de corte

Para la selección de las cuchillas de corte se consideran que el sistema utilizado será por medio de cuchillas móviles, es decir, no serán fijadas por soldadura, para ellos se escogieron las cuchillas MAR003 para el eje inferior ya que ejercerá la fuerza de corte, las cuchillas MAR012 para el eje superior



ya que ejercerá la fuerza de empuje y triturado del material de la marca SERRAT(ver figura N°43).



**Figura 43.** Cuchillas de corte MAR 003 Y MAR 012

### **Selección del cardan**

De acuerdo a los parámetros de SUMINISTRO AGRICOLA (2023) y considerando que el cardan estará conectado a la toma de fuerza del tractor, la distancia entre el tractor y la maquina multiplicadora será de 115.5cm, la selección del cardan será de 120 cm de longitud con cruceta, ya que le permite trabajar a la maquina en posiciones que por error de operación puedan producirse(ver figura N°44).



**Figura 44.** Cardan con cruceta

### **Selección del sistema de transmisión**

Para la selección de las correas o fajas se consideraron factores como, posibles atascamientos o variaciones de esfuerzos generados durante la operación, para ello se utilizará la correa lisa en V, ya que dicha faja simplemente resbalará sobre su superficie en caso de falla. Puesto que el canal de la polea del prototipo cuenta con dimensiones de 21mm en su parte alta, se escogió como mejor configuración la faja C-93 en la marca Bando

POWER KING, la cual cuenta con una dimensión en su parte más ancha de 7/8" (22mm) ideal para trabajos ligeros y pesados de alto rendimiento(ver figura N°45).



**Figura 45.** Faja lisa C-93 BANDO POWER KING

### **Selección de la caja de transmisión de velocidad**

Para la selección de la caja de transmisión de velocidad, debemos considerar el funcionamiento de la máquina, ya que las poleas estarán en ambos lados de la máquina, se debe considerar una caja de derivación "T", la cual permite que, de una sola entrada de velocidad angular, pueda transferirse hacia ambos extremos, en el Anexo N° 17 (ver figura N°46).



**Figura 46.** Caja multiplicadora de velocidad tipo "T"

#### 4.6. Análisis económico.

Según CLAVIJO, Camilo (2023), el período de recuperación nos permite determinar el tiempo que le toma a una empresa recuperar la inversión inicial. La fórmula calcula años, meses y días; Además, esto te permitirá determinar si el proyecto es útil o no.

Para determinar el costo total de inversión, se considera el costo en mano de obra día/hombre, siendo 50 soles diarios, se incluye el 18% de IG, siendo necesario 20 días hábiles para el armado y ensamble total de la máquina.

En la tabla 18 se muestra el costo unitario de cada uno de los materiales y componentes de la máquina trituradora con su costo total respectivo de acuerdo a la cantidad que se necesitara, en la tabla 19 se presenta el costo por mano de obra de acuerdo al tiempo que tomara poder fabricar la máquina y en la tabla 20 finalmente se presenta el costo total de la máquina que es s/. 35.208.56 soles.

**Tabla 18.** Presupuesto de máquina trituradora de troncos

PRESUPUESTO PARA FABRICACION DE MAQUINA TRITURADORA				
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	TOTAL
Plancha estructural 1/2"	8	UNID	S/ 1,100.00	S/ 8,800.00
Polea 5 canales 290mm	3	UNID	S/ 514.91	S/ 1,544.73
Polea 5 canales 155mm	1	UNID	S/ 215.17	S/ 215.17
Cedula 6" SCH80	1	UNID	S/ 2,200.98	S/ 2,200.98
Rodamiento SKF 6315-2RS1	8	UNID	S/ 901.76	S/ 7,214.08
Cardan de crucetas 1200mm	1	UNID	S/ 479.87	S/ 479.87
Faja lisa industrial C-93	10	UNID	S/ 63.50	S/ 635.00
Eje 3" solido ASTM-A36	2	MTS	S/ 400.00	S/ 800.00
Martillo de hierba MAR003	32	UNID	S/ 119.96	S/ 3,838.72
Martillo de hierba MAR012	17	UNID	S/ 81.37	S/ 1,383.29
Eje solido 3.5" ASTM A-36	5	MTS	S/ 310.00	S/ 1,550.00
Caja multiplicadora de velocidad	1	UNID	S/ 546.72	S/ 546.72
Partes de ensamblaje en general	1	UNID	S/ 3,000.00	S/ 3,000.00
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 32,208.56</b>

**Tabla 19.** Costo de mano de obra de máquina trituradora de troncos

FABRICACION DE LA MAQUINA	Operarios	Días	Pago por trabajador	Total
	3	20	S/ 50.00	<b>S/ 3,000.00</b>

**Tabla 20.** Costo total de máquina trituradora de troncos

<b>COSTO TOTAL DE MATERIALES + MANO DE OBRA</b>	<b>S/ 35,208.56</b>
---	---------------------

La figura 47 indica que el tiempo de retorno de la inversión es de 8 meses y 8 días, considerando que con el paso del tiempo la evolución de la recuperación de inversión pueda variar un 2%.

CÁLCULO DE TIEMPO DE RETORNO DE INVERSIÓN DESCONTADO					2%
MES	Cash Flow (\$)	CFj (\$)	(P/F, 2%, n)	CFj(P/F,2%,n) (\$)	Sum (\$)
0	-35208.56	-35208.6	1.00000	-35208.56	-35208.5600
1	4500	4500	0.98039	4411.764706	-30796.7953
2	4500	4500	0.96117	4325.259516	-26471.5358
3	4500	4500	0.94232	4240.450505	-22231.0853
4	4500	4500	0.92385	4157.304417	-18073.7809
5	4500	4500	0.90573	4075.788644	-13997.9922
6	4500	4500	0.88797	3995.87122	-10002.1210
7	4500	4500	0.87056	3917.520804	-6084.6002
8	4500	4500	0.85349	3840.70667	-2243.8935
9	4500	4500	0.83676	3765.398696	1521.5052
10	4500	4500	0.82035	3691.567349	5213.0725
11	4500	4500	0.80426	3619.183676	8832.2562

MOMENTO DE CAMBIO	
8	-2243.89
9	1521.505

Tiempo	Cantidad
Meses	8
Días	8

**Figura 47.** Tiempo de retorno de inversión descontado



**Figura 48.** Gráfico de la inversión con respecto al tiempo de recuperación

## V. DISCUSION

En las necesidades de diseño y parámetros de la máquina obtenidos por medio de las entrevistas a la empresa MAQTECNO S.A.C, se levantaron observaciones al prototipo indicando que la máquina presenta deficiencias, sugiriendo que: Se realice un nuevo dimensionamiento de las zonas críticas de la máquina y se determinen los parámetros para un triturado de troncos de 8". Siguiendo estos lineamientos, nos enfocamos en los parámetros y rangos o límites sobre los cuales trabajaría la máquina y las condiciones a las cuales estará expuesta. Debido a la limitada normativa enfocada a este tipo de maquinarias, se tomaron en consideración las limitaciones del prototipo, para de la misma manera, elaborar nuevos parámetros esenciales para su fabricación, esto fue esencial para seleccionar el concepto, configuración y parámetros, considerando los antecedentes los cuales nos mencionan la aplicación de entrevistas para obtener las necesidades de diseño y correcto desarrollo de la máquina.

Teniendo los resultados de las entrevistas aplicadas, se realizó un cuadro de resumen indicando cuales son los parámetros y requerimientos de trabajo para la máquina, considerando dimensionamiento, condiciones de trabajo, accionamiento directos de tractor y el área sobre la cual trabajara, y de la misma manera se realizaron las especificaciones de ingeniería destacando los límites de dimensionamiento tanto del tronco como del espacio que existe entre cada árbol antes de ser cortado y por el cual debe transitar la maquina

Como parte del diseño conceptual, se presentaron 3 alternativas de solución optimas a considerar para el desarrollo de la máquina, los conceptos son: Máquina trituradora forestal con doble grupo de la serie F2N – DRAA (sistema de cuchillas de manera vertical), máquina desbrozadora de troncos de brazo articulado y máquina trituradora de martillos accionada por tractor. Dichos conceptos presentan características propias del trabajo que se pretende realizar, en este caso el triturado de troncos, cada concepto es de diferente estructura, pero mismo objetivo de trabajo, por lo que se utilizó la matriz de selección ponderada para los conceptos de solución, y se le asignó un valor medio ponderado según su importancia.

Para el diseño y dimensionamiento de los ejes, se tomó en cuenta las propiedades físicas del material como su densidad, temperaturas y diámetros para determinar la fuerza de corte, de la misma manera, se obtuvieron los máximos momentos de flexión y torsión aplicados a los ejes teniendo en cuenta la distribución de las cuchillas de corte para cada eje y considerando los parámetros físicos y mecánicos como sus límites de fatiga y resistencias obtenidas por medio de tablas para el acero estructural ASTM-A36 (Ver anexo N°14). Obteniendo finalmente el diámetro útil para cada uno de los ejes, y de la misma manera sus esfuerzos en condiciones de trabajo.

Para el diseño del tornillo sin fin se tomaron dimensiones del prototipo, logrando determinar cuál es su capacidad de transporte y los diámetros correctos, así como sus fuerzas distribuidas y axiales en condiciones de trabajo, para ello, se tomó en cuenta la presión que ejercen los residuos de madera teniendo en cuenta la densidad y dimensiones de la misma, el área del eje y el peso total del eje, determinando finalmente el momento de flexión y torsión aplicados al tornillo sin fin.

Con los parámetros obtenidos para los esfuerzos de los ejes y sus cargas aplicadas, así como también los resultados obtenidos para el tornillo sin fin se logró realizar la simulación estructural de análisis por medio de elementos finitos para los elementos críticos de la máquina utilizando el software ANSYS 2023, obteniendo los factores de seguridad y esfuerzos en los ejes.

Se realizó la selección de los componentes principales que conformaran la maquina como son los rodamientos, cajas de transmisión, cuchillas y sistemas de trasmisión en general respectivamente. Dichos elementos fueron seleccionados de acuerdo al trabajo que realizara la máquina y las condiciones de trabajo a la cual será sometida, considerando la velocidad angular de los ejes, esfuerzos generados, cargas y posibles fallas o atascamiento al momento de triturar

Se realizó la elaboración de planos indicando las dimensiones y vistas de como seria cada parte de la maquina fabricada y la maquina ensamblada

en conjunto, considerando para este caso los planos de: Vista explosionada de la maquina ensamblada, eje inferior y superior, tornillo sin fin y las cuchillas de corte MAR012 Y MAR 003.

Se realizó el análisis económico del costo total de la máquina, en el cual se consideraron los materiales que conformaran la estructura, así como los elementos de ensamblaje, cada uno de ellos con su valor unitario y su costo total de acuerdo a la cantidad por pieza, además se consideró la mano de obra como parte del presupuesto, logrando determinar cuál es el tiempo de recuperación de la inversión para la empresa MAQTECNO S.A.C

## VI. CONCLUSIONES

En el primer objetivo se logró identificar los principales parámetros por medio de entrevistas, lográndonos familiarizar con los requerimientos necesarios para la máquina y su funcionamiento, dichos datos nos permitieron definir la problemática y dar el siguiente paso para realizar los diseños conceptuales y posibles configuraciones para la máquina, utilizando proyectos previos que fueron de aporte para el desarrollo y metodología utilizada.

Los diseños conceptuales aplicados para la selección de la alternativa de solución nos permitieron determinar cuál serían las ventajas y desventajas de los 3 conceptos propuestos, y por medio de la matriz ponderada determinar el concepto 3: Máquina trituradora de martillos accionada por tractor; como la más adecuada para lograr la eficiencia de trabajo requerida.

Para el diseño paramétrico de la maquina se trabajaron los 3 principales ejes que conforman a la máquina trituradora: eje superior, eje inferior y tornillo sin fin; considerando las propiedades físicas y mecánicas de la madera así también como del acero ASTM A-36 que se determinó como el más adecuado para este tipo de trabajos. Los parámetros obtenidos fueron esenciales para el dimensionamiento de los ejes realización de planos, como también para la relación entre la velocidad angular adecuada para los ejes y la capacidad de triturado y transporte de la viruta.

Los resultados obtenidos en el diseño paramétricos nos permitieron realizar la selección de componentes y elementos de la máquina, considerando dimensiones y parámetros a los cuales trabajara la maquina simulando condiciones de trabajo en campo.

Finalmente se concluye que el proyecto es rentable ya que el periodo de recuperación de la inversión nos permitió determinar el tiempo en que la inversión se recuperara en 8 meses y 8 días en su totalidad, considerando los ingresos mensuales a la caja de la empresa teniendo en cuenta su nivel de producción, lo que nos asegura una buena rentabilidad económica.



## **VII. RECOMENDACIONES**

Como parte del continuo desarrollo del proyecto e investigación, se podría realizar un plan de mantenimiento para la maquina considerando las posibles fallas que podría presentar y la identificación de sus componentes con mayor exposición a fatiga o rotura.

Realizar una ficha técnica de la maquina donde se describa el comportamiento y características técnicas de los elementos que lo conforman, así mismo, realizar capacitación que permitan conocer el correcto uso de la maquina considerando riesgos de operación y cómo actuar ante posibles fallas sin generar daños a la máquina.

