



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

TESIS

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RODAJADORA
MÓVIL DE JENGIBRE PARA LA ASOCIACIÓN DE
AGRICULTORES DE SATIPO - JUNÍN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor:

Bach. Quispe Chacon Kenny Jarib

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3961-024X>

Asesor:

MSc. Ing. Rojas Coronel Ángel Marcelo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2720-9707>

Línea de Investigación:

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

Pimentel – Perú

2024

**Propuesta de diseño de una rodajadora móvil de jengibre para la
asociación de agricultores de Satipo-Junin**

Aprobación del jurado

Dra. GASTIABURÚ MORALES SILVIA YVONE
Presidente del Jurado de Tesis

Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS
Secretario del Jurado de Tesis

MSc. ROJAS CORONEL ÁNGEL MARCELO
Vocal del Jurado de Tesis



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien (suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy **egresado (s)** del Programa de Estudios de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RODAJADORA MÓVIL DE JENGIBRE PARA LA ASOCIACIÓN DE AGRICULTORES DE SATIPO-JUNÍN

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Quispe Chacón, Kenny Jarib	DNI: 75180036	
----------------------------	---------------	--

Pimentel, 21 de noviembre de 2024.

Dedicatoria

Deseo dedicar este trabajo de investigación en primer lugar a Dios por la bendición de a ver culminado mis estudios universitarios, parte importante de mi vida, a mis padres por su apoyo emocional y a mi hermana que fue la persona que creyó en mi y me apoyo para ser un profesional, a mi asesor Rojas Coronel Marcelo gracias por su orientación y conocimiento fueron cruciales para la realización de este proyecto.

Agradecimiento

Quiero expresar mi agradecimiento a mis familiares, por su apoyo constante, de ser mi motivo para ser un gran profesional y ser su orgullo, gracias por los buenos consejos y creer en mí.

Agradecer a mi asesor por su gran conocimiento, apoyo y consejos durante todo el proceso de investigación y para encaminar este proyecto hacia la culminación.

ÍNDICE

Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE DIAGRAMAS	8
ÍNDICE DE TABLAS	9
Resumen	10
Abstract	11
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad Problemática	12
1.2. Formulación del problema	14
1.3. Hipótesis	14
1.4. Objetivos	15
1.5. Teorías relacionadas al tema	15
II. MATERIALES Y MÉTODO	24
2.1. Tipo y Diseño de Investigación	24
2.2. Variables y operacionalización	24
2.3. Población y muestra	27
2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	27
2.5. Procedimiento de análisis de datos	30
2.6. Criterios éticos	30
III. RESULTADOS Y DISCUSIONES	32
3.1. Resultados	32
3.2. Discusión de resultados	66
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
4.1. Conclusiones	69
4.2. Recomendaciones	70
Referencias	72
Anexos	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Jengibre	16
Figura 2: Máquina rodajadora de alimentos	17
Figura 3: Análisis CAE por Análisis FEM de una estructura metálica	23
Figura 4: Gráfico de evaluación técnica y económica según la norma VDI2221	41
Figura 5: Medidas del jengibre	41
Figura 6: Medidas del jengibre	42
Figura 7: Sistema de fajas y poleas	46
Figura 8: Conexión de elementos del eje principal	49
Figura 9: Esfuerzos que actúan sobre el eje	50
Figura 10: Diagrama de cuerpo libre	50
Figura 11: Diagrama de fuerza cortante máxima y momento flector máximo	52
Figura 12: Rodamiento para la parte inferior del eje	55
Figura 13: Chaveta del disco porta cuchillas de corte sobre el eje	56
Figura 14: Eje principal de acero ASTM A36	59
Figura 15: Torque y fuerza aplicadas en el eje	60
Figura 16: Deformación en el eje principal	60
Figura 17: Factor de Seguridad en el eje principal	61
Figura 18: Factor de Seguridad de la estructura	61
Figura 19: Deformación en la estructura	62
Figura 20: Máquina rodajadora móvil de jengibre	63

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1: <i>Caja Negra para variables</i>	25
Diagrama 2: <i>Procedimiento para la recolección de datos</i>	29
Diagrama 3: <i>Procedimiento para el análisis de datos</i>	30
Diagrama 4: <i>Funciones técnicas de la rodajadora de jengibre</i>	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Composición química del jengibre</i>	16
Tabla 2: <i>Operacionalización de variables</i>	26
Tabla 3: <i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i>	28
Tabla 4: <i>Exportación del jengibre a nivel mundial</i>	32
Tabla 5: <i>Lista de exigencias</i>	35
Tabla 6: <i>Matriz morfológica de alternativas</i>	37
Tabla 7: <i>Puntaje según la norma VDI2221</i>	39
Tabla 8: <i>Evaluación técnica de los Conceptos de Solución</i>	39
Tabla 9: <i>Evaluación económica de los Conceptos de Solución</i>	40
Tabla 10: <i>Fuerzas cortantes y momentos flectores</i>	51
Tabla 11: <i>Resumen de datos para la máquina rodajadora de jengibre</i>	57
Tabla 12: <i>Cargas para el corte de jengibre</i>	57
Tabla 13: <i>Datos operacionales de la máquina</i>	58
Tabla 14: <i>Resultados del sistema de transmisión de la máquina</i>	58
Tabla 15: <i>Esfuerzos del eje de la máquina principal</i>	58
Tabla 16: <i>Esfuerzos del eje de la máquina principal</i>	59
Tabla 17: <i>Costos de la maquina</i>	63
Tabla 18: <i>Consumo energético del motor</i>	64
Tabla 19: <i>VAN Y TIR</i>	66
Tabla 20: <i>INDICADORES</i>	66

Resumen

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad hallar la problemática estudiada que se basa en el apoyo hacia la asociación de agricultores de Satipo, Junín que no cuentan con un proceso automatizado para darle un valor agregado al jengibre como es el corte en rodajas del jengibre mediante una máquina móvil.

La recolección de datos en artículos científicos, informes, entre otros, a parte gracias a formatos de encuestas creado para ingenieros y sus recomendaciones se pudo realizar la propuesta del diseño de la maquina rodajadora.

Mediante el análisis respectivo de producción se obtuvo una capacidad de trabajo de la máquina de 270 kg/h trabajando 12 horas por día. Las ecuaciones empleadas arrojaron una velocidad de trabajo de 430 rpm y un torque de 9.024 Nm. Estos requerimientos serán cubiertos por un motor eléctrico de 0.5 HP conectado a un sistema de transmisión mediante poleas y fajas conectadas a un eje principal de 1/2" de diámetro.

Como sistema esencial se eligió un disco con 2 cuchillas de corte capaz de cortar el jengibre a través de una aplicación de fuerza de corte de 2 kgf. La identificación de pesos de los componentes de la máquina permitió seleccionar un grupo de garruchas de 40 kg de soporte cada una.

El análisis de software CAE utilizado permitió comprobar el diseño de la máquina, corroborando un Factor de Seguridad para el eje principal de 5, además de señalar una deformación máxima en el punto más crítico de 0.1mm.

Palabras Clave: Máquina, jengibre, rodajas, diseño, corte.

Abstract

The purpose of this research project is to find the problem studied that is based on support for the association of farmers of Satipo, Junín who do not have an automated process to give added value to ginger, such as slicing the ginger using a mobile machine.

The collection of data in scientific articles, reports, among others, in part thanks to survey formats created for engineers and their recommendations, the proposal for the design of the rolling machine was made.

Through the respective production analysis, a machine work capacity of 270 kg/h was obtained, working 12 hours per day. The equations used showed a work speed of 430 rpm and a torque of 9,024 Nm. These requirements will be covered by a 0.5 HP electric motor connected to a transmission system using pulleys and belts connected to a 1/2" diameter main shaft.

As the essential system, a disc with 2 cutting blades capable of cutting ginger through an application of cutting force of 2 kgf was chosen. The identification of weights of the machine components made it possible to select a group of pulleys with a support weight of 40 kg each.

The CAE software analysis used allowed us to verify the design of the machine, corroborating a Safety Factor for the main axis of 5, in addition to indicating a maximum deformation at the most critical point of 0.1mm.

Keywords: Machine, ginger, slices, design, cut.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

El jengibre es una planta que ha venido ganando peso en el mercado internacional. En el 2017, La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura mencionó que a nivel mundial existió una producción total de 3,3 millones de toneladas de jengibre comercializado con un promedio mundial de 9,6 toneladas por hectárea, aunque, países como Estados Unidos y Japón alcanzaron un rendimiento de 33,4 y 27 toneladas por hectárea correspondientemente [1].

El jengibre es empleado a nivel mundial en el mercado de industrias alimenticias, químicas y farmacéuticas. Es en esta última donde tiene mayor impacto debido a sus propiedades para el cuidado de la salud, específicamente malestares digestivos [2].

A nivel mundial, son pocos los países que cuentan con maquinaria de alta tecnología para procesar alimentos de exportación, solo países como China son propietarias de innovadores equipos para línea de producción de alimentos. Esto genera que otras naciones como Brasil, Nigeria, Perú, etc., se vean en desventaja, sin embargo, estos países suministran estables cantidades de jengibre de calidad. Debido a esto, es necesario la implementación de tecnología para aumentar la oferta del producto de los países indicados [3].

En el Perú, el alza de exportaciones ha generado crecimiento económico debido a la alta demanda de productos agrícolas y las ventajas comparativas de estos alimentos con otros. Alimentos como la palta, arándanos, mango, espárragos y el jengibre han originado que el país sea líder en el mercado mundial de los conocidos “superfoods”. Es en este grupo

de alimentos donde el jengibre destaca considerablemente por sus propiedades nutritivas y medicinales. Perú es el segundo proveedor de jengibre de Europa y Estados Unidos [4].

El jengibre o kion tiene origen asiático, pero fue traído al Perú a fines del siglo XVIII. En el 2020, el Perú logró exportar en el primer cuatrimestre de ese año un volumen de jengibre equivalente a 19,1 millones de dólares. Debido a la alta demanda de este tubérculo es que se requiere la mejor tecnología para su procesamiento y exportación [5].

En la actualidad el Perú es el cuarto principal país exportador de jengibre a nivel mundial con un crecimiento de 110% y un rendimiento de 18,10 toneladas métricas por hectárea, teniendo como mercado principal Estados Unidos [1].

El Perú, a nivel latinoamericano, es el mayor productor de jengibre con una producción equivalente a 500 toneladas al año con una superficie de 1200 hectáreas cultivadas, y dentro del país, son las ciudades de Chiclayo y Junín en donde existe la mayor concentración de producción de esta planta [6].

Junín es la región en donde se cultiva cerca del 90% de la producción nacional de jengibre y esto genera que la actividad principal de la región sea el agro. Los pequeños agricultores son la parte que más abastece en esta producción, sin embargo, el uso de maquinaria tradicional, la falta de infraestructura tecnológica y la carencia de asistencia técnica y capacitación hace que tengan una baja producción y sean poco competitivos con las grandes empresas procesadoras [7].

Junín cuenta con dos empresas principales líderes en la exportación de jengibre, uno de ellos es La Grama y la otra empresa es PRAC Agribusiness [8]. La empresa La Grama tiene una participación del 22.57% de la producción total y la otra empresa PRAC Agribusiness, el 17.5% [9]. El resto de la producción total de la región se encuentra dividida

entre 3 localidades y sus grupos de agricultores, estos distritos son Pichanaki, Mazamari y Satipo. Este último lugar cuenta con campos de cultivo capaces de cosechar una óptima materia orgánica de alta calidad y que supera a jengibres de los productores líderes a nivel mundial [10].

Las localidades productoras de jengibre ubicadas en Junín cuentan con un desarrollo muy bajo a consecuencia de nulas capacidades técnicas requeridas por el mercado internacional. Satipo no cuenta con bioproductos de valor agregado, por el contrario, solo comercializan un jengibre convencional [7].

Es necesario que la producción de jengibre cuente con un valor agregado que le permite entrar a mercados de exportación que hasta la fecha se mantienen cerrados [10]. Se puede considerar como valor agregado un producto final que no sea el jengibre en su versión natural (materia prima). Es en esta necesidad donde se plantea repotenciar la producción de jengibre en rodajas a través del uso de una máquina cortada para dicha labor en vez de la actividad manual que se viene realizando. Esto permitirá incrementar la capacidad de kilogramo por hora de rodajas de jengibre obtenidas.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál será la arquitectura y características técnicas que tendrá la máquina rodajadora móvil de jengibre para la asociación de agricultores de Satipo-Junín?

1.3. Hipótesis

El diseño de una máquina rodajadora podrá solucionar el problema de cortar en rodajas el jengibre.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Proponer el diseño de una rodajadora móvil de jengibre para la asociación de agricultores de Satipo-Junín.