## REFERENCIAS

- ADAMCHUK, et al. "Developing a new design of wood chopper for grape vine and fruit tree pruning and the results of field testing". Artículo de revision. Region de Kiew, Ucrania: Universidad Centro Científico Nacional, (2016). Disponible en [https://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2016/10/BSE2016\\_374\\_Adamchuk.pdf](https://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2016/10/BSE2016_374_Adamchuk.pdf)
- CASTRO, Julio. Importancia de la tecnología en las empresas en crecimiento. CORPONET, México: Nuevo León, 2023. Disponible en: <https://blog.corponet.com/importancia-de-la-tecnologia-en-las-empresas-en-crecimiento>
- CASTILLO, Freddy. Diseño y construcción de una trituradora de residuos producto de la poda de árboles y desbroces. Tesis para obtener el título de mecánico. Quito: Escuela Politécnica Nacional, (2021). Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21982/1/CD%2011488.pdf>
- DIESELKUBOTA, Desbrozadora. Bogotá: Sede el Espinal Tolima, [en línea], [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2023] disponible en: <https://dieselkubota.com.co/productos/desbrozadora/>
- ESTEBAN, Eduardo Tolosana, et al. Guía de la maquinaria para el aprovechamiento y elaboración de biomasa forestal. Cesefor, 2008.. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/278689958\\_Guia\\_de\\_la\\_maquinaria\\_para\\_el\\_aprovechamiento\\_y\\_elaboracion\\_de\\_biomasa\\_forestal](https://www.researchgate.net/publication/278689958_Guia_de_la_maquinaria_para_el_aprovechamiento_y_elaboracion_de_biomasa_forestal)
- FERNÁNDEZ, Roldan. Clasificadores presupuestarios del sector público. 2014. Disponible en: <https://es.slideshare.net/anayafer/clasificador-de-gastos>
- FUENTES-TALAVERA, F.J. et al. Propiedades de resistencia y durabilidad natural de la madera de ramas de aguacate (*Persea americana* Mill.). Madera bosques [online]. 2011, vol.17, n.1, pp.37-47. ISSN 2448-7597. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712011000100003&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712011000100003&script=sci_abstract)
- HERNANDEZ, Robert, FERNÁNDEZ, Carlos, BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 6ta Edición. México, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0

Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

HJÄLTÉN, Joakin and others. 2016. Site Preparation Techniques for Forest Restoration. ResearchGate. Chapter 5, pp.85-102. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/282979380\\_Site\\_Preparation\\_Techniques\\_for\\_Forest\\_Restoration](https://www.researchgate.net/publication/282979380_Site_Preparation_Techniques_for_Forest_Restoration)

KUMAR, Anup. whatispipingFactor de seguridad: definición, ecuación, ejemplos, calculadora (con PDF). (2022).. Recuperado 8 de diciembre de 2022, de <https://whatispiping.com/factor-de-seguridad/>

LIZANA, Felipe. Diseño de un equipo triturador para reciclaje de madera. Tesis (Ingeniero mecánico). Chile: Pontificia universidad católica de Valparaíso, 2016. Disponible en: [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-0500/UCC0865\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-0500/UCC0865_01.pdf)

LÖF, Magnus, et al. Site preparation techniques for forest restoration. Restoration of Boreal and Temperate Forests, 2nd CRC Press, Florida, 2016, p. 85-102. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/282979380\\_Site\\_Preparation\\_Techniques\\_for\\_Forest\\_Restoration](https://www.researchgate.net/publication/282979380_Site_Preparation_Techniques_for_Forest_Restoration)

MARTÍNEZ Camilo. y Pinto Samir. Diseño y montaje de una máquina trituradora de eje horizontal para el centro recreacional Catay. Tesis para optar el título de ingeniero mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, (2007). Disponible en <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2007/122733.pdf>

METWALLY, M. A., et al. Development of a chopping machine for agricultural residual (A case study on grape trashes). Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering, 2006, vol. 31, no 5, p. 2943-2955. Disponible en: [https://jssae.journals.ekb.eg/article\\_203382.html](https://jssae.journals.ekb.eg/article_203382.html)

MIGUELAGRICOLA, Desbrozadora de martillos. España: Fondo europeo de desenvolvimiento regional, [en línea], [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2023] disponible en: <https://www.miguelagricola.com/noticia/desbrozadora-de-martillos/>

- MOSKALIK, Tadeusz; GENDEK, Arkadiusz. Production of chips from logging residues and their quality for energy: A review of European literature. *Forests*, 2019, vol. 10, no 3, p. 262.
- PARRILLAS, Julio, ¿Cómo se mide la velocidad de un tractor? [en línea], [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2023] Disponible en: <https://infotractores.com/como-se-mide-la-velocidad-de-un-tractor/>
- REGUANT ÁLVAREZ, Mercedes y Francesc MARTÍNEZ OLMO. OPERACIONALIZACIÓN DE CONCEPTOS/ VARIABLES. 2014, 10. Recuperado 21 de abril de 2023, de <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/57883/1/Indicadores-Repositorio.pdf>
- REGALADO, Harumi, FLORES, Martin. Medición del diámetro (dap) de un árbol, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2018. Disponible en: [https://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/ppt\\_medici%C3%B3n\\_del\\_di%C3%A1metro\\_de\\_un\\_%C3%A1rbol.pdf](https://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/ppt_medici%C3%B3n_del_di%C3%A1metro_de_un_%C3%A1rbol.pdf)
- VENTURA. F2N - DRAA - Desbrozadora forestal reforzada con cuchillas o cadenas - Ventura Máquinas Forestales. [en línea] Ventura Máquinas Forestales - Fabricación y exportación de máquinas. <https://www.venturamaquinasforestales.com/es/productos/desbrozadoras-de-cuchillas-y-cadenas/f2n-draa-desbrozadora-forestal-reforzada-con-cuchillas-o-cadenas/>
- OSMAQ. Desbrozadora Articulada TOP - Osmag Maquinaria Agrícola, Forestal y Obra Pública. Osmag Maquinaria Agrícola, Forestal y Obra Pública © [en línea]. [consultado el 6 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.trituradorasosmaq.com/es/obra-publica/desbrozadoras-articuladas-brazo/desbrozadora-articulada-top/>
- RUIZ, José Luis. Desbrozadora de martillos. *Talleres Hijos de José Luis Ruiz* [en línea]. 19 de julio de 2014 [consultado el 7 de junio de 2023]. Disponible en: <https://tiendatractoresburgos.com/2014/07/29/desbrozadora-de-martillos/>
- PORANKIEWICZ, Bolesław, et al. Main and normal cutting forces by machining wood of *Pinus sylvestris*. *BioResources*, 2011, vol. 6, no 4, p. 3687-3713.

Disponible en: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:984802/FULLTEXT01.pdf>

URDAY PEÑA, Diego. Diseño de una planta móvil de trituración de caliza para una capacidad de 50 TN/H (página 3). *Monografias.com* [en línea]. Noviembre de 13 [consultado el 4 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.monografias.com/docs114/disenomoviltrituracioncaliza/disenomoviltrituracioncaliza3>

SKF. Rodamientos rígidos de bolas. SKF [en línea]. 2023 [consultado el 9 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.skf.com/pe/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings>

SERRAT. MARTILLO HIERBA Ø 20 - Trituradoras de Ramas Serrat. *Trituradoras de Ramas Serrat* [en línea]. 2022 [consultado el 9 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.serrat.es/producto/martillo-hierba-o-20/>

TECNOPOWER. Juntas universales Cardan y Conjuntos telescópicos. *Trasmil* [en línea]. 2023 [consultado el 9 de julio de 2023]. Disponible en: <http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/acoplamiento/tecnopower.1.pdf>

Transmisión 2003/1200 categoría 2, cruceta 23.8X61.2mm, 1200mm largo. - I.V.A. INCLUIDO. - Suministros Agrícolas. *Suministros Agrícolas* [en línea]. 2023 [consultado el 9 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.suministroagricola.es/transmisiones/458-transmision-2003-1200-iva-incluido.html>

CLAVIJO, Camilo. Cómo calcular el periodo de recuperación de tu inversión. *Blog de HubSpot | Marketing, Ventas, Servicio al Cliente y Sitio Web* [en línea]. 25 de enero de 2023 [consultado el 10 de julio de 2023]. Disponible en: [https://blog.hubspot.es/sales/periodo-recuperacion-inversion#:~:text=El%20periodo%20de%20recuperaci%C3%B3n%20de%20la%20inversi%C3%B3n%20\(PRI\)%20o%20payback,proyecto%20es%20rentable%20o%20no.](https://blog.hubspot.es/sales/periodo-recuperacion-inversion#:~:text=El%20periodo%20de%20recuperaci%C3%B3n%20de%20la%20inversi%C3%B3n%20(PRI)%20o%20payback,proyecto%20es%20rentable%20o%20no.)

IMPAC. Transmisión de potencia. *IMPAC* [en línea]. 2023 [consultado el 12 de julio de 2023]. Disponible en: [https://www.impac.cl/catalogo-i320/descargas/5-Transmision\\_Potencia-i320/Transmisión%20de%20potencia%20-%20IMPAC%20i-30.pdf](https://www.impac.cl/catalogo-i320/descargas/5-Transmision_Potencia-i320/Transmisión%20de%20potencia%20-%20IMPAC%20i-30.pdf).

Faja industrial Bando lisa C93. *Fadrisac* [en línea]. 2023 [consultado el 12 de julio de 2023]. Disponible en: <https://fadrisac.com/products/c93>

CONVEYOR. SCREW CONVEYOR COMPONENTS & DESIGN [en línea]. 2012 [consultado el 13 de julio de 2023]. Disponible en: [https://www.academia.edu/6815650/Screw\\_conveyor\\_components\\_and\\_deSign\\_Conveyor\\_Engineering\\_and\\_Manufacturing\\_introduction](https://www.academia.edu/6815650/Screw_conveyor_components_and_deSign_Conveyor_Engineering_and_Manufacturing_introduction)

MORALES MARTÍNEZ, Georgy Alonso; ROALCABA SAAVEDRA, Stalyn. DISEÑO DE UNA MAQUINA REVOCADORA NEUMATICA DE PAREDES CON UNA CAPACIDAD DE 30 M2/H PARA LA EMPRESA CAMPO VERDE SAC-MOTUPE, LAMBAYEQUE. 2018. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/4948>

RICHAR G. Budynass. DISEÑO DE INGENIERIA MECANICA DE SHIGLEY. 2010 Disponible en: <https://termoaplicadaunefm.files.wordpress.com/2015/03/disec3b1o-en-ingenierc3ada-mecc3a1nica-de-shigley-8-edicic3b3n-budynas.pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1. Carta de autorización para la toma de datos



Universidad  
César Vallejo

"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

Trujillo, 04 de mayo de 2023

Señora)

**Sr. Walter Lucas Aburto Torres**

**MAQTECNO S.A.C**

**HUANCHAQUITO, LA LIBERTAD**

Asunto: Autorizar para la toma de datos del Proyecto de Investigación de Ingeniería Mecánica Eléctrica

De mi mayor consideración

Es muy grato dirigirme a usted, para saludarlo muy cordialmente en nombre de la Universidad Cesar Vallejo Filial Trujillo y en el mío propio, desearte la continuidad y éxitos en la gestión que viene desempeñando.

A su vez, la presente tiene como objetivo solicitar su autorización, a fin de que los Estudiantes Frank Alexander Zarate Yuyes / Miguel Humberto Ramirez Anamaria, con DNI 72495381/ 74091702, del décimo ciclo, Taller de Elaboración de Tesis de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, pueda ejecutar su investigación titulada: **"Rediseño de una máquina trituradora móvil de troncos de árbol de palta de hasta 8" en la empresa MAQTECNO S.A.C"**, en la institución que pertenece a su digna Dirección; agradeceré se le brinden las facilidades correspondientes.

Sin otro particular, me despido de Usted, no sin antes expresar los sentimientos de mi especial consideración personal.

Atentamente,

**Jorge Antonio Inciso Vásquez**  
Asesor Metodólogo del Curso

**Alex Deyvi Tejeda Ponce**  
Director de Escuela

**Walter Lucas Aburto Torres**  
Gerente General-MAQTECNO S.A.C



## ANEXO 2. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTO

### VALORACION DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:

	sí	no
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para extraer la información de manera adecuada	X	
El número de criterios para la extracción de información es el adecuado.	X	
Los criterios están bien formulados, responde a los objetivos de la investigación (en el supuesto de contestar NO, por favor, indique inmediatamente abajo cuáles)	X	

Preguntas que el experto considera no cumplen con las exigencias de la investigación	
N.º de lo(s) criterios	Ninguno
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	Ninguna

	Evaluación general del Instrumento			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Validez de contenido del Instrumento		X		

Observaciones y recomendaciones en general del cuestionario:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	



## Identificación del experto

<b>Nombre y Apellidos</b>	JORGE ANTONIO OLORTEGUI YUME
<b>Filiación</b> (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	Docente Universitario y Consultor Doctor en Ingeniería Mecánica (Ph.D.) Universidad Cesar Vallejo
<b>e-mail</b>	jolortegui@unitru.edu.pe
<b>Teléfono o celular</b>	988169332
<b>Fecha de la validación</b> (día, mes y año):	10 de Junio 2023
<b>Firma</b>	

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este instrumento.

**ANEXO 2. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTO**  
**VALORACION DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS**

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:


	si	no
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para extraer la información de manera adecuada	X	
El número de criterios para la extracción de información es el adecuado.	X	
Los criterios están bien formulados, responde a los objetivos de la investigación (en el supuesto de contestar NO, por favor, indique inmediatamente abajo cuáles)	X	

Preguntas que el experto considera no cumplen con las exigencias de la investigación	
N.º de lo(s) criterios	_____
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	_____

	Evaluación general del Instrumento			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Validez de contenido del Instrumento		X		

Observaciones y recomendaciones en general del cuestionario:	
Motivos por los que se considera no adecuada	_____
Motivos por los que se considera no pertinente	_____
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	_____

**Identificación del experto**

Nombre y Apellidos	Jorge Antonio Inciso Vásquez
Filiación (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	Ing. Mecánico Dr. en Administración Universidad Cesar Vallejo SAC.
e-mail	jinciso@UVU.edu.pe
Teléfono o celular	976914508
Fecha de la validación (día, mes y año):	10 de junio 2023.
Firma	

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este instrumento.

**ANEXO 2. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTO**  
**VALORACION DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS**

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:


	si	no
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para extraer la información de manera adecuada	X	
El número de criterios para la extracción de información es el adecuado.	X	
Los criterios están bien formulados, responde a los objetivos de la investigación (en el supuesto de contestar NO, por favor, indique inmediatamente abajo cuales)	X	

Preguntas que el experto considera no cumplen con las exigencias de la investigación	
N.º de lo(s) criterios	NO
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	Ninguna

	Evaluación general del Instrumento			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Validez de contenido del instrumento				

Observaciones y recomendaciones en general del cuestionario:	
Motivos por los que se considera no adecuada	No aplica
Motivos por los que se considera no pertinente	Ninguna observación
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	Ninguna, Todo conforme.

### Identificación del experto

Nombre y Apellidos	ALEX DEYUI TEJEDA FONCE
Filiación (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	Magister, UNIVERSIDAD CESAR VALDEJO
e-mail	atejeda@ucv.edu.pe
Teléfono o celular	949 643996
Fecha de la validación (día, mes y año):	10 Junio del 2023
Firma	

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este instrumento.

### Anexo 3. Formato de entrevista vacía

**ENTREVISTA PARA RECOLECTAR INFORMACION Y DATOS PARA LOS REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DE UNA MAQUINA TRITURADORA DE TRONCOS DE PALTA DE HASTA 8"**

La información recolectada en esta entrevista se empleará para definir las especificaciones de diseño para la máquina trituradora de troncos de palta de hasta 8". Los datos proporcionados a través de la siguiente entrevista serán utilizados con fines académicos e investigativos, se agradece su colaboración.

**ENTREVISTADO:**

**Apellidos y nombres:** \_\_\_\_\_

**Profesión:** \_\_\_\_\_

**Cargo:** \_\_\_\_\_

**ENTREVISTADOR:**

**Apellidos y Nombres:** Zarate Yuyes Frank, Ramírez Anamaria Miguel

**Universidad:** Cesar Vallejo

**Escuela:** Ingeniería Mecánica

**Tesis:** Diseño de una máquina trituradora móvil de troncos de árbol de palta de hasta 8" en la empresa MAQTECNO S.A.C

1. Respecto a los diseños de las maquinas trituradoras importadas ¿Cuáles son las principales limitaciones que tienen estas máquinas con respecto a las condiciones de trabajo actuales?

---

---

---

---

2. De acuerdo a la empresa o clientes a la que se le vende los equipos ¿Qué características buscan en una máquina trituradora?

---

---

---

3. ¿Cuáles son las dimensiones en promedio de los troncos de palta que se desea triturar?

**Alto:** \_\_\_\_\_ , **Diámetro:** \_\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

4. ¿Cuál es la potencia que posee el tractor que se empleara para el accionamiento de la máquina trituradora de troncos de palta? Mencionar marca y modelo.

70 HP

110 HP

110 HP

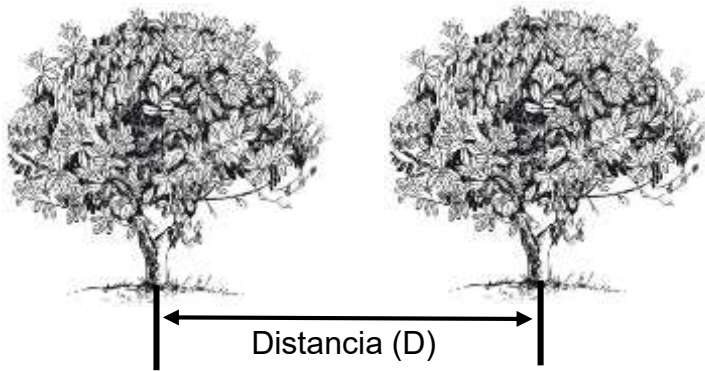
150 HP

180 HP

Otro

Nota: \_\_\_\_\_

5. ¿Cuál es la distancia de separación entre cada árbol de palta (metros) para el fácil acceso de la máquina trituradora de troncos?



D= \_\_\_\_\_

6. ¿Cuáles son las dimensiones de entrada (ancho, alto, profundidad) para los troncos en la máquina trituradora?

Ancho: \_\_\_\_\_, Alto: \_\_\_\_\_, Profundidad:

\_\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

7. Según su experiencia personal ¿Cuál es la velocidad promedio a la que trabaja el tractor para la trituración de los troncos (KM/H)?

Velocidad de tractor: \_\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

8. ¿Qué elemento/sistema utilizan para la transmisión de la potencia del tractor hacia la máquina trituradora? Seleccionar más de 1 en caso de ser necesario

Cardan

Engranajes

Otros

Poleas

Otros

Nota: \_\_\_\_\_

9. ¿A cuántas revoluciones por minuto(RPM) trabajan actualmente los rodillos de la máquina trituradora de troncos?

RPM: \_\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

10. ¿Cuáles son los componentes/sistemas usados para la transmisión de velocidad de la máquina trituradora hacia los cilindros de corte? Marque con X su respuesta

Poleas y fajas

Poleas y fajas dentadas

Piñones y cadenas

Otros

Nota: \_\_\_\_\_



11. ¿Con cuántos ejes rotativos cuenta la máquina y cuáles son sus dimensiones? Mencionar la función que cumple cada uno

1 Cilindro

2 cilindros

3 Cilindros

Otro

a. Dimensión cilindro 1:

\_\_\_\_\_

Función:

\_\_\_\_\_

b. Dimensión cilindro 2:

\_\_\_\_\_

Función:

\_\_\_\_\_

c. Dimensión cilindro 3:

\_\_\_\_\_

Función:

\_\_\_\_\_

d. Dimensión cilindro 4:

\_\_\_\_\_

Función:

\_\_\_\_\_

Nota:

\_\_\_\_\_

Observaciones:

\_\_\_\_\_

12. Luego de triturado el tronco ¿Cómo se usan los residuos de tronco triturados (desecho, abono, etc.)? menciónalos

- a.
- b.
- c.
- d.

Nota:

---

13. ¿Conoce usted alguna normativa nacional o internacional respecto al diseño de máquinas trituradoras de tronco de palta? SI/NO, descríbalas

---

---

---

---

Nota:

---

## Anexo 4. Entrevistas realizadas al personal de la Empresa MAQTECNO SAC.

### Entrevista N° 1

ENTREVISTA PARA RECOLECTAR INFORMACION Y DATOS PARA LOS REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DE UNA MAQUINA TRITURADORA DE TRONCOS DE PALTA DE HASTA 8"

La información recolectada en esta entrevista se empleará para definir las especificaciones de diseño para la maquina trituradora de troncos de palta de hasta 8". Los datos proporcionados a través de la siguiente entrevista serán utilizados con fines académicos e investigativos, se agradece su colaboración.

#### ENTREVISTADO:

Apellidos y nombres: WALTER AGUIRRE TORRES  
Profesión: TECNICO  
Cargo: TECNICO MECANICO (GERENTE)

#### ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Zarate Yuyes Frank, Ramirez Anamaria Miguel  
Universidad: Cesar Vallejo  
Escuela: Ingeniería Mecánica  
Tesis: Diseño de una máquina trituradora móvil de troncos de árbol de palta de hasta 8" en la empresa MAQTECNO S.A.C

1. Respecto a los diseños de las maquinas trituradoras importadas ¿Cuáles son las principales limitaciones que tienen estas máquinas con respecto a las condiciones de trabajo actuales?

una de las principales limitaciones es que los Maquinas importadas se diseñan segun la Necesidad de los extranjeros y NO con nuestras necesidades es por eso que no llegan a rendir al 100% y muchas veces no cumplen con los requerimientos en campo

2. De acuerdo a la empresa o clientes a la que se le vende los equipos ¿Qué características buscan en una máquina trituradora?

Que tengan la capacidad de corte de 10-19

3. ¿Cuáles son las dimensiones en promedio de los troncos de palta que se desea triturar?

Alto: 1.50 Mt , Diámetro: 10 - 18 cm

Nota: \_\_\_\_\_

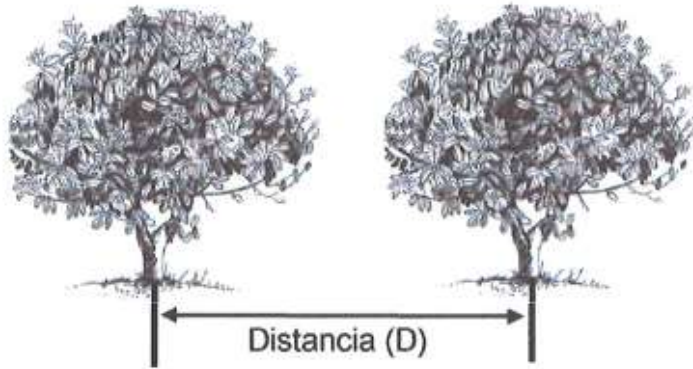
Observaciones: \_\_\_\_\_

4. ¿Cuál es la potencia que posee el tractor que se empleara para el accionamiento de la máquina trituradora de troncos de palta? Mencionar marca y modelo.

70 HP                       110 HP                       110 HP  
 150 HP                       180 HP                       Otro

Nota: \_\_\_\_\_

5. ¿Cuál es la distancia de separación entre cada árbol de palta (metros) para el fácil acceso de la máquina trituradora de troncos?



$D = \underline{6 \text{ Mt}}$

6. ¿Cuáles son las dimensiones de entrada (ancho, alto, profundidad) para los troncos en la máquina trituradora?

Ancho: 2.20 Mt, Alto: 50.0m, Profundidad: 1.40 Mt

Nota: \_\_\_\_\_

7. Según su experiencia personal ¿Cuál es la velocidad promedio a la que trabaja el tractor para la trituración de los troncos (KM/H)?

Velocidad de tractor: 2. KM/H

Nota: \_\_\_\_\_

8. ¿Qué elemento/sistema utilizan para la transmisión de la potencia del tractor hacia la máquina trituradora? Seleccionar más de 1 en caso de ser necesario

Cardan

Engranajes

Otros

Poleas

Otros

Nota: \_\_\_\_\_

9. ¿A cuántas revoluciones por minuto(RPM) trabajan actualmente los rodillos de la máquina trituradora de troncos?

RPM: 2500 RPM

Nota: \_\_\_\_\_

10. ¿Cuáles son los componentes/sistemas usados para la transmisión de velocidad de la máquina trituradora hacia los cilindros de corte? Marque con X su respuesta

Poleas y fajas

Poleas y fajas dentadas

Piñones y cadenas

Otros

Nota: \_\_\_\_\_

11. ¿Con cuántos ejes rotativos cuenta la máquina y cuáles son sus dimensiones? Mencionar la función que cumple cada uno

1 Cilindro

2 cilindros

3 Cilindros

Otro

a. Dimensión cilindro 1: 2.20 Mt

Función: Triturado

b. Dimensión cilindro 2: 2.20 Mt

Función: Triturado

c. Dimensión cilindro 3: 2.40 Mt

Función: Expulsión de triturado

d. Dimensión cilindro 4: \_\_\_\_\_

Función: \_\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

12. Luego de triturado el tronco ¿Cómo se usan los residuos de tronco triturados (desecho, abono, etc.)? menciónalos

a. COMPOSTOJE

b.

c.

d.

Nota: \_\_\_\_\_

13. ¿Conoce usted alguna normativa nacional o internacional respecto al diseño de máquinas trituradoras de tronco de palta? SI/NO, descríbalas

NO SE TRABAJO BAJO NINGUNA NORMA

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_



## Entrevista N° 2

### ENTREVISTA PARA RECOLECTAR INFORMACION Y DATOS PARA LOS REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DE UNA MAQUINA TRITURADORA DE TRONCOS DE PALTA DE HASTA 8"

La información recolectada en esta entrevista se empleará para definir las especificaciones de diseño para la maquina trituradora de troncos de palta de hasta 8". Los datos proporcionados a través de la siguiente entrevista serán utilizados con fines académicos e investigativos, se agradece su colaboración.

#### ENTREVISTADO:

Apellidos y nombres: RUIZ UBILLOS, LEIS

Profesión: ING. INDUSTRIAL

Cargo: SUPERVISOR OPERACIONES.

#### ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Zarate Yuyes Frank, Ramirez Anamaria Miguel

Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica

Tesis: Diseño de una máquina trituradora móvil de troncos de árbol de palta de hasta 8" en la empresa MAQTECNO S.A.C

1. Respecto a los diseños de las maquinas trituradoras importadas ¿Cuáles son las principales limitaciones que tienen estas máquinas con respecto a las condiciones de trabajo actuales?

NO TIENEN SUSTENTOS TECNICOS REALES. ESTAN PROBADOS BAJO NECESIDADES DE SU PAIS, MAS NO DE LA REALIDAD DE NUESTROS CAMPOS.



2. De acuerdo a la empresa o clientes a la que se le vende los equipos ¿Qué características buscan en una máquina trituradora?

UN MEJOR DISEÑO DE LA ESTRUCTURA EN GENERAL  
Y REPUESTOS, QUE SEAN COMERCIALES.

UN MEJOR NÚMERO DE DIÁMETRO DE TRITURACIÓN

3. ¿Cuáles son las dimensiones en promedio de los troncos de palta que se desea triturar?

Alto: 90cm , Diámetro: 7" a 8"

Nota: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

4. ¿Cuál es la potencia que posee el tractor que se empleara para el accionamiento de la máquina trituradora de troncos de palta? Mencionar marca y modelo.

70 HP

110 HP

110 HP

150 HP

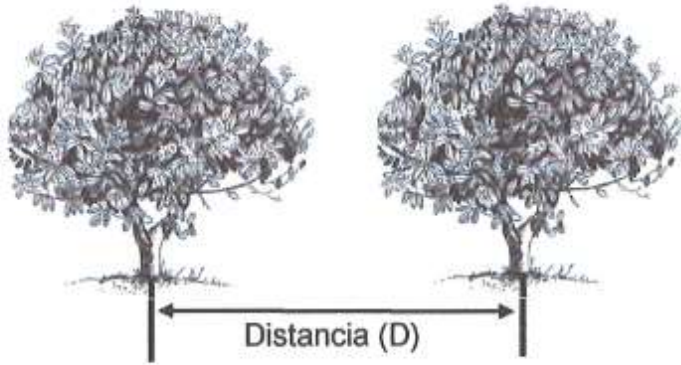
180 HP

Otro

Nota: SI SE UTILIZO PARA MAYOR "HP", SE CORRE  
RIESGO DE NO ENCONTRAR TRACTOR O QUE SU KORA  
MÁQUINA SEA MÁS CARA.

5. ¿Cuál es la distancia de separación entre cada árbol de palta (metros) para el fácil acceso de la máquina trituradora de troncos?

2,5 mt, 2.8 mt, 3mt



$D = \underline{2,5, 2,8 \Delta 3 \text{ mt}}$

6. ¿Cuáles son las dimensiones de entrada (ancho, alto, profundidad) para los troncos en la máquina trituradora?

Ancho: 22 cm a 23 cm, Alto: 90 cm, Profundidad: \_\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

7. Según su experiencia personal ¿Cuál es la velocidad promedio a la que trabaja el tractor para la trituración de los troncos (KM/H)?

Velocidad de tractor: 1,3 a 1,5

Nota: Menores nos KM/H es mejor para el clima  
avanza más y pasa menos horas (disminuye su costo).

8. ¿Qué elemento/sistema utilizan para la transmisión de la potencia del tractor hacia la máquina trituradora? Seleccionar más de 1 en caso de ser necesario

- Cardan                       Engranajes                       Otros  
 Poleas                       Otros

Nota: \_\_\_\_\_

9. ¿A cuántas revoluciones por minuto(RPM) trabajan actualmente los rodillos de la máquina trituradora de troncos?

RPM: 1000 -

Nota: \_\_\_\_\_

10. ¿Cuáles son los componentes/sistemas usados para la transmisión de velocidad de la máquina trituradora hacia los cilindros de corte? Marque con X su respuesta

Poleas y fajas

Poleas y fajas dentadas

Piñones y cadenas

Otros

Nota: \_\_\_\_\_

11. ¿Con cuántos ejes rotativos cuenta la máquina y cuáles son sus dimensiones? Mencionar la función que cumple cada uno

1 Cilindro

2 cilindros

3 Cilindros

Otro

a. Dimensión cilindro 1: 5''

Función: \_\_\_\_\_

b. Dimensión cilindro 2: 6''

Función: \_\_\_\_\_

c. Dimensión cilindro 3: con sin fin  $\phi$  28 a 30cm.

Función: \_\_\_\_\_

d. Dimensión cilindro 4: \_\_\_\_\_

Función: \_\_\_\_\_

Nota: Las dimensiones del cilindro deben ser calculadas

Observaciones: \_\_\_\_\_

12. Luego de triturado el tronco ¿Cómo se usan los residuos de tronco triturados (desecho, abono, etc.)? menciónalos

- a. Abono
- b. GUANO DE PARA LA RIZO
- c. PROTEGE DE LA HUMEDAD
- d.

Nota: \_\_\_\_\_

13. ¿Conoce usted alguna normativa nacional o internacional respecto al diseño de máquinas trituradoras de tronco de palta? SI/NO, descríbalas

NO.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

### Entrevista N° 3

#### ENTREVISTA PARA RECOLECTAR INFORMACION Y DATOS PARA LOS REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DE UNA MAQUINA TRITURADORA DE TRONCOS DE PALTA DE HASTA 8"

La información recolectada en esta entrevista se empleará para definir las especificaciones de diseño para la maquina trituradora de troncos de palta de hasta 8". Los datos proporcionados a través de la siguiente entrevista serán utilizados con fines académicos e investigativos, se agradece su colaboración.