Objetivos específicos

- Identificar la capacidad de producción de los agricultores de la localidad de Satipo-Junín.
- Determinar las exigencias y funciones técnicas con las que debe contar la rodajadora móvil de jengibre.
- Seleccionar la configuración de diseño correcta para la máquina rodajadora móvil de jengibre.
- Dimensionar la rodajadora móvil de jengibre mediante cálculo, diseño y modelado 3D.
- Comprobar el diseño de la rodajadora móvil empleando software CAE.
- Realizar el análisis económico de la máquina.

1.5. Teorías relacionadas al tema

Jengibre

El jengibre o kion es tallo subterráneo de una planta que llama la atención por tener un sabor poco común. La planta de jengibre crece en países que poseen climas tropicales y posee propiedades que son aplicadas en la industria medicinal. Para su cultivo es necesaria la presencia de abundante agua, suelo profundo, clima cálido y suelo profundo [1].



Figura 1: Jengibre

Fuente: El comercio, 2020

Composición y características del jengibre

La composición química del jengibre es la siguiente [11]:

Tabla 1: Composición química del jengibre

Por cada 100g de alimento	
Carbohidratos	71,62g
Agua	9,94g
Proteínas	8,98g
Grasas	4,24g
Otros	5.22g

Fuente: Propia, 2022

Las características principales del jengibre es su forma de mano de color café claro y pulpa de color amarillo pálida. Tiene un olor fuerte aromático, sabor agrio y picante. El jengibre es un rizoma o raíz de la planta del mismo nombre (jengibre o kión) que crece horizontalmente en el suelo, tiene un largo aproximado entre 5 y 10 cm y un ancho entre 4 cm y 8cm. Su peso aproximado es de 30 a 50 gramos por unidad [11].

Máquina rodajadora

Una máquina rodajadora también conocida como máquina rebanadora, es un dispositivo mecánico y automatizado capaz de realizar el corte de cualquier alimento en

láminas delgadas circulares o de otra forma dependiendo de la geometría del corte o del producto. El sistema principal de una máquina rodajadora además del sistema de potencia en su sistema de corte, el cual generalmente suelen ser cuchillas [12].



Figura 2: Máquina rodajadora de alimentos

Fuente: Frinox, 2020

Partes de una máquina rodajadora

Una máquina rodajadora puede estar formada por las siguientes partes [12]:

Sistema apisonador

Sistema que tiene como función principal empujar el alimento o producto, reposado en la cámara de alimentación, hacia el sistema de corte. Este sistema puede ser manual o mecanizado.

Cámara de alimentación

Es el depósito en donde se coloca el producto o alimento para su posterior proceso de corte. La cámara de alimentación se adecua a la geometría del producto dependiendo de la capacidad a producir.

Sistema de corte

Es un sistema compuesto generalmente por cuchillas y es el encargado de realizar el corte del producto en rodajas, rebanadas, etc., dependiendo del requerimiento. Su material de fabricación suele ser acero inoxidable y están enlazados directamente con un eje de movimiento rotacional.

Sistema de transmisión

Es un sistema conectado a la fuente de potencia (motor eléctrico, motorreductor, etc.) y tiene como objetivo transmitir la potencia mecánica expresada en un movimiento rotacional. Algunos sistemas de transmisión conocidos son las fajas y poleas, engranajes, piñones y cadenas, etc.

Bandeja de salida

Este elemento de la máquina suele ser una platina metálica o de otro material capaz de soportar el peso del producto cuando está en caída. Suele instalarse sobre la estructura de la máquina y posee una inclinación en su posición.

Estructura

La estructura es la parte de la máquina que sirve de apoyo para todos los elementos y piezas de esta. Está conformada por tubos cuadrados o de otra geometría que poseen la responsabilidad de soportar el peso total de la máquina y el producto en plena operación.

Sistema eléctrico y de control

Es uno de los sistemas principales de la máquina y tienen como función suministrar la energía al sistema de potencia, además de controlar y monitorear el correcto funcionamiento de la máquina.

Principio de funcionamiento de una máquina rodajadora

El principio de funcionamiento de una máquina rodajadora o rebanadora se basa en el corte que se le aplica a un alimento que cae por producto de la gravedad o por alguna fuerza de empuje. Este corte genera que el alimento se divida en partes o capas muy delgadas los cuales al final salen por una tolva [13].

Diseño de una máquina rodajadora

Para el diseño de una máquina rodajadora se usarán las siguientes ecuaciones detalladas en diferentes literaturas. Esencialmente se emplea el libro de “Diseño de Elementos de Máquinas” del autor [14].

Cálculo de fuerza

Para hallar una fuerza es necesario multiplicar la masa del cuerpo por la aceleración de la gravedad. La unidad de la fuerza es Newton (N).

$$F = m \times g$$

Donde:

F = Fuerza (N)

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2)

m = Masa (kg)

Para poder calcular un momento se multiplica la fuerza por la distancia donde se aplica dicha fuerza. En la mecánica existen dos tipos de momentos, un momento torsor y un momento flector. El momento torsor es la que genera torsión sobre el cuerpo mientras que un momento flector realiza la acción de curvar un cuerpo con respecto al eje Y o X.

$$M = F \times d$$

Donde:

M = Momento (N.m)

F = Fuerza (N)

d = Distancia (m)

Cálculo de un eje de transmisión

El eje de transmisión es el elemento más importante en un sistema de transmisión de potencia mecánica. Existen muchas teorías para hallar el diámetro de un eje, en este caso se menciona el Criterio de Coulomb-Tesca para expresar dicha medida:

$$D_{eje} = \left[\frac{32 \times Fs}{\pi \times S_y} (M^2 + T^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

D_{eje} : Diámetro del eje (m)

Fs: Factor de seguridad (adimensional)

S_y : Resistencia límite de fluencia (MPa)

M: Momento flector (N.m)

T: Momento torsor o torque (N.m)

Análisis de esfuerzos

Un análisis de esfuerzos sirve mayormente para llegar a un factor de seguridad. Los análisis de esfuerzos se dan tanto para cargas que generan flexión como para cargas que generan torsión.

Esfuerzo flector:

$$\sigma_{flexión} = \frac{M \times r_{eje}}{I}$$

Esfuerzo torsor:

$$\tau_{torsión} = \frac{T \times r_{eje}}{J}$$

Donde:

I: Momento de inercia transversal de un eje (m^4)

$$I = \frac{\pi \times D_{eje}^4}{64}$$

En el **Anexo 1** se muestra una tabla sobre los momentos de inercia de algunas figuras geométricas.

J: Momento de inercia polar de un eje (m^4)

$$J = \frac{\pi \times D_{eje}^4}{32}$$

Fator de seguridad

El factor de seguridad es la relación del límite de resistencia de fluencia del material y los esfuerzos flectores y torsores que son generados por las distintas cargas.

$$Fs = \frac{Sy}{\sigma'}$$

Los esfuerzos flectores y torsores que generan las cargas se puede hallar empleando la ecuación planteada por Von Mises, la cual es:

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

Cálculo de par motor y potencia

El equipo encargado de brindar un movimiento de rotación es un motor. El motor brinda energía mecánica la cual sale con unas RPM y un torque. Estos datos generan una potencia mecánica, la cual se puede hallar de la siguiente manera:

$$P = Tx \omega$$

Donde:

P = Potencia (kW)

T = Torque (N.m)

ω = Velocidad angular (rad/s)

Para poder cálculos los RPM en rad/s es necesaria hacer la siguiente conversión:

$$\omega = \frac{rpm \times 2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}}$$

Definición de términos

Rizoma: Tallo subterráneo con más de una yema que crecen de manera horizontal produciendo raíces y brotes herbáceos de sus nudos.

Jengibre: Es una planta perteneciendo a la familia de las zingiberáceas cuyo tallo subterráneo es un rizoma con sabor picante y apreciado aroma.

Rodajas: Es un trozo circular que generalmente suele ser delgado y de grosor uniforme que se obtiene de un alimento sólido de forma redonda o cilíndrica.

Rebanada: Es un trozo delgado que se obtiene de un alimento mediante alguna actividad de corte u otra.

Sistema de corte: Es un sistema mecánico que tiene como función principal generar un corte.

Cuchillas: Son elementos con una geometría exacta para poder realizar un trabajo de corte.

Suelen tener un lado afilado.

Sistema de potencia: Es un sistema mecánico o eléctrico que suministra la energía suficiente a una máquina para realizar un trabajo en específico.

Tolva: Es la parte de una máquina o equipo que tiene como función ser una guía de transición de algún producto que se dirige hacia otro proceso.

Fuerza de empuje: La fuerza de empuje es la fuerza que aparece cuando un cuerpo se desplaza verticalmente hacia abajo. Es una fuerza opuesta al movimiento de avance de un cuerpo.

Diseño y modelado 3D

El diseño y modelado 3D consiste en la utilización de un software por computador para generar una representación matemática de un elemento, objeto o forma tridimensional. La creación 3D tiene como nombre modelo 3D y en la actualidad se usa para distintas industrias principalmente para el diseño de máquinas y construcción. El modelado 3D tiene la ventaja de mostrar una configuración de diseño de algo antes de que este sea manufacturo y construido [15].

Análisis CAE

El análisis CAE cuyas siglas en español significa Ingeniería Asistida por Ordenador, consiste en la utilización de algún software para simular el rendimiento de alguna pieza, sistema, máquina, etc., con la finalidad de mejorar u optimizar los diseños a fabricar o montar. Esta herramienta permite solucionar problemas de ingeniería de sectores muy diversos y está asociado directamente al diseño mecánico mediante el Análisis por el Método de Elementos Finitos (FEM).

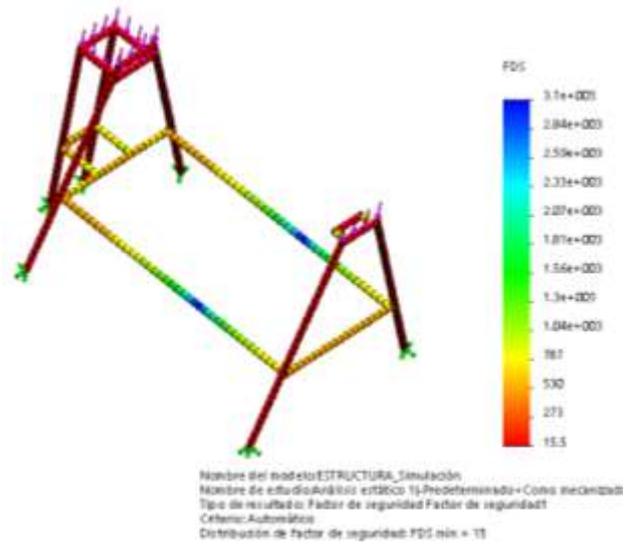


Figura 3: Análisis CAE por Análisis FEM de una estructura metálica

Fuente: Ericks Briones, 2019

II. MATERIALES Y MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

La metodología empleada para esta investigación es de tipo aplicada y cuantitativa, ya que se emplea conocimientos en el ámbito de la ingeniería para luego ser aplicados a una problemática, en este caso de la industria del jengibre con el objetivo de buscar una solución o mejora. El diseño de investigación es descriptivo, debido a que muestra y detalla el paso a paso para resolver una problemática hallada.

2.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente

- Características del jengibre
- Producción (toneladas)

Variable Dependiente

- Potencia mecánica (W)
- Capacidad (kg/h)

Para un mejor entendimiento en el **Diagrama 1** se detalla una representación de Caja Negra para variables.

Diagrama 1: Caja Negra para variables



Operacionalización de Variables

Tabla 2: Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEM	TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS
VARIABLE INDEPENDIENTE				
Características del jengibre	Masa	Masa	kg	Análisis documental [11]
	Largo	Longitud	M	
	Ancho	Longitud	m	
Producción	Toneladas	Masa	kg	Análisis documental Web: Trade Map
VARIABLE DEPENDIENTE				
Potencia mecánica	Potencia	$P = \text{Julios (J)/segundo (s)}$	W	Análisis documental [14]
Capacidad	Capacidad	$C = \text{masa (kg)/tiempo (h)}$	kg/h	Análisis documental [10]

Fuente: *Propia, 2022*

2.3. Población y muestra

No aplicable para este tipo de investigación.

2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Abordaje metodológico

Analítico

En este trabajo de investigación se analizará la problemática actual sobre la producción de jengibre con valor agregado de la asociación de agricultores ubicados en Sapito, Junín. Este análisis tendrá como objetivo encontrar el punto exacto de quiebre que origina la problemática.

Deductivo

Se analizará antecedentes de este tipo de investigaciones que involucren artículos científicos, revistas científicas, informes, etc., que puedan brindar una idea sobre máquinas cortadoras, rebanadoras o rodajadoras de alimentos. Además, se llevará a cabo una revisión detallada de trabajos anteriores asociados al tema de estudio o problemática.

Inductivo

La metodología de investigación usada para el desarrollo del presente proyecto de investigación nos permitirá obtener toda la información necesaria para solucionar la problemática hallada con respecto a la baja producción de jengibre con valor agregado (rodajas).