#### ENTREVISTADO:

Apellidos y nombres: Bermudez Asate Iván Santos

Profesión: Operario Mecánica

Cargo: Técnico

#### ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Zarate Yuyes Frank, Ramírez Anamaria Miguel

Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica

Tesis: Diseño de una máquina trituradora móvil de troncos de árbol de palta de hasta 8" en la empresa MAQTECNO S.A.C

1. Respecto a los diseños de las maquinas trituradoras importadas ¿Cuáles son las principales limitaciones que tienen estas máquinas con respecto a las condiciones de trabajo actuales?

rochidos, se rompen, atascamiento, rompimiento  
eje rotor.



2. De acuerdo a la empresa o clientes a la que se le vende los equipos ¿Qué características buscan en una máquina trituradora?

mejor proceso de triturado, mas  
robusta, mayor torque

3. ¿Cuáles son las dimensiones en promedio de los troncos de palta que se desea triturar?

Alto: 2.50 mt., Diámetro: 8, 8.5 pulgadas

Nota: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

4. ¿Cuál es la potencia que posee el tractor que se empleara para el accionamiento de la máquina trituradora de troncos de palta? Mencionar marca y modelo.

70 HP

110 HP

110 HP

150 HP

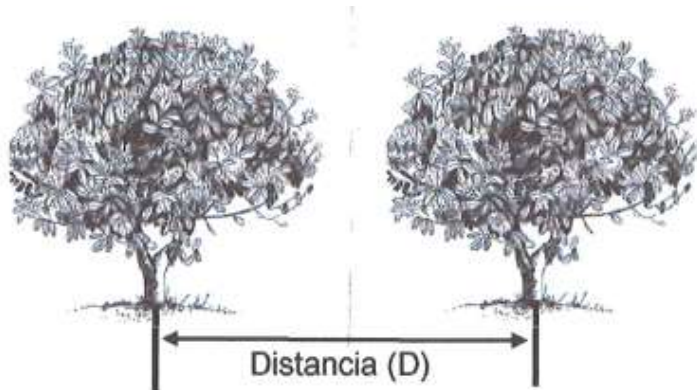
180 HP

Otro

Nota: minima potencia 180 HP. Maximo 250 HP.

5. ¿Cuál es la distancia de separación entre cada árbol de palta (metros) para el fácil acceso de la máquina trituradora de troncos?

6 metros.



D= 6 metros

6. ¿Cuáles son las dimensiones de entrada (ancho, alto, profundidad) para los troncos en la máquina trituradora?

Ancho: 2 · 20 ml, Alto: 50, cm, Profundidad: 1.40 ml

Nota: \_\_\_\_\_

7. Según su experiencia personal ¿Cuál es la velocidad promedio a la que trabaja el tractor para la trituración de los troncos (KM/H)?

Velocidad de tractor: 2 km/h

Nota: \_\_\_\_\_

8. ¿Qué elemento/sistema utilizan para la transmisión de la potencia del tractor hacia la máquina trituradora? Seleccionar más de 1 en caso de ser necesario

Cardan                       Engranajes                       Otros  
 Poleas                       Otros

Nota: \_\_\_\_\_

9. ¿A cuántas revoluciones por minuto(RPM) trabajan actualmente los rodillos de la máquina trituradora de troncos?

RPM: 2500 RPM

Nota: \_\_\_\_\_

10. ¿Cuáles son los componentes/sistemas usados para la transmisión de velocidad de la máquina trituradora hacia los cilindros de corte? Marque con X su respuesta

Poleas y fajas

Poleas y fajas dentadas

Piñones y cadenas

Otros

Nota: \_\_\_\_\_

11. ¿Con cuántos ejes rotativos cuenta la máquina y cuáles son sus dimensiones? Mencionar la función que cumple cada uno

1 Cilindro

2 cilindros

3 Cilindros

Otro

a. Dimensión cilindro 1: 2.20 mt.

Función: Triturado

b. Dimensión cilindro 2: 2.20 mt

Función: triturado

c. Dimensión cilindro 3: 2.40 mt.

Función: expulsión de residuos

d. Dimensión cilindro 4: \_\_\_\_\_

Función: \_\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_



12. Luego de triturado el tronco ¿Cómo se usan los residuos de tronco triturados (desecho, abono, etc.)? menciónalos

- a. *Compostaje*
- b.
- c.
- d.

Nota: \_\_\_\_\_

13. ¿Conoce usted alguna normativa nacional o internacional respecto al diseño de máquinas trituradoras de tronco de palta? SI/NO, descríbalas

*No se ha trabajado con ninguno norma*

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

## Entrevista N° 4

ENTREVISTA PARA RECOLECTAR INFORMACION Y DATOS PARA LOS REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DE UNA MAQUINA TRITURADORA DE TRONCOS DE PALTA DE HASTA 8"

La información recolectada en esta entrevista se empleará para definir las especificaciones de diseño para la maquina trituradora de troncos de palta de hasta 8". Los datos proporcionados a través de la siguiente entrevista serán utilizados con fines académicos e investigativos, se agradece su colaboración.

### ENTREVISTADO:

Apellidos y nombres: Zamora Julea José Manuel

Profesión: Mecánico por oficio

Cargo: ayudante de Mecanica

### ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Zarate Yuyes Frank, Ramirez Anamaria Miguel

Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica

Tesis: Diseño de una máquina trituradora móvil de troncos de árbol de palta de hasta 8" en la empresa MAQTECNO S.A.C

1. Respecto a los diseños de las maquinas trituradoras importadas ¿Cuáles son las principales limitaciones que tienen estas máquinas con respecto a las condiciones de trabajo actuales?

presenta atascamiento a la hora de Triturar,  
falta de potencia de la maquina,  
fractura de las cuchillas de este.

2. De acuerdo a la empresa o clientes a la que se le vende los equipos ¿Qué características buscan en una máquina trituradora?

Una Máquina mas robusta, con mucho mayor potencia y que pueda Triturar de manera eficiente.

3. ¿Cuáles son las dimensiones en promedio de los troncos de palta que se desea triturar?

**Alto:** 2 a 2.5 mtr , **Diámetro:** 8

Nota: \_\_\_\_\_

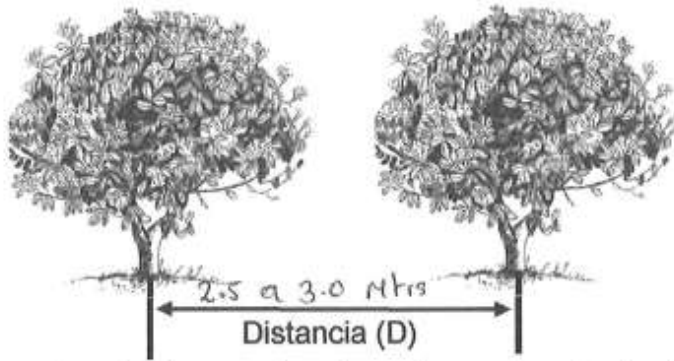
Observaciones: \_\_\_\_\_

4. ¿Cuál es la potencia que posee el tractor que se empleara para el accionamiento de la máquina trituradora de troncos de palta? Mencionar marca y modelo.

70 HP                       110 HP                       110 HP  
 150 HP                       180 HP                       Otro

Nota: \_\_\_\_\_

5. ¿Cuál es la distancia de separación entre cada árbol de palta (metros) para el fácil acceso de la máquina trituradora de troncos?



D= \_\_\_\_\_

6. ¿Cuáles son las dimensiones de entrada (ancho, alto, profundidad) para los troncos en la máquina trituradora?

Ancho: 2.2 mtrs, Alto: 90 cm, Profundidad: 1 mtrs

Nota: \_\_\_\_\_

7. Según su experiencia personal ¿Cuál es la velocidad promedio a la que trabaja el tractor para la trituración de los troncos (KM/H)?

Velocidad de tractor: 1.3 a 1.5 km/hr

Nota: \_\_\_\_\_

8. ¿Qué elemento/sistema utilizan para la transmisión de la potencia del tractor hacia la máquina trituradora? Seleccionar más de 1 en caso de ser necesario

Cardan                       Engranajes                       Otros  
 Poleas                       Otros

Nota: \_\_\_\_\_

9. ¿A cuántas revoluciones por minuto(RPM) trabajan actualmente los rodillos de la máquina trituradora de troncos?

RPM: 2000

Nota: \_\_\_\_\_

10. ¿Cuáles son los componentes/sistemas usados para la transmisión de velocidad de la máquina trituradora hacia los cilindros de corte? Marque con X su respuesta

Poleas y fajas

Poleas y fajas dentadas

Piñones y cadenas

Otros

Nota: \_\_\_\_\_

11. ¿Con cuántos ejes rotativos cuenta la máquina y cuáles son sus dimensiones? Mencionar la función que cumple cada uno

1 Cilindro

2 cilindros

3 Cilindros

Otro

a. Dimensión cilindro 1: 2.2 x 5'

Función: proceso de triturado

b. Dimensión cilindro 2: 2.21 x 6"

Función: proceso de triturado

c. Dimensión cilindro 3: eje sin fin 2.8 x 30 cm de diámetro

Función: expulsador de residuos

d. Dimensión cilindro 4: \_\_\_\_\_

Función: \_\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

12. Luego de triturado el tronco ¿Cómo se usan los residuos de tronco triturados (desecho, abono, etc.)? menciónalos

- a. compostaje
- b. proteje de los rayos del a la nueva planta
- c.
- d.

Nota: \_\_\_\_\_

13. ¿Conoce usted alguna normativa nacional o internacional respecto al diseño de máquinas trituradoras de tronco de palta? SI/NO, describalas

No se trabajo bajo ninguna norma.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

## Entrevista N° 5

### ENTREVISTA PARA RECOLECTAR INFORMACION Y DATOS PARA LOS REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DE UNA MAQUINA TRITURADORA DE TRONCOS DE PALTA DE HASTA 8"

La información recolectada en esta entrevista se empleará para definir las especificaciones de diseño para la maquina trituradora de troncos de palta de hasta 8". Los datos proporcionados a través de la siguiente entrevista serán utilizados con fines académicos e investigativos, se agradece su colaboración.

#### ENTREVISTADO:

Apellidos y nombres: JUNIAZ Garcia Zamora

Profesión: Mecanica de oficina

Cargo: Mecanica de produccion

#### ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Zarate Yuyes Frank, Ramirez Anamaria Miguel

Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingenieria Mecánica

Tesis: Diseño de una máquina trituradora móvil de troncos de árbol de palta de hasta 8" en la empresa MAQTECNO S.A.C

1. Respecto a los diseños de las maquinas trituradoras importadas ¿Cuáles son las principales limitaciones que tienen estas máquinas con respecto a las condiciones de trabajo actuales?

No tienen adecuada mente  
la maquina es muy pequeña



2. De acuerdo a la empresa o clientes a la que se le vende los equipos ¿Qué características buscan en una máquina trituradora?

que triturar de manera adecuada  
que sea mas grande y  
que genere mas potencia

3. ¿Cuáles son las dimensiones en promedio de los troncos de palta que se desea triturar?

Alto: \_\_\_\_\_ , Diámetro: \_\_\_\_\_

Nota: no tengo conocimiento

Observaciones: \_\_\_\_\_

4. ¿Cuál es la potencia que posee el tractor que se empleara para el accionamiento de la máquina trituradora de troncos de palta? Mencionar marca y modelo.

70 HP

110 HP

110 HP

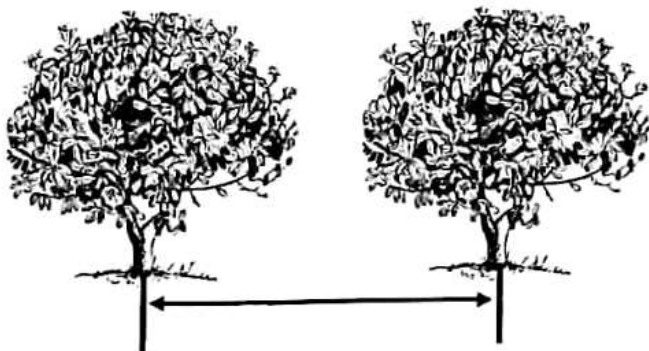
150 HP

180 HP

Otro

Nota: \_\_\_\_\_

5. ¿Cuál es la distancia de separación entre cada árbol de palta (metros) para el fácil acceso de la máquina trituradora de troncos?



D= No tengo conocimiento



Distancia (D)

6. ¿Cuáles son las dimensiones de entrada (ancho, alto, profundidad) para los troncos en la máquina trituradora?

Ancho: 2,2 M.T, Alto: 50, Profundidad: 90 cm

Nota: \_\_\_\_\_

7. Según su experiencia personal ¿Cuál es la velocidad promedio a la que trabaja el tractor para la trituración de los troncos (KM/H)?

Velocidad de tractor: 1.5 - 2 KM/H

Nota: \_\_\_\_\_

8. ¿Qué elemento/sistema utilizan para la transmisión de la potencia del tractor hacia la máquina trituradora? Seleccionar más de 1 en caso de ser necesario

Cardan                       Engranajes                       Otros  
 Poleas                       Otros

Nota: \_\_\_\_\_

9. ¿A cuántas revoluciones por minuto(RPM) trabajan actualmente los rodillos de la máquina trituradora de troncos?

RPM: 2000

Nota: \_\_\_\_\_

10. ¿Cuáles son los componentes/sistemas usados para la transmisión de velocidad de la máquina trituradora hacia los cilindros de corte? Marque con X su respuesta

Poleas y fajas                       Poleas y fajas dentadas  
 Piñones y cadenas                       Otros

Nota: \_\_\_\_\_

11. ¿Con cuántos ejes rotativos cuenta la máquina y cuáles son sus dimensiones? Mencionar la función que cumple cada uno

1 Cilindro       2 cilindros       3 Cilindros       Otro

a. Dimensión cilindro 1: 2.2 MT

Función: Triturador

b. Dimensión cilindro 2: 2.2 MT

Función: Triturador

c. Dimensión cilindro 3: egl dim Fin Ø30cm x 2.4 MT

Función: salida residual

d. Dimensión cilindro 4: \_\_\_\_\_

Función: \_\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

12. Luego de triturado el tronco ¿Cómo se usan los residuos de tronco triturados (desecho, abono, etc.)? menciónalos

a. protección de rayos del sol a la raíz

b. y abono

c.

d.