Técnicas e instrumentos

A continuación, se detalla una tabla donde se mencionan las técnicas e instrumentos utilizados en el presente trabajo de investigación:

Tabla 3: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

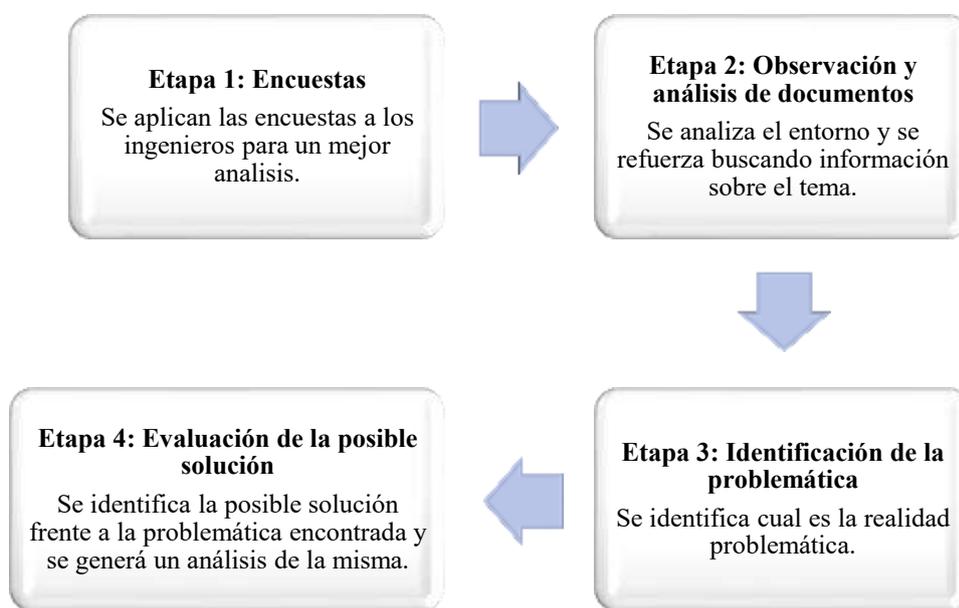
TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	DESCRIPCIÓN
Guía de observación	Ficha de observación y recolección de datos.	Se pudo tomar apuntes en las visitas que se llevaron a cabo a la asociación de agricultores en Satipo-Junín. Se recolecto información sobre la problemática actual que implica la baja producción de jengibre con valor agregado (en rodajas).
Encuesta	Hoja de encuesta	Se generó encuestas a ingenieros especialistas en diseño mecánico. En el Anexo 2 se muestra el formato de encuestas aplicadas.
Análisis Documental	Ficha de análisis documental	Por medio de libros, revistas científicas, artículos, investigaciones y búsquedas de documentación vía web se recopiló información que permite conocer y entender la problemática encontrada.

Fuente: Propia, 2022

Procedimientos para la recolección de datos

Para la recolección de datos se programó un procedimiento, el cual tendrá el siguiente esquema de realización:

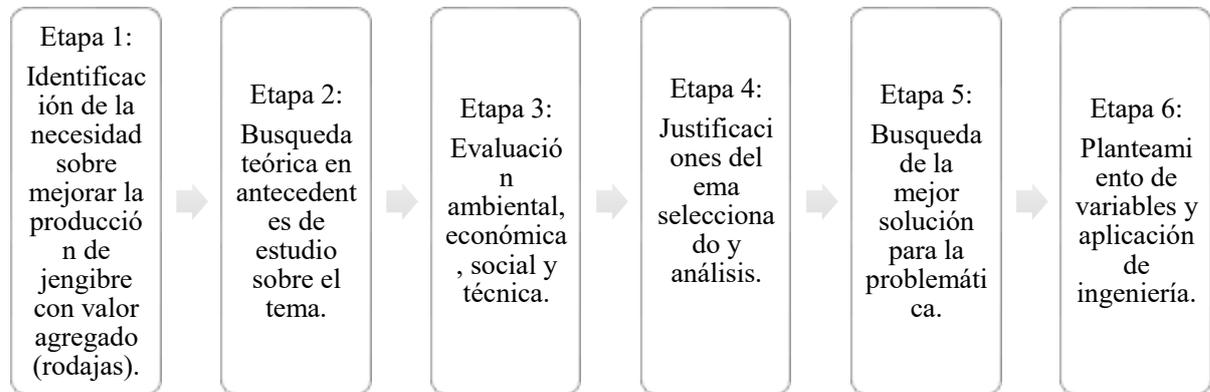
Diagrama 2: Procedimiento para la recolección de datos



2.5. Procedimiento de análisis de datos

El procedimiento para el análisis de datos tiene el siguiente orden:

Diagrama 3: Procedimiento para el análisis de datos



2.6. Criterios éticos

Para el desarrollo de la presente investigación se tendrá en cuenta principios éticos plasmados en el Código de Ética de la Universidad Señor de Sipán y el Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú.

Código de Ética de la Universidad Señor de Sipán (USS)

Este documento (ver **Anexo 3**) detalla los criterios éticos y principios a tener en cuenta al momento de usar información de otros autores, así mismo muestra las políticas antiplagio. A continuación, se transcriben el primer artículo de este valioso código:

“Artículo 1. ° Finalidad: La finalidad del Código de Ética para la Investigación de la Universidad Señor de Sipán S.A.C. (en adelante Código de Ética) es garantizar que el proceso de investigación se efectúe en el marco de los principios éticos que establecen las normas vigentes.”

Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú (CIP)

Este documento (ver **Anexo 4**) menciona los principios éticos que tiene que tener en cuenta un ingeniero para la competencia y el buen desarrollo de la profesión en relación con

sus colegas, ambiente, sociedad y público. A continuación, se menciona un artículo valioso de este código de ética:

“Artículo 14. ° Los ingenieros están al servicio de la sociedad. Por consiguiente, tienen la obligación de contribuir al bienestar humano, dando importancia primordial a la seguridad y adecuada utilización de los recursos en el desempeño de sus tareas profesionales.

Los ingenieros deben reconocer y hacer suyos los principios que el Colegio de Ingenieros del Perú desarrollo en su Estatuto en aplicación al ejercicio profesional.”

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se tomará en cuenta los criterios de aplicabilidad, confiabilidad, fiabilidad, objetividad y validez.

Aplicabilidad: Los resultados a obtener en esta investigación pueden ser antecedentes de otros estudios.

Confiabilidad: La metodología de investigación permite resolver la problemática de manera cuantitativa a través del diseño óptimo de una máquina confiable.

Fiabilidad: La entrevista generada posee una cualidad de fiable que permite obtener resultados reales y creíbles.

Objetividad: La problemática de esta investigación demuestra la realidad tal cual.

Validez: Las variables de investigación presentan un estudio viable que logra definir los parámetros de diseño

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Resultados

Capacidad de producción de los agricultores de la localidad de Satipo

Según la web de comercio internacional Trade Map, los datos de exportación de jengibre del Perú en los últimos años contabilizado fueron:

Tabla 4: Exportación del jengibre a nivel mundial

CÓDIGO ARANCELARIO	Descripción del producto	2016	2017	2018	2019	2020
		Cantidad exportada (kg)				
'0910110000	Jengibre sin triturar ni pulverizar	14742412	26408608	20772990	22801130	49656571
'0910300000	Cúrcuma	1299839	1837328	1510216	1938125	3470027
'0910120000	Jengibre triturado o pulverizado	544621	380276	142296	274234	583956
'0910999000	Especias (exc. pimienta del género "Piper"; pimientos de los géneros "Capsicum" o "Pimenta"; ...	176126	130527	155748	101626	73842
'0910991000	Especias (exc. pimienta del género "Piper"; pimientos de los géneros "Capsicum" o "Pimenta"; ...	4542	4272	6604	5466	14026
'0910910000	Mezclas de especias diversas	21656	36104	43	61	547
'0910990000	Especias (exc. pimienta del género "Piper"; pimientos de los géneros "Capsicum" o "Pimenta"; ...					
'0910100000	Jengibre					
'0910200000	Azafrán	1	150	80		
'0910400000	Tomillo y hojas de laurel					
'0910500000	Curry					

Fuente: *Trade Map, 2022*

Entonces, se tomará en cuenta el valor último del año 2020 de la descripción de producto jengibre sin triturar ni pulverizar, el cual es de 50 mil toneladas.

Considerando lo indicado en la problemática, apartado “1.1.2. Problemática nacional”, en donde los autores [7] indican que Junín es el responsable del 90% de la producción nacional del país, se halla la siguiente cantidad:

$$50\ 000 \times 0.9 = 45\ 000\ ton$$

Junín produce alrededor de 45 mil toneladas al año, el cuál según el apartado “1.1.3. Problemática local” un 40% de producción es obtenido de 2 empresas:

$$45\ 000 \times 0.4 = 18\ 000\ ton$$

Hay 18 000 toneladas que son producidas por dos grandes empresas y lo restante está dividido entre los grupos agricultores de 3 principales distritos (según el apartado “1.1.3. Problemática local”). Dentro de estas localidades se encuentra Satipo. Supondremos una cantidad equivalente para cada localidad, entonces, Satipo produce al año el 33% de la producción de jengibre de Junín. Esto equivale a:

$$18\ 000 \times 0.33 = 5\ 940\ ton\ por\ año$$

Los cuales dan un aproximado de 16 toneladas por día producidos (tomando en cuenta los 365 días por año). La exportación principal del jengibre se da en su forma natural (según la Tabla 3), por ende, no se podría transformar todo esto en rodajas ya que podría afectar su comercialización, entonces, de las 16 toneladas solo se tomará un 20% para convertirlo en un producto con valor agregado (jengibre en rodajas). De esta forma se obtiene el siguiente valor:

$$16\ 000 \times 0.2 = 3\ 200\ ton$$

Al día se tendría que producir 3 200 toneladas de jengibre en rodajas y considerando que el tiempo laboral de trabajo en el régimen agrario es de 12 horas, tendríamos un total de:

$$\frac{3\ 200}{12} = 266.67\ kg = 270\ kg/h$$

La capacidad de producción de jengibre en rodajas de los agricultores de Satipo tendría que ser de 270 kg/h. Esta capacidad de producción tendría que también ser compartida por la máquina a desarrollar.

Exigencias y funciones de la rodajadora móvil de jengibre

Para poder obtener una máquina con un correcto funcionamiento es necesario conocer las exigencias o requerimientos principales que esta debe cumplir. Estas exigencias y/o requerimientos se han obtenido de la información obtenida a través de las encuestas aplicadas a la asociación de agricultores de la población y a ingenieros especialistas en diseño mecánico, ver encuesta en el **Anexo (a)**.

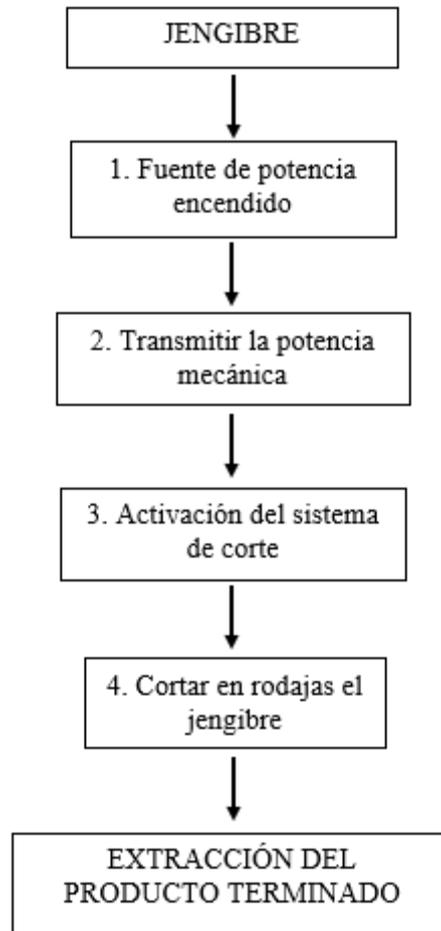
Tabla 5: Lista de exigencias

LISTA DE EXIGENCIAS		
PROYECTO	PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RODAJADORA MÓVIL DE JENGIBRE PARA LA ASOCIACIÓN DE AGRICULTORES DE SATIPO-JUNÍN	
No	Deseo (D) Exigencia (E)	DESCRIPCIÓN
FUNCION PRINCIPAL		
1	E	Alimentación del producto mediante una tolva.
2	E	Cortar el jengibre en rodajas.
3	E	Hacer el corte en rodajas según el requerimiento esperando.
ENERGÍA		
4	E	Tener como fuente de poder potencia mecánica.
ERGONOMÍA		
5	D	El usuario debe ser capaz de suministrar correctamente la materia prima, para evitar algún inconveniente con la máquina.
6	D	Grupo de trabajo máximo de 1 persona.
USO		
7	D	Debe ser de operación sencilla y no requerir especialización técnica.
TRANSPORTE		
8	E	Su transporte será de fácil desplazamiento y será posible por no más de 2 personas.
9	D	Su transporte no debe involucrar cambio en su geometría general.
FABRICACIÓN		
10	E	Debe ser posible fabricada en una pequeña factoría, con el uso de máquinas herramientas, equipos de precisión y con componentes accesibles en el mercado nacional.
12	E	Esta operación debe exigir al fabricante conocimientos técnicos.
PESO		
12	D	Debe ser alrededor de los 100 kg.
ENSAMBLAJE		
13	E	Montaje y desmontaje con herramientas usuales en un taller mecánico.
14	E	Esta operación debe exigir conocimientos técnicos especializados.
MANTENIMIENTO		
15	E	Debe ser posible con insumos y accesorios usuales en un taller mecánico.
COSTO		
16	D	La máquina por construir debe costar menos de 10000 soles.

Fuente: Propia, 2022

Una vez plasmada las exigencias es necesario estructural las funciones de la rodajadora móvil mediante un esquema que tenga una etapa inicial y final.

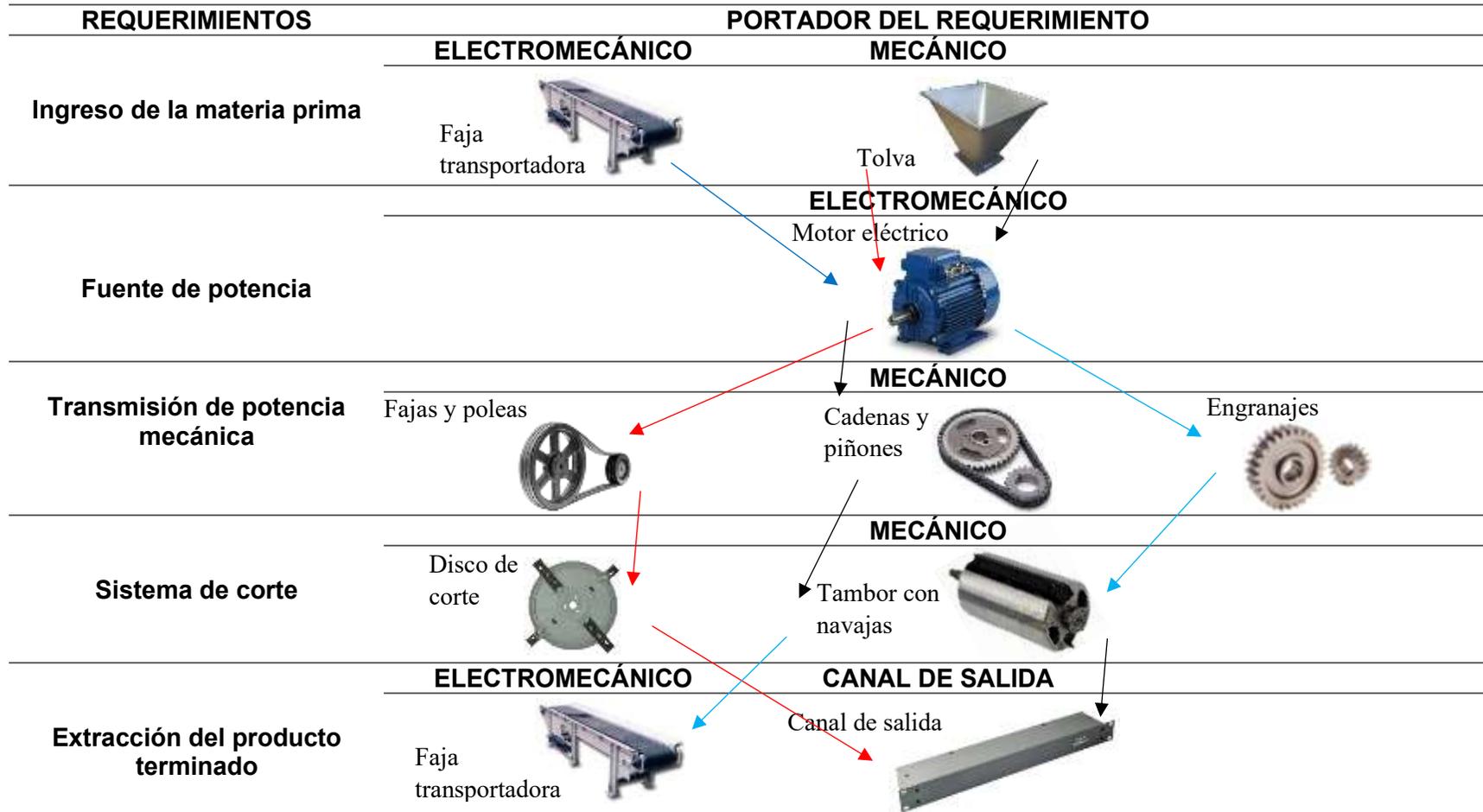
Diagrama 4: Funciones técnicas de la rodajadora de jengibre



Configuración de diseño correcta para la máquina rodajadora móvil de jengibre.

Con la estructura de funciones establecida se procede a seleccionar la configuración de diseño óptimo para la máquina rodajadora. Este trabajo se hará a través del uso de una matriz morfológica. Se presenta 3 alternativas, cada una está representada con un color distinto. La Alternativa 1 es de color rojo, la Alternativa 2 de color negro y la Alternativa 3 de color azul.

Tabla 6: Matriz morfológica de alternativas



Alternativa 1 – Color rojo

La alternativa 1 muestra una tolva de alimentación para el ingreso de la materia prima. Un motor eléctrico es la fuente de potencia, el cual está conectado a un sistema de transmisión por fajas y poleas y esta traslada la potencia a un sistema de disco de corte. Por último, el producto terminado cae con la ayuda de la gravedad por medio de un canal metálico de salida.

Alternativa 2 – Color negro

La alternativa 2 muestra una tolva de alimentación para el ingreso de la materia prima. Un motor eléctrico es la fuente de potencia, el cual está conectado a un sistema de transmisión por cadenas y piñones y esta traslada la potencia a un sistema de corte por tambor giratorio con navajas. Por último, el producto terminado cae con la ayuda de la gravedad por medio de un canal metálico de salida.

Alternativa 3 – Color azul

La alternativa 3 muestra un ingreso de materia prima por medio de una faja transportadora. Un motor eléctrico es la fuente de potencia, el cual está conectado a un sistema de transmisión por engranajes y esta traslada la potencia a un sistema de corte por tambor giratorio con navajas. Por último, el producto terminado sale del proceso por medio de otra faja transportadora.

Evaluación técnica y económica de las alternativas de configuración

Para la evaluación técnica y económica de las alternativas de configuración se usará el método de decisión optimizado presentado en la norma VDI2221.

Tabla 7: Puntaje según la norma VDI2221

Descripción	Puntaje
No aceptable	0
Poco satisfactorio	1
Suficiente	2
Bueno	3
Óptimo	4

Tabla 8: Evaluación técnica de los Conceptos de Solución

Evaluación técnica de Conceptos de Solución										
Valor Técnico (Xi)										
Proyecto: Propuesta de diseño de una rodajadora móvil de jengibre para la asociación de agricultores de Satipo – Junín										
P: puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según la norma VDI2221)										
0 = No aceptable, 1 = Poco satisfactorio, 2 = Suficiente, 3 = Bueno, 4 = Óptimo										
g = Peso ponderado (está en función de los criterios de evaluación)										
Criterios de evaluación para diseño en fase de concepto										
Variantes de Concepto			Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Ideal	
Nro	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	P	gp	p	gp
1	Función	4	4	16	3	12	4	16	4	16
2	Forma	4	4	16	3	12	4	16	4	16
3	Diseño	4	4	16	4	16	2	8	4	16
4	Seguridad	4	3	12	3	12	4	16	4	16
5	Ergonomía	4	4	16	4	16	4	16	4	16
6	Visibilidad	4	3	12	3	12	3	12	4	16
7	Durabilidad	4	3	12	3	12	3	12	4	16
8	Estabilidad	4	3	12	3	12	2	8	4	16
9	Precisión	4	3	12	4	16	2	8	4	16
10	Montaje	4	4	16	4	16	4	16	4	16
11	Tamaño	4	4	16	3	12	4	16	4	16
12	Mantenimiento	4	4	16	4	16	4	16	4	16

13	Fabricación	4	4	16	4	16	3	12	4	16
	Puntaje total	52	47	188	45	168	42	172	52	208
	Ponderado	0.90		0.80		0.82		1		
	Orden	1		3		2		--		

Tabla 9: Evaluación económica de los Conceptos de Solución

Valor Económico (Yi)										
Proyecto: Propuesta de diseño de una rodajadora móvil de jengibre para la asociación de agricultores de Satipo – Junín										
P: puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según la norma VDI2221)										
0 = No aceptable, 1 = Poco satisfactorio, 2 = Suficiente, 3 = Bueno, 4 = Óptimo										
g = Peso ponderado (está en función de los criterios de evaluación)										
Criterios de evaluación para diseño en fase de concepto										
Variantes de Concepto			Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Ideal	
Nro	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	P	gp	p	gp
1	Montaje	4	4	16	3	12	3	12	4	16
2	Fabricación	4	4	16	3	12	3	12	4	16
3	Mantenimiento	4	4	16	4	16	4	16	4	16
4	Disponibilidad de materiales	4	4	16	4	16	4	16	4	16
5	Número de piezas	4	4	16	4	16	3	12	4	16
	Puntaje total	20	20	80	18	72	17	68	20	80
	Ponderado	1		0.90		0.85		1		
	Orden	1		2		3		---		

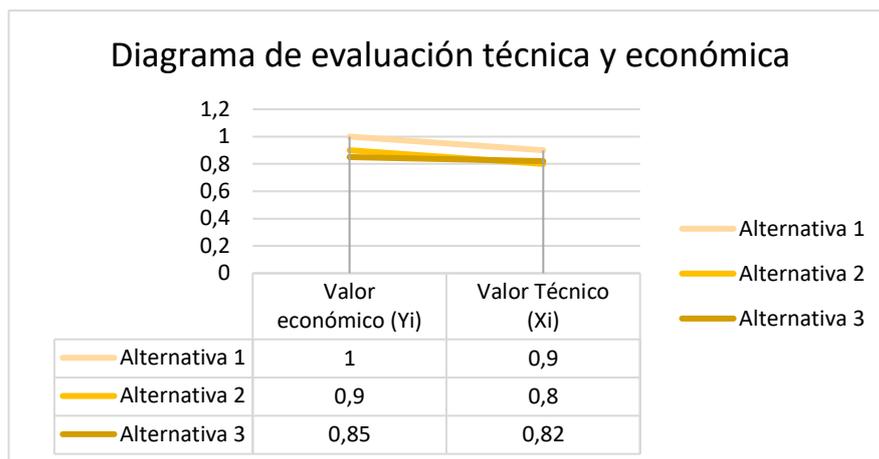


Figura 4: Gráfico de evaluación técnica y económica según la norma VDI2221

Fuente: Propia, 2022

Como se muestra en la Figura 4, se puede llegar a la conclusión que la alternativa óptima es la Alternativa 1 debido a que obtuvo el mayor puntaje ponderado en la evaluación técnica y económica según el método de decisión optimizado presentado en la norma VDI2221.

Procedimiento de cálculo para dimensionamiento de la máquina rodajadora

Con la ayuda de la distinta bibliografía sobre máquinas rodajadoras revisada y el libro de Robert Norton, "Elementos de Máquinas" se procede a realizar el dimensionamiento de la rodajadora móvil de jengibre, para esto, también es necesario conocer las características de la materia prima. A continuación, se detalla las medidas del jengibre:



Figura 5: Medidas del jengibre

Fuente: Adaptado del periódico Correo, 2021

Ahora, para la fuerza de corte que se le tiene que aplicar al jengibre, se toma como referencia la fuerza de corte aplicada a la papa, ya que ambos son raíces comestibles con corteza similar. Según [12] es 2 kgf. Para la velocidad de la máquina también se tomará como referencia la velocidad de máquinas rodajadoras de papa, la cual es de 430 rpm según los mismos autores [12].

Con estos datos se procede a calcular la fuerza de corte aplicada al área de trabajo.

$$\sigma_c = \frac{F_c}{A_c}$$

Donde:

σ_c = Esfuerzo cortante del jengibre (Pa)

F_c = Fuerza de corte (kgf) = 2 kgf

A_c = Área de corte (m^2)

El área de corte del jengibre se halla teniendo en cuenta el diámetro máximo del mismo, en la siguiente imagen se considera como diámetro máximo del área transversal, 2 cm.