Nota: \_\_\_\_\_

13. ¿Conoce usted alguna normativa nacional o internacional respecto al diseño de máquinas trituradoras de tronco de palta? SI/NO, descríbalas

No se trabaja bajo ninguna normativa

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Anexo 5. Cálculos paramétricos de la maquina

### PARA EL EJE SUPERIOR

#### Cálculo de fuerza de corte

$$A_1 = A_p \cdot (0.38 \cdot D - 224.5 \cdot Y_F)$$

$$A_1 = 3.5 \cdot (0.38 \cdot 540 - 224.5 \cdot 0.2618)$$

$$\mathbf{A_1 = 512.4906 N}$$

$$A_2 = M_C \cdot (0.3 \cdot \varphi_V - 0.01 \cdot T)$$

$$A_2 = 37 \cdot (0.3 \cdot 1.57 - 0.01 \cdot 26)$$

$$\mathbf{A_2 = 7.8070 N}$$

#### Velocidad de corte

$$V_C = \left( \pi \cdot \frac{w}{30} \right) \cdot Rejsup$$

$$V_C = \left( 3.1415 \cdot \frac{1000}{30} \right) \cdot 0.2248$$

$$\mathbf{V_C = 23.5410 m/s}$$

#### Sustituyendo datos:

$$F_C = -7.37 + A_1 + 15.61 \cdot \varphi_V - 2.6 \cdot \varphi_V^3 + 1.31 \cdot \rho + 0.2 \cdot V_C + A_2$$

$$F_C = -7.37 + 512.4906 + 15.61 \cdot 1.57 - 2.6 \cdot 1.57^3 + 1.31 \cdot 100 + 0.2 \cdot 23.5410 + 7.8070$$

$$\mathbf{F_C = 663.0818 N}$$

#### FUERZAS APLICADAS EN LOS TRAMOS DEL EJE SUPERIOR: (m)

Tramo AB, BC, CD, DE, EF, FG, GH

#### PARA LA LONGITUD DEL EJE

$$AC = AB + BC \rightarrow AC = 0.1135 + 0.353 \rightarrow \mathbf{AC = 0.4665 m}$$

$$AD = AC + CD \rightarrow AD = 0.4665 + 0.353 \rightarrow \mathbf{AD = 0.8195 m}$$

$$AE = AD + DE \rightarrow AE = 0.8195 + 0.3536 \rightarrow AE = 1.1731 \text{ m}$$

$$AF = AE + EF \rightarrow AF = 1.1731 + 0.3530 \rightarrow AF = 1.5261 \text{ m}$$

$$AG = AF + FG \rightarrow AG = 1.5261 + 0.3530 \rightarrow AG = 1.8791 \text{ m}$$

$$L = AG + GH \rightarrow L = 1.8791 + 0.1135 \rightarrow L = 1.9926 \text{ m}$$

### Calculo de fuerza cortante y momento flector

$$RH_y = F_c \cdot \frac{(AB) + (AC) + (AD) + (AE) + (AF) + (AG)}{L}$$

$$RH_y = 663.0818 * \frac{(0.1135) + (0.4665) + (0.8195) + (1.1731) + (1.5261) + (1.8791)}{1.9926}$$

$$RH_y = 1989.2455 \text{ N}$$

$$RA_y = 6 \cdot F_c - RH_y$$

$$RA_y = 6 \cdot 663.0818 - 1989.2$$

$$RA_y = 1989.2455 \text{ N}$$

### Para determinar el momento de flexión máximo

$$\sum M_A = -F_c(AB) - F_c(AC) - F_c(AD) - F_c(AE) - F_c(AF) + R_{Gy}(AG) = 0$$

$$\begin{aligned} M_{max} &= RA_y * L + (RA_y * L - F_c * (XL - AB)) \\ &+ (RA_y * L - F_c * (XL - AB) - F_c * (XL - AC)) + \dots \\ &+ (RA_y * L - F_c * (XL - AB) - F_c * (XL - AC) - F_c \\ &* (XL - AD) - F_c * (XL - AE) - F_c * (XL - AF) - F_c \\ &* (XL - AG)) \end{aligned}$$

$$M_{max} = 997.98 \text{ N.m}$$

### CALCULO DE REACCIONES

#### Esfuerzo de ejes

#### MOMENTO DE TORSION

$$Tm = \frac{P}{w \cdot \frac{\pi}{30}}$$

$$Tm = \frac{P}{1000 \cdot \frac{\pi}{30}}$$

$$Tm = 427.2546 \text{ N.m}$$

#### FACTOR DE CONCENTRACION DEL ESFUERZO DE FLEXION

$$Kf = 1 + q \cdot (Kt - 1)$$

$$Kf = 1 + 0.37 \cdot (2.856 - 1)$$

$$Kf = 1.6867$$

#### FACTOR DE CONCENTRACION DEL ESFUERZO CORTANTE

$$Kf_s = 1 + qcort \cdot (Kt_s - 1)$$

$$Kf_s = 1 + 0.92 \cdot (2.602 - 1)$$

$$Kf_s = 2.4738$$

#### CALCULO DEL DIAMETRO DEL EJE

##### Factor de modificación de la condición superficial

$$ka = a \cdot (Sut)^b$$

$$ka = 4.51 \cdot (400)^{-0.265}$$

$$ka = 0.9218$$

##### Factor de modificación del tamaño

Se utilizó el diámetro del cilindro del prototipo de la máquina para fines de estudio  $d_0 = 156 \text{ mm}$

$$kb = 1.51 \cdot (d_0^{-0.157})$$

$$kb = 1.51 \cdot (156^{-0.157})$$

$$kb = 0.6834$$

##### Factor de confiabilidad

$$ke = 1 - 0.08 \cdot Za$$

$$ke = 1 - 0.08 \cdot 1.645$$

$$ke = 0.8684$$

### Limite a la resistencia a la fatiga en viga rotatoria

$$SeP = 0.5 \cdot (Sut)$$

$$SeP = 0.5 \cdot (400)$$

$$S'e = 200$$

### Limite a la resistencia a la fatiga en la zona critica del eje

$$Se = 109.4049$$

### Criterio de falla de la ASME Elíptica para el eje hueco

$$A = \left( 4 \cdot (Kf \cdot \frac{Ma}{10^6 \cdot Se})^2 + 3 \cdot (Kfs \cdot \frac{Ta}{10^6 \cdot Se})^2 + 4 \cdot (Kf \cdot \frac{Mm}{10^6 \cdot Sy})^2 + 3 \cdot (Kfs \cdot \frac{Tm}{10^6 \cdot Sy})^2 \right)^{1/2}$$

$$A = \left( 4 \cdot (1.6867 \cdot 927.9830 / (10^6 \cdot 109.4049))^2 + 3 \cdot (2.4738 \cdot 0 / (10^6 \cdot 109.4049))^2 + 4 \cdot (1.6867 \cdot 0 / (10^6 \cdot 250))^2 + 3 \cdot (2.4738 \cdot 427.2546 / (10^6 \cdot 250))^2 \right)^{1/2}$$

$$A = 0.000029536$$

### Función para el determinar el diámetro

$$\left( 16 \cdot n \cdot \frac{A}{\pi} \right) \cdot \left( \frac{D}{D^4 - (D - 2 \cdot e)^4} - 1 \right) = 0$$

$$D = 0.1443 \text{ m}$$

### Variable auxiliar

$$C = \frac{D}{(D^4 - (D - 2 \cdot e)^4)}$$

$$C = \frac{0.156}{(0.156^4 - (0.156 - 2 \cdot 0.02857)^4)}$$

$$C = 314.0580 \text{ m}^{-3}$$

### Esfuerzo de flexión alternante

$$\sigma_a = \left( 32 \cdot Kf \cdot \frac{Ma}{\pi} \right) \cdot \frac{C}{10^6}$$

$$\sigma_a = \left( 32 \cdot 1.6867 \cdot \frac{927.9830}{\pi} \right) \cdot \frac{314.0580}{10^6}$$

$$\sigma_a = 70.6594 \text{ MPa}$$

#### Esfuerzo de flexión medio

$$\sigma_m = \left( 32 \cdot Kf \cdot \frac{Mm}{\pi} \right) \cdot \frac{C}{10^6}$$

$$\sigma_m = \left( 32 \cdot 1.6867 \cdot \frac{0}{\pi} \right) \cdot \frac{314.0580}{10^6}$$

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

#### Esfuerzo de torsión alternante

$$\tau_a = \left( 16 \cdot Kfs \cdot \frac{Ta}{\pi} \right) \cdot \frac{C}{10^6}$$

$$\tau_a = \left( 16 \cdot 2.4738 \cdot \frac{0}{\pi} \right) \cdot \frac{314.0580}{10^6}$$

$$\tau_a = 0 \text{ MPa}$$

#### Esfuerzo de torsión medio

$$\tau_m = \left( 16 \cdot Kfs \cdot \frac{Tm}{\pi} \right) \cdot \frac{C}{10^6}$$

$$\tau_m = \left( 16 \cdot 2.4738 \cdot \frac{427.2546}{\pi} \right) \cdot \frac{314.0580}{10^6}$$

$$\tau_m = 23.8570 \text{ MPa}$$

## CALCULOS PARA EL EJE INFERIOR

Cálculo de fuerza de corte

### Velocidad de corte

$$V_C = \left( \pi \cdot \frac{W}{30} \right) \cdot Rejsup$$

$$V_C = (3.1415 \cdot 1500/30) \cdot 0.22256$$

$$V_C = \mathbf{34.9596 \text{ m/s}}$$

$$A_1 = A_P \cdot (0.38 \cdot D - 224.5 \cdot Y_F)$$

$$A_1 = 3.5 \cdot (0.38 \cdot 540 - 224.5 \cdot 0.2618)$$

$$A_1 = \mathbf{512.4906 \text{ N}}$$

$$A_2 = M_C \cdot (0.3 \cdot \varphi_V - 0.01 \cdot T)$$

$$A_2 = 37 \cdot (0.3 \cdot 1.57 - 0.01 \cdot 26)$$

$$A_2 = \mathbf{7.8070 \text{ N}}$$

Sustituyendo datos:

$$F_C = -7.37 + A_1 + 15.61 \cdot \varphi_V - 2.6 \cdot \varphi_V^3 + 1.31 \cdot \rho + 0.2 \cdot V_C + A_2$$

$$F_C = -7.37 + 512.4906 + 15.61 \cdot 1.57 - 2.6 \cdot 1.57^3 + 1.31 \cdot 100 + 0.2 \cdot 23.5410 \\ + 7.8070$$

$$F_C = \mathbf{667.0947 \text{ N}}$$

Fuerzas aplicadas en los tramos del eje superior: (m)

Tramo AB, BC, CD, DE, EF, FG, GH

Para la longitud del eje

$$AC = AB + BC \rightarrow AC = 0.1165 + 0.447 \rightarrow AC = \mathbf{0.5565 \text{ m}}$$

$$AD = AC + CD \rightarrow AD = \mathbf{0.5565} + 0.335 \rightarrow AD = \mathbf{0.8915 \text{ m}}$$

$$AE = AD + DE \rightarrow AE = \mathbf{0.8915} + 0.2096 \rightarrow AE = \mathbf{1.1011 \text{ m}}$$

$$AF = AE + EF \rightarrow AF = \mathbf{1.1011} + 0.335 \rightarrow AF = \mathbf{1.4361 \text{ m}}$$

$$AG = \mathbf{1.4361} + 0.440 \rightarrow AG = \mathbf{1.1011} + 0.335 \rightarrow AG = \mathbf{1.8761 \text{ m}}$$



$$L = AG + GH \rightarrow L = 1.8761 + 0.1165 \rightarrow L = \mathbf{1.9926 \text{ m}}$$

### Calculo de fuerza cortante y momento flector

$$R_{HY} = F_c \cdot \frac{(AB) + (AC) + (AD) + (AE) + (AF) + (AG)}{L}$$

$$R_{HY} = 667.0947 \cdot \frac{(0.1165) + (\mathbf{0.5565}) + (\mathbf{0.8915}) + (\mathbf{1.1011}) + (\mathbf{1.4361}) + (\mathbf{1.8761})}{1.9926}$$

$$R_{Hy} = 1996.0967 \text{ N}$$

$$R_{HY} = 6 * F_c - R_{Gy}$$

$$R_{Ay} = 6 * 667.0947 - 1.6677$$

$$R_{Ay} = 1996.0967 \text{ N}$$

### Para determinar el momento de flexión máximo

$$\sum M_A = -F_c(AB) - F_c(AC) - F_c(AD) - F_c(AE) - F_c(AF) + R_{Gy}(AG) = 0$$

$$\begin{aligned} M_{max} &= R_{Ay} * L + (R_{Ay} * L - F_c * (L - AB)) \\ &+ (R_{Ay} * XL - F_c * (XL - AB) - F_c * (XL - AC)) + \dots \\ &+ (R_{Ay} * XL - F_c * (XL - AB) - F_c * (XL - AC) - F_c \\ &* (XL - AD) - F_c * (XL - AE) - F_c * (XL - AF) - F_c \\ &* (XL - AG)) \end{aligned}$$

$$M_{max} = \mathbf{1041 \text{ N.m}}$$

### Calculo de reacciones

Esfuerzo de ejes

### Factor de concentración del esfuerzo de flexión

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

$$K_f = 1 + 0.37 \cdot (2.856 - 1)$$

$$K_f = \mathbf{1.6867}$$

### Factor de concentración del esfuerzo cortante

$$K_{f_s} = 1 + q_{cort} \cdot (K_{t_s} - 1)$$

$$K_{f_s} = 1 + 0.92 \cdot (2.602 - 1)$$

$$Kf_s = 2.4738$$

### CALCULO DEL DIAMETRO DEL EJE

Factor de modificación de la condición superficial

$$ka = a \cdot (Sut)^b$$

$$ka = 4.51 \cdot (400)^{-0.265}$$

$$ka = 0.9218$$

### Factor de modificación del tamaño

Se utilizó el diámetro del cilindro del prototipo de la máquina para fines de estudio  $d_0 = 156 \text{ mm}$

$$kb = 1.51 \cdot (d_0^{-0.157})$$

$$kb = 1.51 \cdot (170^{-0.157})$$

$$kb = 0.6742$$

### Factor de confiabilidad

$$ke = 1 - 0.08 \cdot Za$$

$$ke = 1 - 0.08 \cdot 1.645$$

$$ke = 0.8684$$

### Límite a la resistencia a la fatiga

$$SeP = 0.5 \cdot (Sut)$$

$$SeP = 0.5 \cdot (400)$$

$$SeP = 200$$

### Límite de resistencia a la fatiga en una zona crítica del eje

$$Se = ka \cdot kb \cdot kc \cdot kd \cdot ke \cdot kf \cdot SeP$$

$$Se = 0.9218 \cdot 0.6742 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.8684 \cdot 1 \cdot 200$$

$$Se = 107.9386 \text{ MPa}$$

### Criterio de falla de la ASME Elíptica para el eje hueco

$$A = (4 \cdot (Kf) \cdot \frac{Ma}{10^6 \cdot Se})^2 + 3 \cdot (Kf_s) \cdot \frac{Ta}{10^6 \cdot Se} + 4 \cdot (Kf) \cdot \frac{Mm}{10^6 \cdot Sy})^2 +$$

$$3 \cdot (Kf_s \cdot \frac{Tm}{10^6 \cdot Sy^2})^{1/2}$$

$$A = (4 \cdot (1.6867 \cdot \frac{779.1666}{10^6 \cdot 107.9386})^2 + 3 \cdot (2.4738 \cdot \frac{0}{10^6 \cdot 107.9386})^2 + 4 \cdot (1.6867 \cdot \frac{0}{10^6 \cdot 250})^2 + 3 \cdot (2.4738 \cdot \frac{228.3612}{10^6 \cdot 250})^2)^{1/2}$$

$$A = 0.00003289$$

**Función para el determinar el diámetro**

$$\left(16 \cdot n \cdot \frac{A}{\pi}\right) \cdot \left(\frac{D}{D^4 - (D - 2 \cdot e)^4} - 1 = 0\right)$$

$$D = 0.1441 \text{ m}$$

**Variable auxiliar**

$$C = D / (D^4 - (D - 2 \cdot e)^4)$$

$$C = 0.1441 / (0.1441^4 - (0.1441 - 2 \cdot 0.02857)^4)$$

$$C = 3979 \text{ m}^{-3}$$

**Esfuerzo de flexión alternante**

$$\sigma_a = \left(32 \cdot Kf \cdot \frac{Ma}{\pi}\right) \cdot \frac{C}{10^6}$$

$$\sigma_a = \left(32 \cdot 1.6867 \cdot \frac{779.1666}{\pi}\right) \cdot \frac{3979}{10^6}$$

$$\sigma_a = 71.1624 \text{ MPa}$$

**Esfuerzo de flexión medio**

$$\sigma_m = \left(32 \cdot Kf \cdot \frac{Mm}{\pi}\right) \cdot \frac{C}{10^6}$$

$$\sigma_m = \left(32 \cdot 1.6867 \cdot \frac{0}{\pi}\right) \cdot \frac{5.3073}{10^6}$$