Figura 6: Medidas del jengibre

Fuente: Adaptado del periódico Correo, 2021

Diámetro máximo del jengibre

Entonces:

$$A_c = \frac{\pi \times (\emptyset)^2}{4} = \frac{\pi \times 0.02^2}{4} = 0.00031m^2$$

$$\sigma_c = \frac{2kgf \times 9.81 m/s^2}{0.00031 m^2} = 62\,452.4 Pa$$

Diseño del disco porta cuchillas

Se espera que la máquina rebanadora pueda cortar hasta 5 jengibres a la vez, por eso la fuerza de corte del disco debería ser de:

$$F_{TC} = F_c \times N_{jengibre} \times N_{cuchillas}$$

Donde:

F_{TC} = Fuerza total de corte (kgf)

F_c = Fuerza de corte (kgf) = 2 kgf

$N_{jengibre}$ = 5

$N_{cuchillas}$ = 2

Entonces:

$$F_{TC} = 2 \times 5 \times 9.81 \times 2 = 196.2 N$$

Con esta fuerza total de corte se procede a determinar el torque que actúa en el disco porta cuchillas con respecto al corte del jengibre.

$$T_D = F_{TC} \times \emptyset$$

Donde:

T_D = Torque sobre el disco de corte (N.m)

F_{TC} = Fuerza total de corte (kgf) = 196.2 N

\emptyset = Diámetro mayor del jengibre (m) = 0.02m

Entonces:

$$T_D = 196.2 N \times 0.02 = 3.924 Nm$$

La cuchilla será de hacer inoxidable AISI 304, el cual posee una resistencia a la fluencia de 68 MPa (ver **Anexo 5**), la cual es mayor es mayor al esfuerzo de corte (62.45 MPa). Esta

cuchilla tendrá un espesor de 3mm y debido a la posición de ingreso del jengibre (por el lado de 5 cm según Figura 5), su longitud será de 7 cm.

Esta cuchilla estará conectada mediante tornillos al disco giratorio. En total serán 2 cuchillas sobre el disco.

Potencia del motor

Con el torque y la velocidad de trabajo se procede a calcular la potencia del motor mediante la siguiente ecuación:

$$P_T = T_D \times \omega_2$$

Donde:

P_T = Potencia total (W)

T_D = Torque sobre el disco de corte (N.m) = 3.924 Nm

ω_2 = Velocidad angular del sistema (rad/s) = 430 rpm (ver Tabla 10) o 45.09 rad/s

Entonces:

$$P_T = 3.924 \times 45.09 = 176.93 \text{ W}$$

Diseño del sistema de transmisión por poleas

Con la potencia total del sistema encontrado, se procede a calcular la transmisión respectiva, para esto se empleará primero un factor de corrección de la potencia.

$$P_{TC} = P_T \times K$$

Donde:

P_{TC} = Potencia total corregida (W)

P_T = Potencia total (W) = 176.93 W

K = Factor de corrección de servicio en motores de corriente alterna que operan entre 10 a 16 horas diarias = 1.3 (ver **Anexo 6**)

$$P_{TC} = 176.93 \times 1.3 = 230.013 \text{ W}$$

Con la nueva potencia del sistema se procede a calcular la relación de transmisión. Esta se halla mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

Donde:

i = Relación de transmisión

n_1 = Velocidad angular de la polea motriz o rpm del motor

ω_2 = Velocidad angular de la polea conducida o rpm del eje principal = 45.09 rad/s

d_1 = Diámetro de la polea motriz (m)

d_2 = Diámetro de la polea conducida (m)

Para calcular la relación de transmisión primero se procederá a calcular la velocidad angular motriz o rpm del motor. Este dato se halla con la siguiente ecuación:

$$n_1 = \frac{(60 \times \text{frecuencia})}{\frac{\# \text{ polos}}{2}}$$

La frecuencia en el país es de 60 Hz, mientras que el número de polos es de 6 (para velocidades bajas). Entonces:

$$n_1 = \frac{(60 \times 60)}{\frac{6}{2}} = 1200 \text{ rpm}$$

En el **Anexo 7** se indica el motor eléctrico seleccionado con las características halladas.

Entonces la relación de transmisión es:

$$i = \frac{1200}{430} = 2.79$$

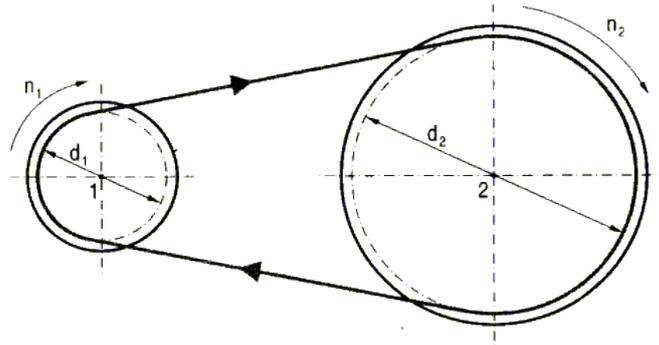


Figura 7: Sistema de fajas y poleas

Diámetro de la polea motriz

El diámetro de la polea motriz se puede seleccionar con los rpm del motor y su potencia en HP. Según el **Anexo 8** la polea sería de 2.2 pulgadas o 56 mm y según el **Anexo 9**, tendría perfil Z.

Diámetro de la polea conducida

Con el diámetro de la polea motriz encontrado y la relación de transmisión, se procede a calcular el diámetro de la polea conducida.

$$d_2 = 2.79 \times 56mm = 156.24 \approx 156mm$$

Torque de la polea conducida

La polea conducida aplicada un toque en el eje principal de transmisión y debido a esto es importante saber su valor ya que es una fuerza que impacta sobre el diámetro del eje. El torque se puede hallar de la siguiente manera:

$$T_{PC} = \frac{P_{TC}}{\omega_2}$$

Donde:

T_{PC} = Torque de la polea conducida (Nm)

P_{TC} = Potencia total corregida (W) = 230.013 W

ω_2 = Velocidad angular del sistema (rad/s) = 45.09 rad/s

Entonces:

$$T_{PC} = \frac{230.013}{45.09} = 5.10 \text{ Nm}$$

Adicional al torque que genera la polea conducida también está la fuerza producida que este mismo elemento genera, esta fuerza se halla de la siguiente manera:

$$F_t = \frac{T_{PC}}{r_2}$$

$$F_f = F_t \times 1.5$$

Donde:

F_t = Fuerza de torsión de la polea conducida (N)

T_{PC} = Torque de la polea conducida (Nm) = 5.10 Nm

r_2 = Radio de la polea conducida (m) = 0.078 m

F_f = Fuerza de flexión de la polea conducida (N)

Entonces:

$$F_t = \frac{5.10 \text{ Nm}}{0.078 \text{ m}} = 65.28 \text{ N}$$

$$F_f = 65.28 \times 1.5 = 97.92 \text{ N}$$

Distancia entre ejes de poleas

Debido a que la distancia de la relación de trasmisión está entre el rango de 1 y 3, la distancia entre ejes de poleas se halla con la siguiente ecuación:

$$E \geq \frac{(i + 1) \times d_1}{2} + d_1$$

Donde:

E = Distancia entre ejes de poleas

i = Relación de trasmisión = 2.79

$d_1 = \text{Diámetro de la polea motriz (m)} = 0.056 \text{ m}$

Entonces:

$$E \geq \frac{(2.79 + 1) \times 0.056}{2} + 0.056 = 0.162 \text{ m}$$

La distancia mayor más cercana a la calculada es de 0.5 m (ver **Anexo 10**) pero por temas de tamaño de la máquina quedará en 0.2 m.

Longitud de la correa

La longitud de la correa se calcula con la siguiente ecuación:

$$L_p = 2E + \frac{\pi}{2}(d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4E}$$

Donde:

$L_p = \text{Longitud de la polea (m)}$

$E = \text{Distancia entre ejes de polea (m)} = 0.5 \text{ m}$

$d_2 = \text{Diámetro de la polea conducido (m)} = 0.156 \text{ m}$

$d_1 = \text{Diámetro de la polea motriz (m)} = 0.056 \text{ m}$

$$L_p = 2(0.5) + \frac{\pi}{2}(0.156 + 0.056) + \frac{(0.156 - 0.056)^2}{4(0.5)} = 0.75 \text{ m}$$

Velocidad de la correa

La velocidad de la correa se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_c = \frac{\pi \times d_1 \times \omega_1}{60 \times 1000}$$

Donde:

$V_c = \text{Velocidad lineal de la correa (m/s)}$

$d_1 = \text{Diámetro de la polea motriz (m)} = 0.056 \text{ m} = 56 \text{ mm}$

$\omega_1 = \text{Velocidad motriz (rpm)} = 1200 \text{ rpm}$

$$V_c = \frac{\pi \times 56 \times 1200}{60 \times 1000} = 3.52 \text{ m/s}$$

Número de correas

$$N_{CORREAS} = \frac{P_{TC} \times K}{P_{TC}}$$

P_{TC} = Potencia total corregida (W) = 230.013 W

K = Factor de corrección de servicio en motores de corriente alterna que operan entre 10 a 16 horas diarias = 1.3 (ver **Anexo 6**)

$$N_{CORREAS} = \frac{230.013 \times 1.3}{230.013} = 1.3 \cong 1$$

Diseño del eje principal

A continuación, se detalla un esquema de conexión del eje principal.

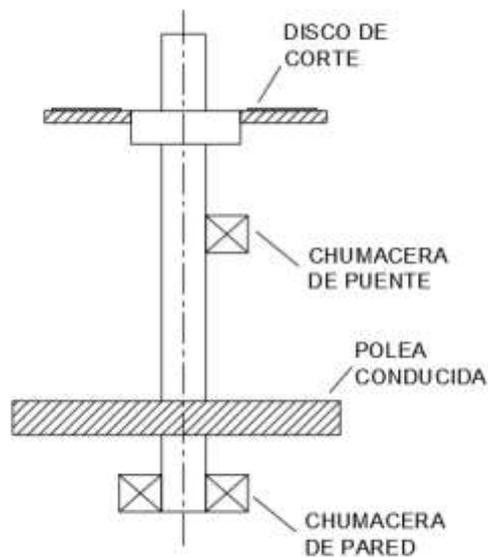


Figura 8: Conexión de elementos del eje principal

Fuente: Propia, 2022

Conexión de elementos del eje principal

Con los elementos conocidos, ahora se identifica cuáles son los esfuerzos que actúan sobre el eje.

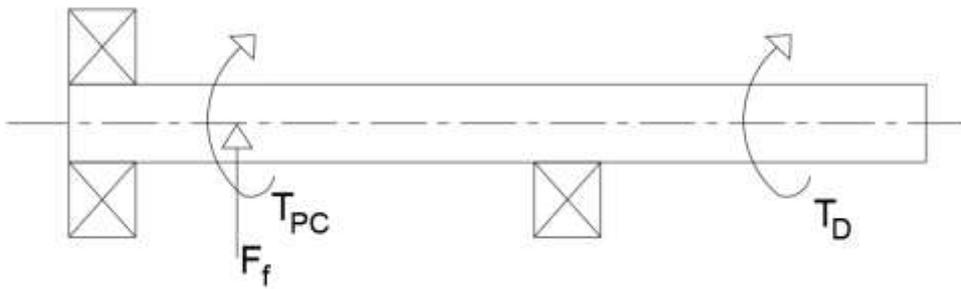


Figura 9: Esfuerzos que actúan sobre el eje

Fuente: Propia, 2022

Esfuerzos que actúan sobre el eje

Con los esfuerzos identificados se procede a graficar el Diagrama de Cuerpo Libre.