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

**Esfuerzo de torsión alternante**

$$\tau_a = \left(16 \cdot Kfs \cdot \frac{Ta}{\pi}\right) \cdot \frac{C}{10^6}$$

$$\tau_a = \left(16 \cdot 2.4738 \cdot \frac{0}{\pi}\right) \cdot \frac{5.3073}{10^6}$$

$$\tau_a = \mathbf{0 \text{ MPa}}$$

**Esfuerzo de torsión medio**

$$\tau_m = \left(16 \cdot Kfs \cdot \frac{Tm}{\pi}\right) \cdot \frac{C}{10^6}$$

$$\tau_m = \left(16 \cdot 2.4738 \cdot \frac{228.3612}{\pi}\right) \cdot \frac{5.3073}{10^6}$$

$$\tau_m = \mathbf{14.9724 \text{ MPa}}$$

## CALCULOS PARA EL TORNILLO SIN FIN

Para la capacidad del tornillo sin fin (m<sup>3</sup>/h)

$$c = \left( w \cdot \frac{60 \cdot ((D_s P^2) - (D_p P^2)) \cdot P \cdot k}{1728} \right)$$
$$c = \left( 600 \cdot 60 \cdot \frac{((9^2) - (5^2)) \cdot 4.5 \cdot 0.65}{1728} \right)$$
$$c = 3.4125 \text{ ft}^3/\text{h}$$

Potencia requerida para vencer la fricción (HP)

$$HP_f = \frac{L \cdot w \cdot F_d \cdot F_b}{10^6}$$
$$HP_f = \frac{8.0354 \cdot 600 \cdot 31 \cdot 1}{10^6}$$
$$HP_f = 0.1495 \text{ HP.}$$

Potencia para transportar el material

$$HP_m = \frac{c \cdot L \cdot D \cdot F_f \cdot F_m \cdot F_p}{10^6}$$
$$HP_m = \frac{3.4125 \times 10^3 \cdot 8.0354 \cdot 540 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 1}{10^6}$$
$$HP_m = 0.4936 \text{ HP}$$

Factor de sobrecarga

$$F_0 = \log(HP_f + HP_m) \cdot (-0.6115) + 2.024$$
$$F_0 = \log(0.0032 + 156.8747) \cdot (-0.6115) + 2.024$$
$$F_0 = 0.3405$$

Potencia total consumida por el transportador

$$HP = (HP_f + HP_m) \cdot \left( \frac{F_0}{e} \right)$$
$$HP = (0.1495 + 0.4936) \cdot \left( -\frac{2.2940}{0.94} \right)$$
$$HP = 1.5693 \text{ HP.}$$

## Cálculo de cargas sobre el eje

### Área del cilindro (m<sup>2</sup>)

$$A_c = L \cdot a$$

$$A_c = 2 \cdot 0.2$$

$$A_c = 0.4 \text{ m}^2$$

### Presión ejercida por el peso de la madera (Pa)

$$P_r = D \cdot g \cdot h$$

$$P_r = 540 \cdot 9.81 \cdot 0.125$$

$$P_r = 662.1750 \text{ Pa}$$

### Fuerza promedio ejercida por el peso de la madera sobre el eje (N)

$$F_{prom} = P_r \cdot A_c$$

$$F_{prom} = 662.1750 \cdot 0.4$$

$$F_{prom} = 264.8700 \text{ N.}$$

### Fuerza distribuida sobre el eje (N.m)

$$F_{dist} = \frac{F_{prom}}{L_e}$$

$$F_{dist} = \frac{264.8700}{2.4492}$$

$$F_{dist} = 108.1455 \text{ N/m.}$$

### Radio del eje (m)

$$r_{eje} = D_p \cdot 0.0254/2$$

$$r_{eje} = 5 \cdot 0.0254/2$$

$$r_{eje} = 0.0635 \text{ m}$$

### Volumen del eje (m<sup>3</sup>)

$$V_{eje} = \pi \cdot r_{eje}^2 \cdot L_e$$

$$V_{eje} = \pi \cdot 0.0635^2 \cdot 2.4492$$

$$V_{eje} = 0.0310 \text{ m}^3.$$

### Peso del eje (N)

$$\begin{aligned}W_{eje} &= D_{ac} \cdot V_{eje} \cdot g \\W_{eje} &= 7850 \cdot 0.0310 \cdot 9.81 \\W_{eje} &= 2.3892 \times 10^3 \text{ N} \approx 243.69 \text{ KgF.}\end{aligned}$$

### Fuerza distribuida del peso del eje (N.m)

$$\begin{aligned}W_{dist} &= \frac{W_{eje}}{L_e} \\W_{dist} &= \frac{2.3892 \times 10^3}{2.4492} \\W_{dist} &= 975.5196 \frac{\text{N}}{\text{m}}.\end{aligned}$$

### Fuerza distribuida total a lo largo del eje (N.m)

$$\begin{aligned}F_{distot} &= F_{dist} + W_{dist} \\F_{distot} &= 519.0985 + 975.5196 \text{ N/m} \\F_{distot} &= 1917.1 \text{ N/m.}\end{aligned}$$

### Área transversal útil para el transporte del material (m<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned}A_{tr} &= (\pi/4) \cdot ((D_s \cdot 0.0254)^2 - (D_p \cdot 0.0254)^2) \\A_{tr} &= (\pi/4) \cdot ((9 \cdot 0.0254)^2 - (5 \cdot 0.0254)^2) \\A_{tr} &= 0.0284 \text{ m}^2.\end{aligned}$$

### Velocidad del transporte del material (m/s)

$$\begin{aligned}v_s &= \frac{c}{A_{tr}} \\v_s &= \frac{3.4125 \times 10^3}{0.0284} \\v_s &= 33.4060 \text{ m/s}\end{aligned}$$

### Fuerza axial (N)

$$F_{axial} = \frac{(HP_m) \cdot F_0}{vs}$$
$$F_{axial} = \frac{(0.4936) \cdot 2.2940}{33.4060}$$

$$F_{axial} = 25.2758 N.$$

### Torque distribuido en el eje transportador.

$$T_{torn} = \frac{(HP_f \cdot F_0)}{\pi \cdot \frac{w}{30}}$$
$$T_{torn} = \frac{(0.1495 \cdot 2.2940)}{\pi \cdot \frac{600}{30}}$$

$$T_{torn} = 4.0693 N.m$$

### Cálculos de momento de flexión

#### Reacciones en los puntos A y B

Considerando que:  $R_1 = R_2$  y  $W = F_{distot}$

$$R_1 = W \cdot \frac{L_e}{2}$$
$$R_1 = 1917.1 \cdot \frac{2.44}{2}$$
$$R_1 = 2347.7 N$$

#### Momento distribuido en la mitad del eje del tornillo

$$M_1 = \frac{W \cdot L_e^2}{12}$$
$$M_1 = \frac{1917.71 \cdot 2.44^2}{12}$$
$$M_1 = 958.3344 (N.m)$$

#### Momento torsión (N.m)

$$T = \frac{HP \cdot 745.7}{\left(2 \cdot \frac{\pi}{60}\right) \cdot w}$$



$$T = \frac{1.5693 \cdot 745.7}{\left(2 \cdot \frac{\pi}{60}\right) \cdot 600}$$

$$T = 21.5096 \text{ N.m}$$

### Calculo con apoyos fijos, con una carga uniforme

Para fines de gráficos, los valores de L estarán divididos entre 1000 valores siendo:  $x = 0 : 0.001 : L_e$

$$Meje = \left(\frac{W}{12}\right) * (6 * L_e * x - 6 * x.^2 - L_e.^2)$$

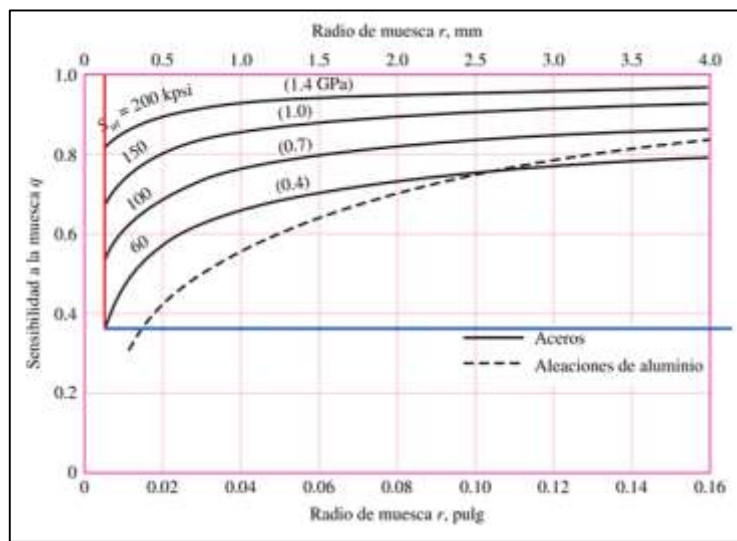
$$Meje = \left(\frac{600}{12}\right) * (6 * 2.4492 * x - 6 * x.^2 - 2.4492^2)$$

$$Meje = 479.1653 \text{ N.m}$$

**Anexo 6. Parámetros de tractores MF serie 7000 Dyna-6**

<b>SERIE MF 7000 Dyna-6</b>				
	<b>MF 7350</b>	<b>MF 7370</b>	<b>MF 7390</b>	<b>MF 7415</b>
<b>DESEMPEÑO</b>				
Potencia del motor en la rotación nominal - cv (kW)	159 (117)	180 (133)	200 (148)	225 (166)
Torque máximo @ 1400 rpm - Nm (mkgf)	636 (64,8)	720 (73,4)	811 (82,6)	963 (98,1)
Rotación nominal del motor - rpm	2200			

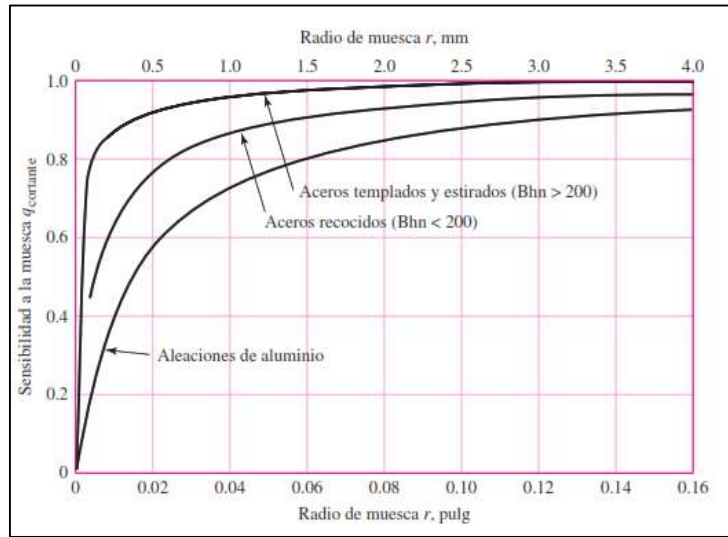
**Anexo 7. Sensibilidad a la muesca en aceros y aluminios forjados.**



**Anexo 8. Factores teóricos de concentración de esfuerzo**

$a/D$	$d/D$					
	0.9		0.6		0	
	A	$K_t$	A	$K_t$	A	$K_t$
0.050	0.92	2.63	0.91	2.55	0.88	2.42
0.075	0.89	2.55	0.88	2.43	0.86	2.35
0.10	0.86	2.49	0.85	2.36	0.83	2.27
0.125	0.82	2.41	0.82	2.32	0.80	2.20
0.15	0.79	2.39	0.79	2.29	0.76	2.15
0.175	0.76	2.38	0.75	2.26	0.72	2.10
0.20	0.73	2.39	0.72	2.23	0.68	2.07
0.225	0.69	2.40	0.68	2.21	0.65	2.04
0.25	0.67	2.42	0.64	2.18	0.61	2.00
0.275	0.66	2.48	0.61	2.16	0.58	1.97
0.30	0.64	2.52	0.58	2.14	0.54	1.94

**Anexo 9.** Sensibilidad a la muesca en materiales sometidos a torsión inversa.



**Anexo 10.** Factores de concentración de esfuerzos

a/D	d/D									
	0.9		0.8		0.6		0.4		0	
	A	K <sub>ts</sub>	A	K <sub>ts</sub>	A	K <sub>ts</sub>	A	K <sub>ts</sub>	A	K <sub>ts</sub>
0.05	0.96	1.78							0.95	1.77
0.075	0.95	1.82							0.93	1.71
0.10	0.94	1.76	0.93	1.74	0.92	1.72	0.92	1.70	0.92	1.68
0.125	0.91	1.76	0.91	1.74	0.90	1.70	0.90	1.67	0.89	1.64
0.15	0.90	1.77	0.89	1.75	0.87	1.69	0.87	1.65	0.87	1.62
0.175	0.89	1.81	0.88	1.76	0.87	1.69	0.86	1.64	0.85	1.60
0.20	0.88	1.96	0.86	1.79	0.85	1.70	0.84	1.63	0.83	1.58
0.25	0.87	2.00	0.82	1.86	0.81	1.72	0.80	1.63	0.79	1.54
0.30	0.80	2.18	0.78	1.97	0.77	1.76	0.75	1.63	0.74	1.51
0.35	0.77	2.41	0.75	2.09	0.72	1.81	0.69	1.63	0.68	1.47
0.40	0.72	2.67	0.71	2.25	0.68	1.89	0.64	1.63	0.63	1.44

**Anexo 11.** Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S <sub>UV</sub> kpsi	S <sub>UV</sub> MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

**Anexo 12.** Factores de modificación de tamaño para torsión y flexión

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

**Anexo 13.** Valores medios del factor de carga

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

**Anexo 14.** Factores de confiabilidad

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_\alpha$	Factor de confiabilidad $k_\alpha$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

**Anexo 15.** Parámetros de límite de resistencia a la fatiga

$$S'_e = \begin{cases} 0.5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1 400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1 400 \text{ MPa} \end{cases}$$

**Anexo 16.** Propiedades del acero estructural ASTM-A36

Propiedades del Acero Estructural ASTM – A36				
Propiedades Mecánicas		Símbolo	Valor	Unidades
Densidad			7860	Kg/m3
Resistencia última	Tensión		400	MPa
	Tensión		250	MPa
Fluencia	Cortante		145	MPa
Módulo de Elasticidad			200	GPa
Módulo de Rigidez			77.2	GPa
Coeficiente de Expansión Térmica			11.7	
Ductilidad (% 50mm)			21	%

**Anexo 17.** Tabla para obtener el Factor HP del diámetro del transportador

**TABLE L: Diameter HP Factor**

SCREW DIA.	F <sub>d</sub>
6	18
9	31
10	37
12	55
14	78
16	106
18	135
20	165

**Anexo 18.** Tabla para obtener el factor de rodamiento de suspensión

**TABLE M: Hanger Bearing HP Factor**

COMPONENT GROUP	BEARING TYPE	FACTOR F <sub>b</sub>
A	Ball	1.0
B & C	Babbitt	1.7
	Bronze	1.7
	Bronze (oil impregnated)	1.7
	Bronze w/Graphite Plugs	1.7
	Canvas Based Phenolic	1.7
	Ertalyte	2.5
	Gatke	1.7
	Melamine	3.5
	Nylon/Nylatron GS	2.0
	Plastic Resin	2.0
	Ryertex	1.7
	Teflon	2.0
UHMW	2.0	
Wood (oil impregnated)	1.7	
D Req's hardened cplg shaft	Chilled Hard Iron	4.4
	Hardened Alloy Sleeve	4.4
	Stellite	4.4

**Anexo 19.** Tabla para obtener el factor de vuelo

**TABLE J: Flight Modification HP Factor,  $F_f$**

TYPE OF FLIGHTING	CONVEYOR LOADING			
	15%	30%	45%	95%
Standard	1.00	1.00	1.00	1.00
Cut	1.10	1.15	1.20	1.30
Cut & Folded	NR	1.50	1.70	2.20
Ribbon	1.05	1.14	1.20	NR



## Anexo 20. Tabla para obtener el factor del material triturado

**TABLE B: Material Characteristics (continued)**

MATERIAL	MAT'L CLASS CODE	CONV LOADING	COMPONENT GROUP	WEIGHT (LBS/CF)		MAT'L FACTOR F <sub>m</sub>	VERT.*
				MIN	MAX		
Soybean, Cracked	35C36NW	30B	2D	30	40	0.5	x
Soybean, Flake, Extracted, Wet	34C35	30A	1A,1B,1C	34	34	0.8	
Soybean, Flake, Raw	22C35Y	30A	1A,1B,1C	18	25	0.8	
Soybean, Flour	29A35MN	30A	1A,1B,1C	27	30	0.8	x
Soybeans, Whole	48C26NW	30B	3D	45	50	1.0	
Starch	38A15M	45	1A,1B,1C	25	50	1.0	
Steel Turnings, Crushed	125D46WV	30B	3D	100	150	3.0	
Sugar Beet, Pulp, Dry	14C26	30B	2D	12	15	0.9	
Sugar Beet, Pulp, Wet	35C35X	30A	1A,1B,1C	25	45	1.2	
Sugar, Powdered	55A35PX	30A	1B	50	60	0.8	x
Sugar, Raw	60B35PX	30A	1B	55	65	1.5	
Sugar, Refined, Granulated Dry	53B35PU	30A	1B	50	55	1.2	x
Sugar, Refined, Granulated Wet	60C35P	30A	1B	55	65	2.0	
Sulphur, Crushed, ½"	55C35N	30A	1A,1B	50	60	0.8	
Sulphur, Lumpy, 3"	83D35N	30A	2A,2B	80	85	0.8	
Sulphur, Powdered	55A35MN	30A	1A,1B	50	60	0.6	
Sunflower Seed	29C15	45	1A,1B,1C	19	38	0.5	x
Sunflower Seed Flakes	28C35	30A	1A,1B,1C	27	28	0.8	?
Sweet Bran Feed (proprietary to Cargill)	29B45P	30A	1A,1B,1C	21	37	0.6	x
Talcum Powder	55A36M	30B	2D	50	60	0.8	x
Talcum, ½"	85C36	30B	2D	80	90	0.9	
Tanbark, Ground**	55B45	30A	1A,1B,1C	55	55	0.7	
Timothy Seed	36B35NY	30A	1A,1B,1C	36	36	0.6	x
Titanium Dioxide based pigments (powder)	42C36FLO	15	3D	34	50	2.0	
Tobacco, Scraps	20D45Y	30A	2A,2B	15	25	0.8	
Tobacco, Snuff	30B45MQ	30A	1A,1B,1C	30	30	0.9	x
Tricalcium Phosphate	45A45	30A	1A,1B	40	50	1.6	
Triple Sugar Phosphate	53B36RS	30B	3D	50	55	2.0	
Trisodium Phosphate	60C36	30B	2D	60	60	1.7	
Trisodium Phosphate Granular	60B36	30B	2D	60	60	1.7	
Trisodium Phosphate, Pulverized	50A36	30B	2D	50	50	1.6	
Tung Nut Meats, Crushed	28D25W	30A	2A,2B	28	28	0.8	x
Tung Nuts	28D15	30A	2A,2B	25	30	0.7	x
Urea Prills, Coated	45B25	45	1A,1B,1C	43	46	1.2	
Vermiculite, Expanded	16C35Y	30A	1A,1B	16	16	0.5	
Vermiculite, Ore	80D36	30B	2D	80	80	1.0	
Vetch	48B16N	30B	1A,1B,1C	48	48	0.4	x
Walnut Shells, Crushed	40B36	30B	2D	35	45	1.0	x
Wheat	47C25N	45	1A,1B,1C	45	48	0.4	x
Wheat Flour	37A45LP	45	1B	33	40	0.6	x
Wheat, Cracked	43B25N	45	1A,1B,1C	40	45	0.4	x
Wheat, Germ	23B25	45	1A,1B,1C	18	28	0.4	x
White Lead, Dry	88A36MR	30B	2D	75	100	1.0	x
Wood Chips, Screened	20D45VY	30A	2A,2B	10	30	0.6	
Wood Flour	26B35N	30A	1A,1B	16	36	0.4	x
Wood Shavings	12E45VY	30A	2A,2B	8	16	1.5	
Zinc Oxide, Heavy	33A45X	30A	1A,1B	30	35	1.0	
Zinc Oxide, Light	13A45XY	30A	1A,1B	10	15	1.0	x
Zinc, Concentrate Residue	78B37	15	3D	75	80	1.0	

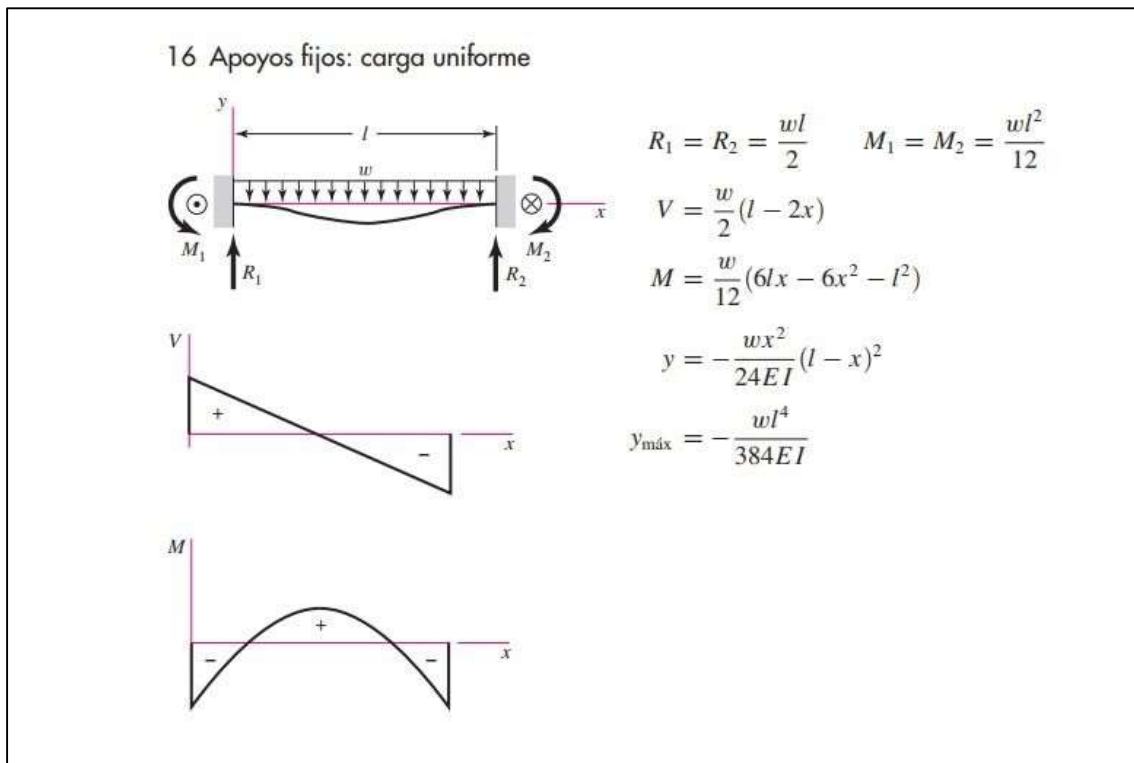
**Anexo 21.** Tabla para obtener el factor de las paletas del tornillo

**TABLE K: Paddle HP Factor,  $F_p$**

**STD PADDLES PER PITCH SET AT 45° REVERSE PITCH**

NONE	1	2	3	4
1.00	1.29	1.58	1.87	2.16

**Anexo 22.** Formula de momento – apoyos fijos carga uniforme



**Anexo 17.** Selección de rodamientos SKF



Mostrar en:  Sistema métrico  Sistema imperial Ordenar por: Velocidad de referencia ▼

Designación	Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Velocidades nominales	
	d [mm]	D [mm]	B [mm]	C [kN]	C <sub>0</sub> [kN]	Velocidad de referencia [r/min]	Velocidad límite n <sub>1</sub> [r/min]
● 6014-2RS1	70	110	20	39,7	31		3 600
● 6015-2RS1	75	115	20	41,6	33,6		3 400
○ 61814-2RS1	70	90	10	12,4	11,2		4 300
○ 61815-2RS1	75	95	10	12,5	10,8		4 000
● 6214-2RS1	70	125	24	63,7	45		3 400
● 6215-2RS1	75	130	25	68,9	49		3 200
○ 6214-2RS1	70	125	31	60,5	45		3 400
○ 6214-2RS1	70	150	51	104	68		3 000
● 6314-2RS1	70	150	35	111	68		3 000
● 6315-2RS1	75	160	37	119	76,5		2 800

## Anexo 18. Selección de cardan



Click to expand

Transmisión 2003/1200 categoría 2, cruceta  
23.8X61.2mm, 1200mm largo. - I.V.A. INCLUIDO.

✓ Escribe tu reseña

**87,85 €** Impuestos incluidos

CAT.	CÓDIGO	mm.	TUBO
	LARGO		
2	2003 1200		

Cantidad:  Añadir al carrito

✓ En stock

Compartir [f](#) [t](#) [p](#)


Calcular envío a su domicilio

Transportista: MRW / SEUR

País: España Código Postal:  Calcular

## Anexo N°19. Selección de la caja de transmisión de velocidad

**CAJA DERIVACIÓN "T"  
T-278A**



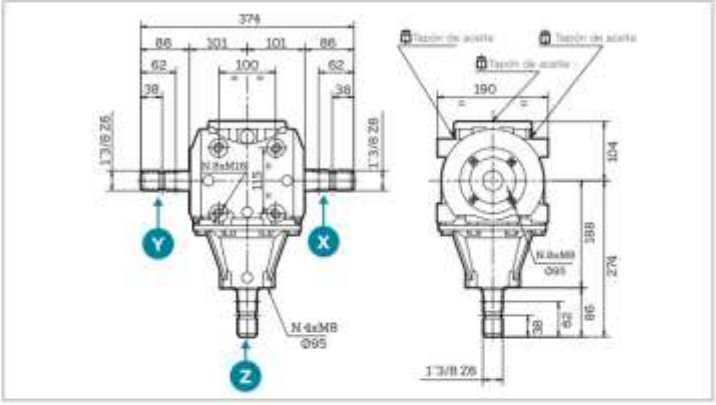
**comer industries**

PESO

**23,5**

ACEITE

**1,7L**  
SAE 90EP

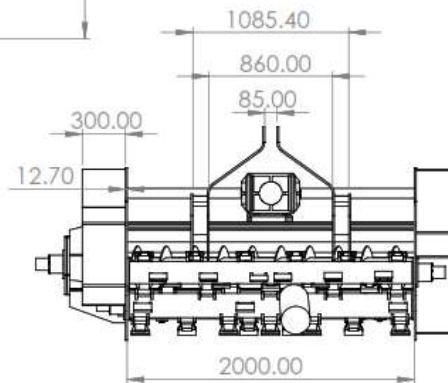
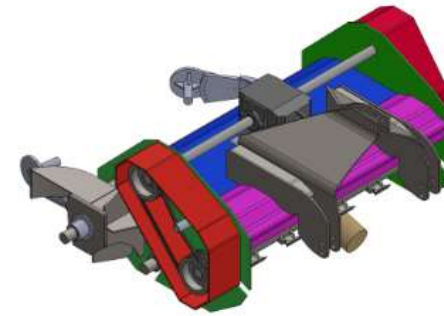
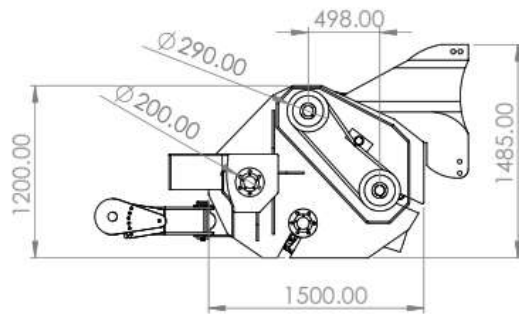


CÓDIGO	Tipo	Relación	Velocidad de entrada	Potencia de entrada	Torsión de salida	Ejes			Entrada	Montaje
						X	Y	Z		
<b>034000015</b>	Multiplicadora	11,92	540 r.p.m.	54 HP	362 Nm				X	
<b>034000015</b>	Reductora	1,921	540 r.p.m.	45 HP	1090 Nm				Z	