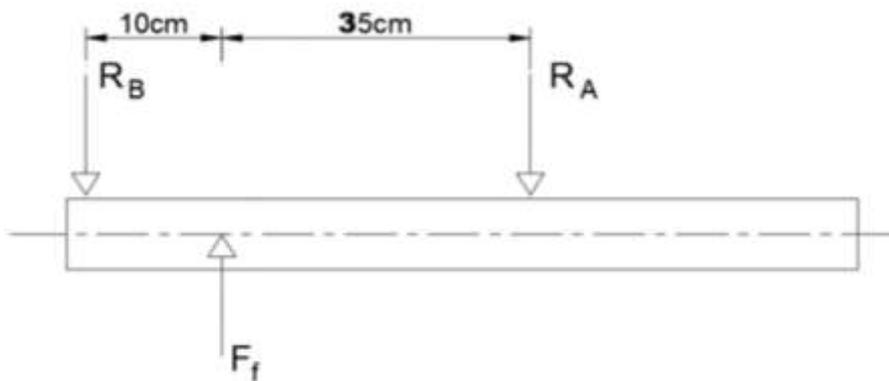


Figura 10: Diagrama de cuerpo libre

Fuente: Propia, 2022

Diagrama de cuerpo libre

$$\sum M_B = 0$$

$$-RA \times (0.35m) + Ff \times 0.1m = 0$$

$$-RA \times (0.35m) + 97.92 \text{ N} \times 0.1m = 0$$

$$RA = 27.98 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$Ff - RA - RB = 0$$

$$97.92 N - 27.98 N - RB = 0$$

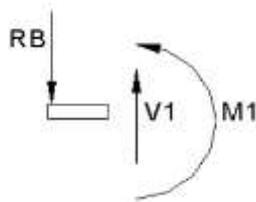
$$RB = 69.95 N$$

Cálculo del momento flector y esfuerzo cortante

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M_x = 0$$

Tabla 10: Fuerzas cortantes y momentos flectores



SECCIÓN 1
 $0 m \leq X < 0.1 m$

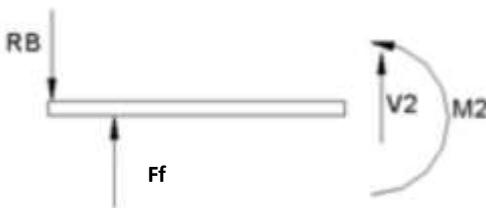
$$V1 - RB = 0$$

$$V1 = RB = 69.95 N$$

$$M1 + RB(X) = 0$$

$$M1 = -69.95 N \cdot (X)m$$

$$X = 0.1 \quad M1 = -7 Nm$$



SECCIÓN 2
 $0.1 m \leq X < 0.35 m$

$$V2 - RB + Ff = 0$$

$$V2 = -Ff + RB$$

$$V2 = -97.92 N + 69.95 N = -27.98 N$$

$$M2 + RB(X) - Ff(X - 0.1) = 0$$

$$M2 = -RB(X)m + Ff(X - 0.1)m$$

$$X = 0.1 \quad M1 = -69.95 N (0.1)m$$

$$+ 97.92 N (0.1 - 0.1)$$

$$= -7 Nm$$

$$X = 0.35 \quad M2 = -69.95 N (0.35)m$$

$$+ 97.92 N (0.35 - 0.1)$$

$$= -0.0002 Nm = 0$$

Fuerzas cortantes y momentos flectores

FUERZA CORTANTE	MOMENTO FLECTOR
V1 = 69.95 N	M1 = -7 Nm
V2 = -27.98 N	M2 = 0 Nm

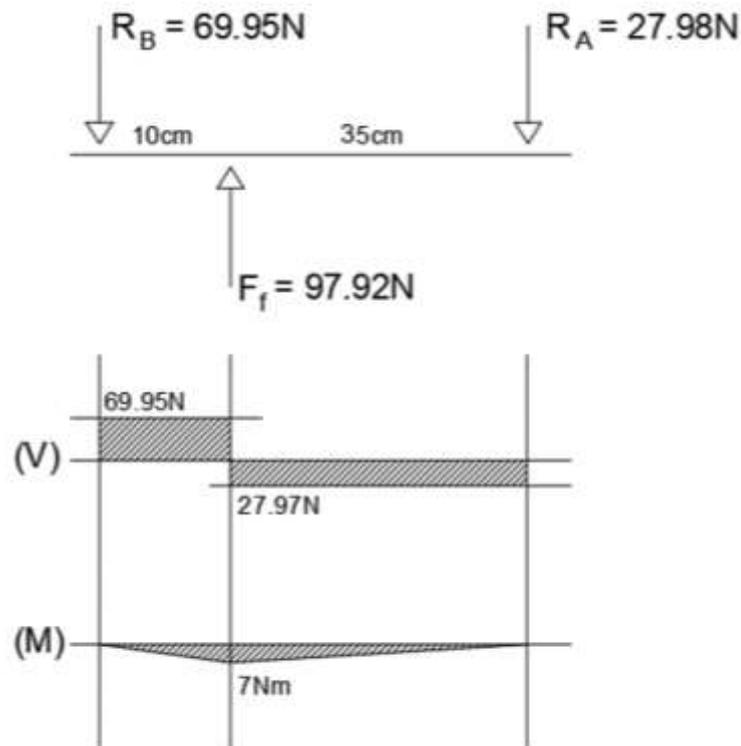


Figura 11: Diagrama de fuerza cortante máxima y momento flector máximo

Fuente: Propia, 2022

Diámetro del eje principal

Para calcular el diámetro del eje se emplea el Criterio de Coulomb-Tresca, el cual viene dado por la siguiente ecuación:

$$D_{eje} = \left[\frac{32 \times F_s}{\pi \times S_y} (M^2 + T^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

D_{eje} = Diámetro del eje (m)

F_s = Factor de seguridad = Se supone un valor de 3

S_y = Resistencia límite de fluencia del Acero ASTM A36 = 250 MPa (ver **Anexo 11**).

M = Momento flector (Nm) = 7 Nm

T = Momento total que se le aplica al eje por los distintos elementos (Nm)

$$T = T_{PC} + T_D$$

$$T = 5.10 \text{ Nm} + 3.924 \text{ Nm} = 9.024 \text{ Nm}$$

Entonces:

$$D_{eje} = \left[\frac{32 \times 3}{\pi \times 250 \times 10^6} ((7 \text{ Nm})^2 + (9.024 \text{ Nm})^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_{eje} = 0.011 \text{ m} = 11 \text{ mm} = 1/2 \text{ pulg}$$

Análisis de esfuerzos

Tensión de flexión:

$$\sigma_{flexión} = \frac{M \times r_{eje}}{I}$$

Tensión de torsión:

$$\tau_{torsión} = \frac{T \times r_{eje}}{J}$$

Donde:

I = Momento de inercia transversal de un eje viene dado por la siguiente fórmula:

$$I = \frac{\pi \times D_{eje}^4}{64}$$

$$I = \frac{\pi \times (0.0127)^4}{64} = 1.28 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

J: Momento de inercia polar del eje principal viene dado por la siguiente fórmula:

$$J = \frac{\pi \times D_{eje}^4}{32}$$

$$J = \frac{\pi \times (0.0127)^4}{32} = 2.55 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

Entonces:

$$\sigma_{flexión} = \frac{7 \text{ Nm} \times 0.00635 \text{ m}}{1.28 \times 10^{-9} \text{ m}^4} = 34.81 \text{ MPa}$$

$$\tau_{torsión} = \frac{9.024 \text{ Nm} \times 0.00635 \text{ m}}{2.55 \times 10^{-9} \text{ m}^4} = 22.44 \text{ MPa}$$

Esfuerzo máximo:

$$\tau_{max} = \sigma_{flexión} + \tau_{torsión}$$

$$\tau_{max} = 34.81 \text{ MPa} + 22.44 \text{ MPa} = 57.25 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad (F_s)

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma'}$$

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

Entonces:

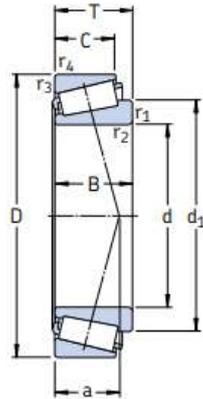
$$\sigma' = \sqrt{(34.81 \text{ MPa})^2 + 3 (22.44 \text{ MPa})^2} = 52.18 \text{ Mpa}$$

Y, por lo tanto:

$$F_s = \frac{250 \text{ MPa}}{52.18 \text{ Mpa}} = 4.79 \approx 5$$

Selección de rodamientos

Habrán dos rodamientos que estarán acoplados al eje principal y ambos estarán dentro de una chumacera tipo pared y una chumacera tipo puente. Ambos rodamientos estarán sometidos a las cargas mixtas que generan la fuerza y rotación de las poleas y disco de corte en su mismo eje. El rodamiento de rodillos cónicos es el adecuado para estas cargas.



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades		Masa	Designación	Serie de dimensiones según la ISO 355 (ABMA)
d	D	T	dinámica C	estática C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite			
mm			kN		kN	rpm		kg	-	-
15	42	14,25	22,4	20	2,08	13 000	18 000	0,095	30302 J2	2FB

Figura 12: Rodamiento para la parte inferior del eje

Fuente: SKF, 2021

Rodamiento para la parte inferior del eje

Vida nominal del rodamiento inferior

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

Donde:

L = Vida nominal (millones de revoluciones)

C = Capacidad de carga dinámica =

P = Carga dinámica equivalente sobre el cojinete o $V1 = 69.95 \text{ N}$

p = Exponente obtenido empíricamente, rodamiento de rodillos cónicos: 10/3

Entonces:

$$L = \left(\frac{22.4 \text{ kN}}{69.95 \text{ N}}\right)^{\frac{10}{3}} = 224.66 \times 10^6 \text{ millones de revoluciones}$$

Cálculo de chavetas

Chaveta para el disco porta cuchillas de corte

Fallo por cizallamiento

$$F = \frac{2 \times T_D}{D_{eje}} = \frac{2 \times 3.924}{0.0127} = 617.95 \text{ N}$$

Tensión de corte

Existe un esfuerzo cortante τ sobre la chaveta debido a la fuerza por cizallamiento.

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{617.95}{0.005 \times 0.005} = 24.72 \text{ MPa}$$

Tensión de compresión

Existe un esfuerzo cortante τ sobre la chaveta en su cara lateral.

$$\sigma_{apl} = \frac{F}{A'} = \frac{617.95}{0.005 \times 0.03} = 4.12 \text{ MPa}$$

Para el cálculo de la chaveta para el disco porta cuchillas se asumió un área frontal de 0.5 cm x 0.5 cm y un largo de 3 cm. Con estos datos se obtuvo un esfuerzo de corte de 24.72 MPa y una tensión de compresión de 4.12 MPa. El acero que se usará para esta chaveta será AISI 304, el cual posee una resistencia a la fluencia de 68 MPa (ver **Anexo 5**), la cual es mayor a los esfuerzos hallados.

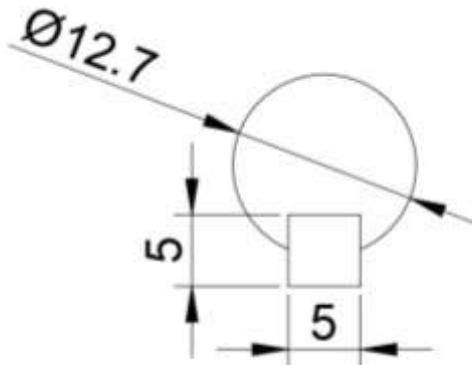


Figura 13: Chaveta del disco porta cuchillas de corte sobre el eje

Fuente: SKF, 2021

Chaveta para la polea conducida

Fallo por cizallamiento

$$F = \frac{2 \times T_D}{D_{eje}} = \frac{2 \times 5.10}{0.0127} = 803.15 \text{ N}$$

Tensión de corte

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{803.15}{0.005 \times 0.005} = 32.13 \text{ MPa}$$

Tensión de compresión

$$\sigma_{apl} = \frac{F}{A'} = \frac{803.15}{0.005 \times 0.03} = 5.35 \text{ MPa}$$

La chaveta para la polea conducida será la misma que se usa para el disco porta cuchillas de corte.

En las siguientes tablas se muestra un resumen de estos datos:

Tabla 11: Resumen de datos para la máquina rodajadora de jengibre

Dimensiones del jengibre	7cm x 5 cm x 2 cm
Fuerza de corte del jengibre	2 kgf
Velocidad de corte	430 rpm

Tabla 12: Cargas para el corte de jengibre

Área de corte	0.00031 m²
Esfuerzo cortante de jengibre	62 452.4 Pa
Fuerza total de corte	196.2 N
Torque sobre el disco de corte	3.924 Nm

Tabla 13: Datos operacionales de la máquina

Velocidad angular del sistema	430 rpm (ver Tabla 10)
Potencia total	176.93 W
Potencia total corregida con factor de corrección de 1.3 (ver Anexo 6)	230.013 W
Torque sobre el disco de corte	3.924 Nm

Tabla 14: Resultados del sistema de transmisión de la máquina

Velocidad del motor	1200 rpm (ver Anexo 7)
Relación de transmisión	2.79
Diámetro de la polea motriz	2.2 pulg (Anexo 8)
Perfil del diámetro de la polea motriz	Perfil Z (Anexo 9)
Diámetro de la polea conducida	156 mm
Torque de la polea conducida	5.10 Nm
Fuerza de torsión de la polea conducida	97.92 N
Distancia entre ejes de poleas	0.2 m
Longitud de la correa	0.75 m
Velocidad de la correa	3.52 m/s
Número de correas	1

Tabla 15: Esfuerzos del eje de la máquina principal

Torque total	9.024 Nm
Momento flector	7 Nm
Diámetro del eje	1/2 pulg
Esfuerzo de flexión	38.41 MPa
Esfuerzo de torsión	22.44 MPa
Esfuerzo máximo	57.25 MPa
Factor de Seguridad	5

Dimensionamiento de la estructura

El dimensionamiento de la estructura se hará mediante software de diseño mecánico en 3D.

En el apartado “3.5.2. Diseño y simulación estática de la estructura” se muestra dicho diseño.

Garruchas giratorias

Para la selección de las garruchas se toman en cuenta los pesos de cada componente de la máquina. A continuación, se muestra una tabla con los pesos de cada componente:

Tabla 16: Esfuerzos del eje de la máquina principal

Elemento	Peso (kg)
Motor eléctrico 0.5 HP	15
Eje de acero 1/2"	1.6
Chumacera tipo pared	0.8
Chumacera tipo puente	0.5
Poleas y correas	12
Cubierta de corte	1
Disco con cuchillas de corte	3.5
Canal de salida	0.1
Otros accesorios	0.5
Estructura de la máquina	35
Total	70

En base a la carga total se selecciona la garrucha tipo ensamblada con soporte giratorio y freno, rueda de poliuretano serie 17 PG de 40 kg de soporte con 2" de diámetro (ver **Anexo 12**). La máquina usará 4 garruchas.

Comprobación del diseño mediante Software CAE

Diseño y evaluación del eje principal



Figura 14: Eje principal de acero ASTM A36

Fuente: Adaptado de SolidWorks, 2022

El eje es de 1/2" con 50 cm de largo, los canales chaveteros según resultados es de 0.5 cm x 0.5 cm x 3 cm de largo.

Ahora, se procede a evaluar su diseño en base a los esfuerzos calculados en la Tabla 15 y la Figura 8.

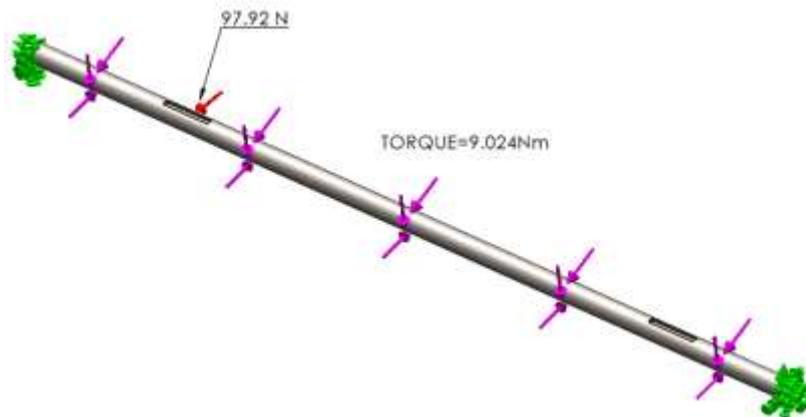


Figura 15: Torque y fuerza aplicadas en el eje

Fuente: Adaptado de SolidWorks, 2022

Con el torque y la fuerza aplicada se procede a realizar la evaluación de diseño. En la imagen siguiente se verifica que la máxima deformación es de 0.1mm en la parte central. Entre el punto que conecta la polea conducida y la chumacera tipo puente.

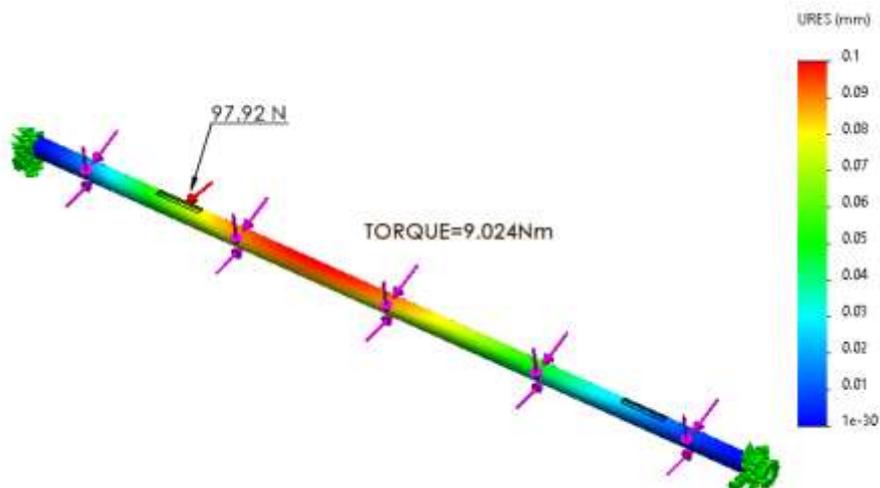


Figura 16: Deformación en el eje principal

Fuente: Adaptado de SolidWorks, 2022

Paso siguiente, se procede a verificar el FS, según calculo el Factor de Seguridad es 5, en el presente análisis se confirmó este dato. De esta forma se verifica que el diseño cumple con lo calculado.

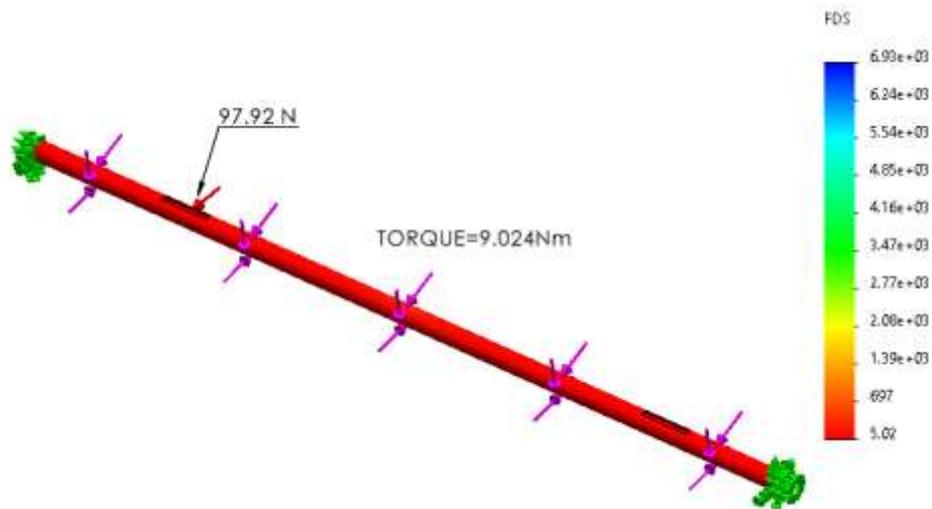


Figura 17: Factor de Seguridad en el eje principal

Fuente: Adaptado de SolidWorks, 2022

Diseño y simulación de la estructura de la máquina

De acuerdo con la geometría de cada componente de la máquina se procede a diseñar la estructura de soporte.

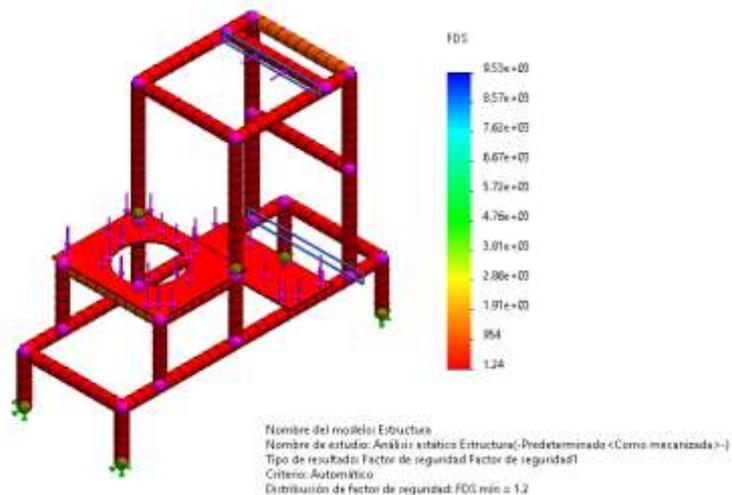


Figura 18: Factor de Seguridad de la estructura

Fuente: Adaptado de SolidWorks, 2022

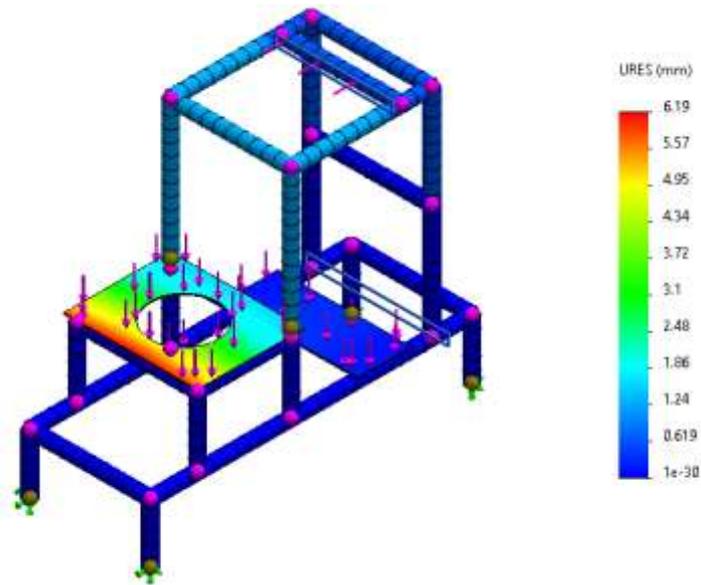


Figura 19: Deformación en la estructura

Fuente: Adaptado de SolidWorks, 2022

El perfil de la estructura es de 20x20x1.5mm, con planchas de espesor de 2mm. Todo en acero A36. Mediante el software CAE se verifica que la estructura cumple, tiene un Factor de Seguridad de 1.2 y una deformación máxima de 5mm en la parte del motor eléctrico (parte a reforzar).

Modelado 3D de la máquina rodajadora móvil de jengibre

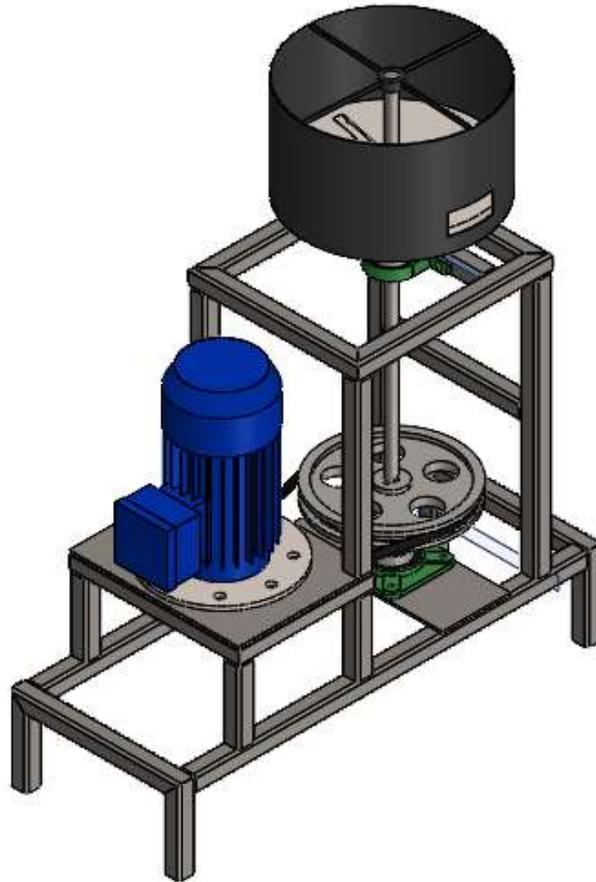


Figura 20: Máquina rodadora móvil de jengibre
Fuente: Adaptado de SolidWorks, 2022

Realizar el análisis económico de la máquina

Se realizará la evaluación de la factibilidad económica:

Costo del proyecto

Tabla 17: Costos de la maquina

Elemento	cantidad	precio unitario	precio total
Motor eléctrico 0.5 HP	1	S/ 300.00	S/ 300.00
Eje de acero 1/2"	1	S/ 90.00	S/ 90.00
Chumacera tipo pared	2	S/ 20.00	S/ 40.00
Chumacera tipo puente	2	S/ 20.00	S/ 40.00
tolva	1	S/ 120.00	S/ 120.00
Poleas y correas	1	S/ 300.00	S/ 300.00
Cubierta de corte	1	S/ 100.00	S/ 100.00

Disco con cuchillas de corte	2	S/ 30.00	S/ 60.00
Garrucha	4	S/ 12.50	S/ 50.00
estructura de la maquina	1	S/ 150.00	S/ 150.00
pintura	1	S/ 50.00	S/ 50.00
soldadura	1	S/ 150.00	S/ 150.00
mano de obra	1	S/ 50.00	S/ 50.00
TOTAL			S/ 1,500.00

Flujo de caja

Para obtener los indicadores de inversión VAN y TIR debemos identificar el flujo de caja anual del diseño de la maquina rodajadora móvil de jengibre, como ingresos se considera el ahorro de mano de obra que esta entre 20 a 30 soles la jornada laboral y como egreso, tenemos el mantenimiento de la maquina (S/200.00 soles mensuales) y consumo energético de la maquina que abarca entre los (S/375.08 soles mensuales) según la Tarifa BT5B de la concesionaria eléctrica de la región Puno es de S/0.25 céntimos por kWh. [16]

Tabla 18: Consumo energético del motor

consumo del motor de 0.5 hp		
consumo por día	100.02	kWh/día
consumo por medio día	50.01	kWh/medio día
pago de KW por hora	S/ 0.25	kwh
pago por kW medio día	S/ 12.50	kwh
pago mensual	S/ 375.08	kwh

VAN

El Valor Actual Neto es el índice que indica la buena proyección financiera del proyecto. Si el VAN es mayor que el digito 0, entonces los ingresos durante un periodo determinado serán mayores a la inversión que se generó al inicio más los costos de operación en el mismo tiempo. [17]

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+r)^t} - I$$

Donde:

Ft: Beneficio neto de flujo anual

I: Inversión inicial

r: Tasa de descuento (12%) = 0.12

t: Tiempo (años)

n: Número de años

Para el presente proyecto se tomará un periodo de 1 año.