## Anexo N°20

### Maquina triturado móvil de troncos

#### MAQUINA TRITURADORA



**Dibujado:** Zarate y Ramirez  
**Fecha:** 09/07/2023  
**Unidad:** mm  
**Escala:** 1.5  
**Material:** Acero A36

**Título:**  
 Diseño de una máquina trituradora  
 móvil de troncos de árbol de palta de  
 hasta 8"

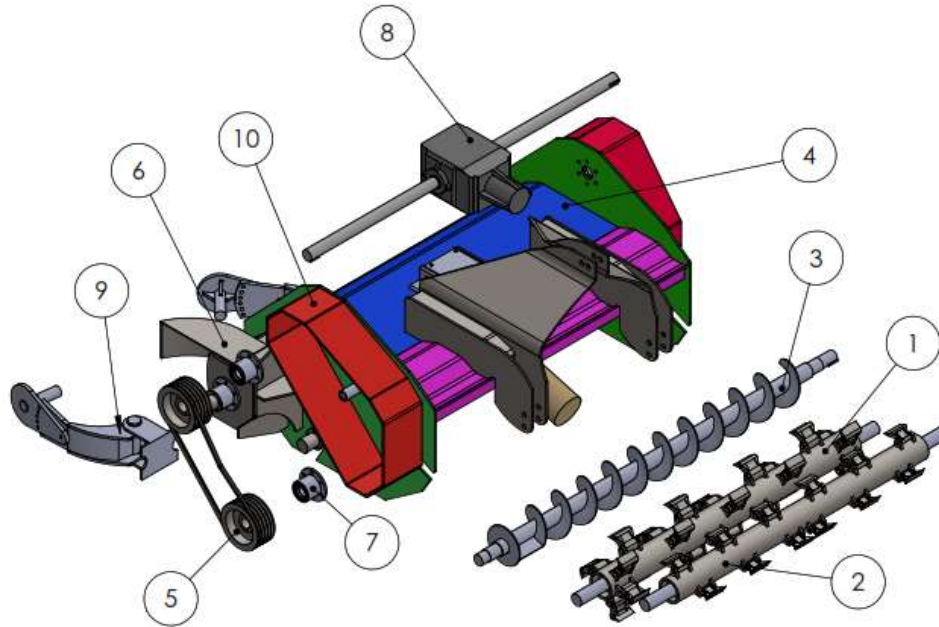
**Nombre de dibujo:**  
 MAQUINA TRITURADORA  
 DE TRONCOS

**N° DE DIBUJO**  
 A4-MTT-00

A4

## VISTA EXPLOSIONADA DE MÁQUINA TRITURADORA

### VISTA EXPLOSIONADA



Nº DE ELEMENTO	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	Eje inferior	1
2	Eje superior	1
3	Tornillo sin fin	1
4	Estructura	1
5	Polea	5
6	Salida de residuos	1
7	Tapa de ejes	4
8	multiplicador de velocidad	1
9	Brazo soporte de ruedas	2
10	Cobertura de transmision	2



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**Título:**

Diseño de una máquina trituradora móvil de troncos de árbol de palta de hasta 8"

**Dibujado:** Zarate y Ramirez

**Fecha:** 09/07/2023

**Unidad:** mm

**Escala:** 1.5

**Material:** Acero A36

**Nombre de dibujo:**

Vista explosionada- Máquina trituradora móvil de troncos

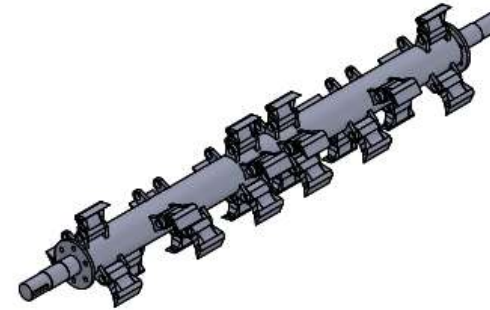
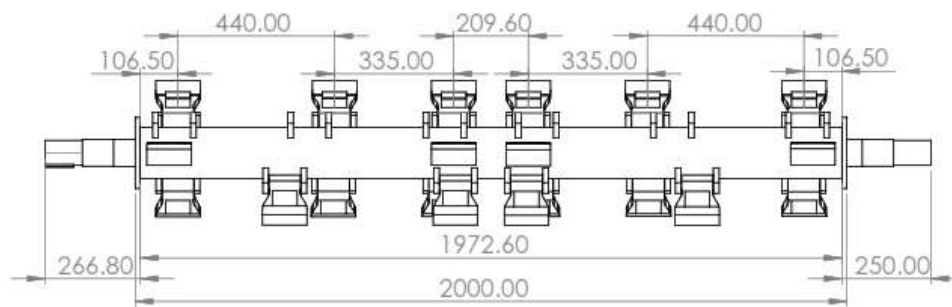
**Nº de dibujo:**


**A4-MTT-01**

A4

## EJE INFERIOR DE MAQUINA TRITURADORA

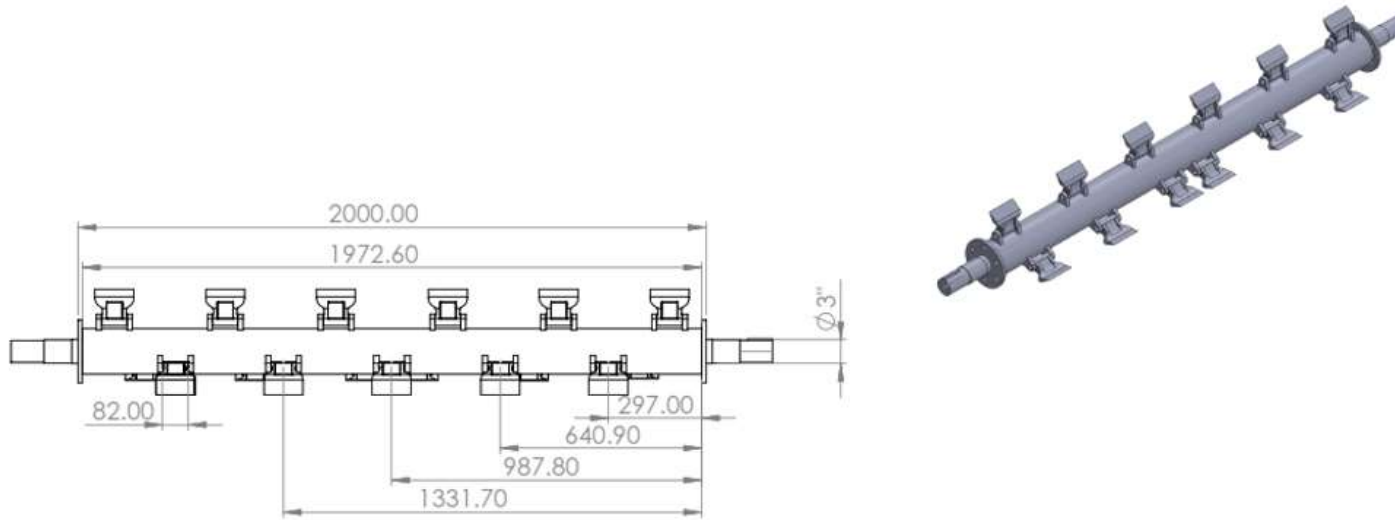
### EJE INFERIOR




 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>Título:</b> Diseño de una máquina trituradora móvil de troncos de árbol de palta de hasta 8"	
<b>Dibujado:</b>	Zarate y Ramirez	<b>Nombre de dibujo:</b> EJE INFERIOR	A4
<b>Fecha:</b>	09/07/2023		
<b>Unidad:</b>	mm	<b>N° DE DIBUJO</b> A4-MTT-02	
<b>Escala:</b>	1.5		
<b>Material:</b>	Acero A36		

## EJE SUPERIOR DE MAQUINA TRITURADORA

### EJE SUPERIOR




 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>Título:</b> Diseño de una máquina trituradora móvil de troncos de árbol de palta de hasta 8"	
<b>Dibujado:</b>	Zarate y Ramirez	<b>Nombre de dibujo:</b> EJE SUPERIOR	A4
<b>Fecha:</b>	09/07/2023		
<b>Unidad:</b>	mm	<b>N° de dibujo:</b> A4-MTT-03	
<b>Escala:</b>	1.5		
<b>Material:</b>	Acero A36		

## TORNILLO SIN FIN

### TORNILLO SIN FIN

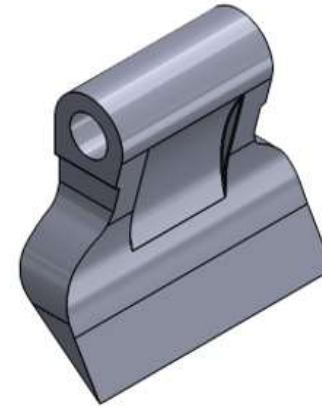
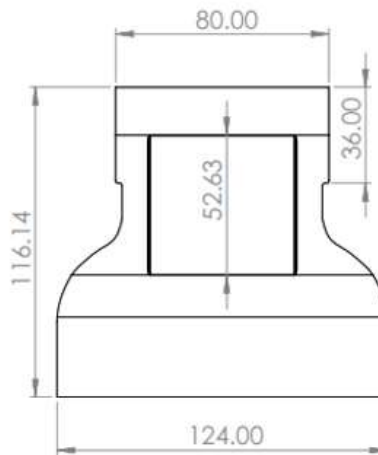
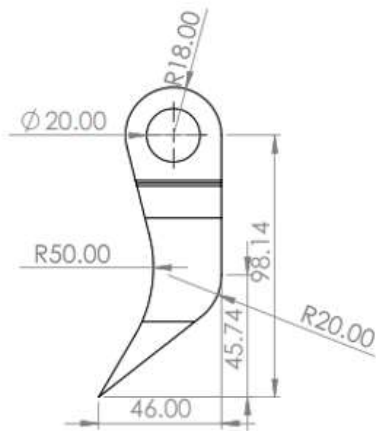



 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>Título:</b> Diseño de una máquina trituradora móvil de troncos de árbol de palta de hasta 8"	
<b>Dibujado:</b>	Zarate y Ramirez	<b>Nombre de dibujo:</b>	TORNILLO SIN FIN
<b>Fecha:</b>	09/07/2023		
<b>Unidad:</b>	mm	<b>N° de dibujo:</b>	A4
<b>Escala:</b>	1.5		
<b>Material:</b>	Acero A36		



## CUCHILLA DE CORTE DE EJE SUPERIOR MAR012

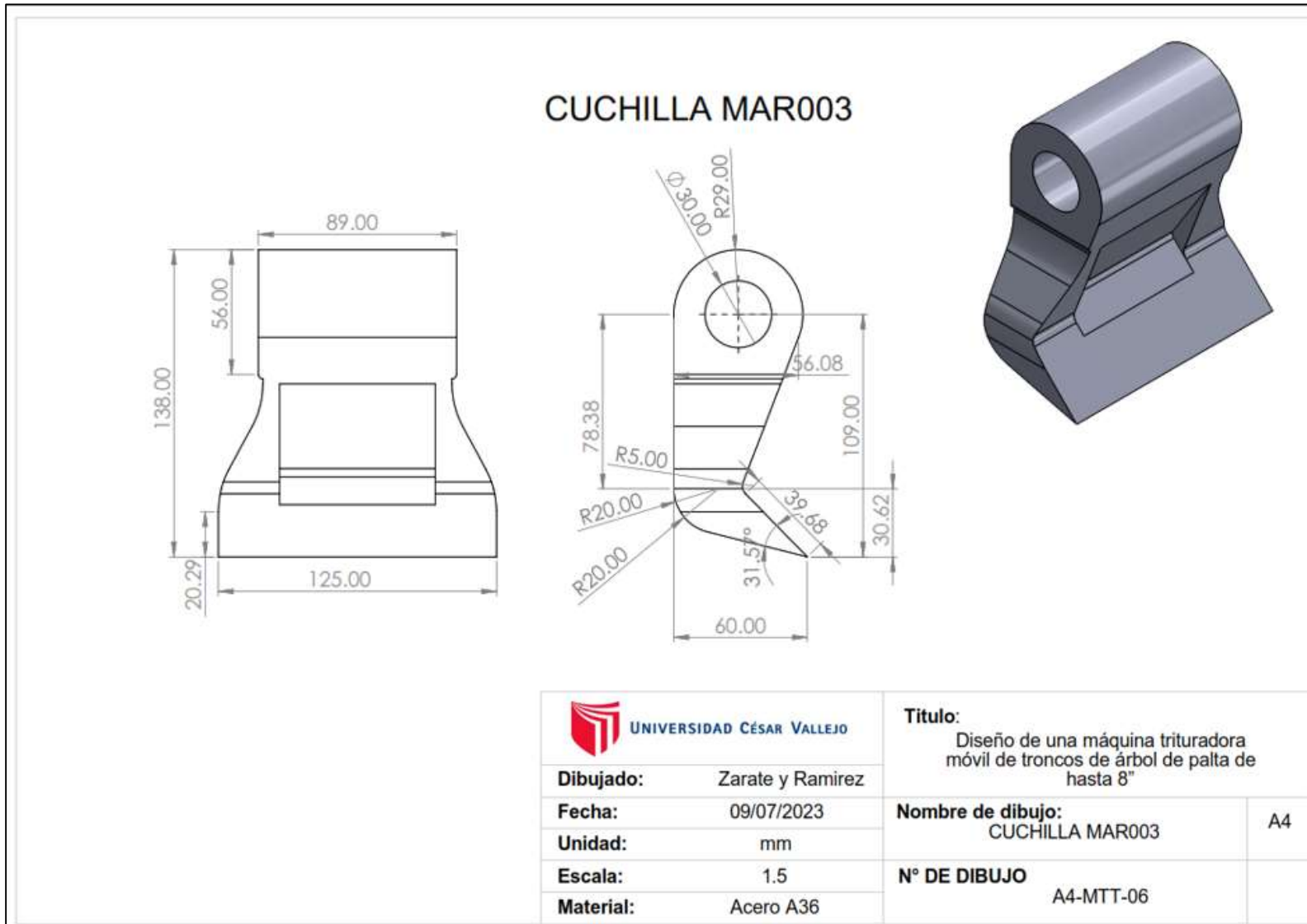
### CUCHILLA MAR0012



 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>Título:</b> Diseño de una máquina trituradora móvil de troncos de árbol de palta de hasta 8"	
<b>Dibujado:</b>	Zarate y Ramirez		
<b>Fecha:</b>	09/07/2023	<b>Nombre de dibujo:</b> CUCHILLA MAR012	A4
<b>Unidad:</b>	mm		
<b>Escala:</b>	1.5	<b>N° DE DIBUJO</b> A4-MTT-05	
<b>Material:</b>	Acero A36		



## CUCHILLA DE CORTE DE EJE INFERIOR MAR003





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, OLORTEGUI YUME JORGE ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de una máquina trituradora móvil de troncos de árbol de palta de hasta 8" en la empresa MAQTECNO S.A.C", cuyos autores son RAMIREZ ANAMARIA MIGUEL HUMBERTO, ZARATE YUYES FRANK ALEXANDER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 11.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 06 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
OLORTEGUI YUME JORGE ANTONIO <b>DNI:</b> 18072601 <b>ORCID:</b> 0000-0001-5734-040X	Firmado electrónicamente por: JOLORTEGUIY el 07- 08-2023 19:28:36

Código documento Trilce: TRI - 0575172