TIR

Actualmente un Banco Crediticio paga una tasa de interés del 12% en el Perú, para que un proyecto sea rentable es necesario que el TIR sea mayor que dicho porcentaje. [17]

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1 + TIR)^t} - I = 0$$

Para calcular el VAN y TIR solo se considerará la inversión de la maquina rodajadora y asumiendo los gastos por mano de obra.

Tabla 19: VAN Y TIR

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión Inicial	-1500												
Gastos en mantenimiento o y Gastos en consumo energético.		-575	-575	-575	-575	-575	-575	-575	-575	-575	-575	-575	-575
TOTAL, EGRESOS	-1500	-575	-575	-575	-575	-575	-575	-575	-575	-575	-575	-575	-575
Ingresos por ahorro en mano de obra.		750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
TOTAL, DE INGRESOS		750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
BENEFICIOS NETOS	-1500	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175

Tabla 20: INDICADORES

INDICADORES ECONOMICOS	Indicadores
	MAQUINA RODAJADORA
Tasa de Descuento %	12%
VAN S/.	-416
TIR (%)	5.6%

El análisis del VAN y TIR indica que recién se podrá recuperar la inversión en el mes 9. Esta evaluación de la factibilidad económica del proyecto demuestra que la recuperación de inversión es a corto plazo.

3.2. Discusión de resultados

- Aunque al principio se pensó en tomar en cuenta una capacidad más cercana a las 16 toneladas de jengibre producidos al día, al final se decidió considerar solo un 20% de este total. Esto debido a que será un producto nuevo y tiene que pasar por la aceptación de un mercado acostumbrado a jengibre entero. El 20% del total es 3 200 ton, el cual se resume en 270 kg/h (trabajando 12 horas). Esta capacidad genera que la máquina tenga

una alta velocidad de trabajo (430 rpm), pero, sin embargo, el motor posee una potencia baja 0.5 HP. Ahora, si se considera una capacidad mayor, la velocidad y potencia aumentaría y eso generaría mayor desgaste de los elementos de rotación acoplados a la transmisión.

- Para la obtención de datos e información que funcione como punto de partida, se tuvo como opciones aplicar entrevistas, cuestionarios o encuestas. Al final se decidió aplicar encuestas, ya que estas dan respuestas fundamentadas en una comparación referida a “que opción es mejor”. Además, agrega un sustento válido o recomendación adicional sobre cada respuesta. Estas encuestas ayudaron a obtener una lista de exigencias requeridas para el funcionamiento esencial de la máquina, la cual, al final se resumió en una estructura de funciones.
- La metodología de matriz morfológica para plantear conceptos de solución para el diseño de la máquina rodajadora móvil de jengibre, permite identificar de manera óptima los mejores sistemas y partes para la máquina. Esta metodología ha sido usada por autores como [13] en su investigación “Diseño de prototipo de cortadora de plátano verde en hojuelas para la industria de chifle en Piura” y se ha comprobado su eficiencia como herramienta de selección de componentes que conforman una máquina.
- Los resultados de las ecuaciones usadas arrojaron valores dentro de lo pensado, es decir, cada dimensión obtenida mediante la matemática aplicada dio como respuesta un equipo comercial existente en el mercado. La potencia del motor se redondeó a 0.5 HP y se calculó un sistema de transmisión por fajas y poleas, aunque este sistema depende de la velocidad o torque que se requiere para la máquina. La velocidad hallada fue de 430 RPM y 9.024 Nm. Esto demuestra que se requiere más una velocidad alta que una gran aplicación de fuerza.
- La comprobación de resultados mediante la ingeniería CAE arrojó que el diseño calculado mediante ecuaciones es óptimo y confiable técnicamente, con un FS en el eje de 5. Investigaciones locales como “Diseño de una máquina procesadora de pellets en base a

merma de arroz con capacidad de 200 kg/h para la empresa Escaly S.R.L. Lambayeque” de los autores [18], al momento de emplear esta misma herramienta computacional también obtuvieron resultados favorables con una diferencia del 2% entre su cálculo matemático y la corrida en el software CAE.

- El análisis obtenido gracias al VAN y TIR, da como factibilidad al proyecto, ya que sus resultados podemos recuperar lo invertido en menos de un año así poder obtener mas ganancia a corto plazo.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La capacidad para la máquina rodajadora de jengibre móvil fue obtenida mediante el portal web Trade Map. Esta página nos permitió tener un valor real de producción del producto, además, arrojó tablas de datos para clasificar cantidades en mes y año. Esta herramienta nos permitió obtener la cantidad de 50 mil toneladas de jengibre producidas al año, la cual mediante un análisis de mercado se convirtió en 270 kg/h (capacidad final de la máquina).
- El planteamiento de la lista de exigencias y estructuras de funciones nos permitieron identificar desde un nivel básico hasta complejo los requerimientos que debía tener la máquina, ahora, estos datos se obtuvieron mediante encuestas a especialistas en diseño, cabe recalcar que esta es una herramienta para obtener información, se puede emplear otras herramientas como cuestionarios o entrevistas. Depende del autor y la facilidad que posee para la recopilación de datos.
- Mediante las encuestas aplicadas a especialistas de diseño mecánico se pudieron definir las exigencias de la máquina y una estructura de funciones que detallaron los requerimientos del proceso de corte en rodajas del jengibre. Además, la matriz morfológica permitió expresar de manera gráfica y técnica posibles conceptos de solución que al final se resumió en la selección de la opción óptima. La máquina quedó constituida por un motor eléctricos, fajas y poleas, disco de corte y canal de salida.
- La velocidad hallada de 430 RPM y el torque total de 9.024 Nm demostró que en este tipo de máquinas lo que predomina es el avance rápido de operación, esto debido a la alta capacidad de producción, además, de que el jengibre es un alimento que requiere una fuerza de corte bajo de 2 kgf. Entonces, se puede concluir que los parámetros de trabajo dependen mucho del alimento a trabajar y de lo que se requiere obtener, alimentos como el camote o plátano requieren de una mayor fuerza de corte, lo cual genera un mayor

torque y, por ende, mayor potencia. La potencia hallada de la máquina rodajadora móvil de jengibre fue de 0.5 HP. También cabe mencionar que el calculo total de los elementos arrojaron una selección de garruchas con capacidad de 40 kg.

- El software CAE permitió comprobar el diseño favorable de los elementos críticos de la máquina como el eje principal. Se pudo confirmar su buen diseño mediante un FS de 5. Adicional, arrojó datos de deformación máximos de 0.1 mm en la parte más expuestas a cargas de este mismo elemento.
- El análisis del VAN y TIR da como factible económico a la máquina, porque a menos del año estamos recuperando el gasto en la inversión de la fabricación de la maquina rodajadora de jengibre.

4.2. Recomendaciones

- Para la obtención de la capacidad de cualquier máquina es necesario tener fuente confiable de producción. Esto permitirá dimensionar la velocidad de operación. Para productos de exportación como el jengibre se recomienda el uso de portales web de confianza nacionales o internacionales. Para esta investigación se empleó el portal Trade Map, el cual fue una fuente gratis y confiable de información. Otra página similar es Siicex,
- Para una investigación de este tipo, es necesario que la recopilación de datos e información sea la más verídica posible, por eso, se sugiere emplea herramientas (aunque sea virtuales) que posibiliten obtener data con valores reales y sugerencias técnicas. Una herramienta valiosa son los cuestionarios. Estos nos permiten tener conceptos claros que funcionan como un punto de partida.
- Es necesario que el ponderado asignado a los conceptos de solución presentados presenten una evaluación técnica y económica adecuada, ya que esto nos permitirá elegir el concepto de diseño más fiable. La norma VDI2221 es fundamental para el diseño mecánico. Su uso prácticamente en este tipo de investigaciones es obligatorio debido a

que muy aparte de ser una fuente confiable, permite descartar opciones que al principio se ven accesibles, pero resultan ser muy complejos.

- La fuerza de corte que se emplea para los cálculos de la máquina rodadora de jengibre es de 2 kgf. Esta fuerza fue obtenida de manera referencial ya que este dato pertenece a la fuerza de corte que se le aplica a la papa. Por temas de recursos y actualidad sanitaria, en esta investigación no se pudieron realizar ensayos para tener un dato real para el producto trabajado. Se recomienda realizar las pruebas y ensayos respectivos para obtener un dato de acuerdo con el jengibre, un dato más exacto permitirá dimensionar de manera correcta la fuente de potencia. También se sugiere seleccionar garruchas con un factor de servicio, es decir, que tengan capacidad de soporte mayor al peso total de la máquina, para nuestro caso la garrucha seleccionada fue de 40 kg, 15% más del peso total. La cantidad de garruchas fueron 4.
- Siempre es necesario emplear un software de ingeniería mecánica que permita corroborar el diseño de cualquier máquina o sistema. Además, con esta herramienta se puede dimensionar cada parte de algo de manera precisa, sin sobredimensionamientos. Los datos como Factor de Seguridad y Deformación que arroja un software CAE dan un alcance más real de diseño.
- Es necesario implementar el análisis económico, relacionado a estos diseño de maquinas para evaluar si a largo o corto plazo es factible, fabricar estas máquinas y no perder dinero en algo no productivo.

Referencias

- [1] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, «El jengibre o kion peruano, una estrella que vuelve,» *El Perú Primero*, p. 39, 2020.
- [2] L. H. López Loza y I. K. Carranza Guachambo, «Factibilidad para la producción y comercialización de una bebida a base de jengibre con destino de exportación a Chile,» Guayaquil, Ecuador, 2019.
- [3] X. A. Arteaga Sahuanay y E. L. Llanque Castillo, «Producción y Exportación de Jengibre la Región de Junín hacia el Mercado de EE.UU, 2016-2020,» Lima, Perú, 2021.
- [4] M. J. Alvarez Leiva, «Determinación de la competitividad y los factores que afectan las exportaciones de jengibre peruano (2012-2019),» Lima, Perú , 2020.
- [5] M. Rodriguez, «Jengibre Zingiber Officinale,» *Prom Perú*, p. 15, 2020.
- [6] A. K. Laborde Nuñez, «Caracterización agro-socioeconómica del cultivo de jengibre (Zingiber officinale) y su contribución al empleo en el Recinto Cuatro Mangas del cantón Buena Fe,» Los Ríos, Ecuador, 2019.
- [7] X. A. Arteaga Sahuanay y E. L. Llanque Castillo, «Producción y exportación de jengibre a la región de Junín hacia el mercado de EE.UU, 2016 - 2020,» Lima, Perú, 2021.
- [8] Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, «Reporte Regeional de Comercion Junín,» Junín, 2018.
- [9] ADEX , «Éxito en las exportaciones peruanas de jengibre al 1er cuatrimestre 2020,» Lima, Perú, 2020.
- [10] M. A. Alarcón Ramos y L. A. Díaz Jara, «Plan de negocio para el acopio e industrialización de jugo concentrado de jengibre orgánico en la región Junín al mercado de Alemania,» Lima, Perú, 2020.
- [11] B. A. Refulio Polo, «Procesamiento de jengibre fresco orgánico para exportación,» Lima, Perú , 2018.
- [12] S. F. Casa Toaquiza y H. D. Clavijo Clavijo, «Diseño y construcción de una máquina rebanadora de papas chips,» Latacunga, Ecuador, 2018.
- [13] I. Simón Rodríguez, «Diseño de prototipo de cortadora de plátano verde en hojuelas para industria del chifle en Piura,» Piura, Perú, 2018.
- [14] R. Mott, *Diseño de Elementos de Máquinas*, Pearson Educación: México, 2006.
- [15] Autodesk, «Autodesk,» 2021. [En línea]. Available: www.autodesk.mx.
- [16] M. RUIZ, «MONEDA MERCADO ELÉCTRICO,» Diciembre 2023. [En línea]. Available: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Moneda/moneda-196/moneda-196-12.pdf>.
- [17] A. Pérez, «OBS Business School,» 24 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://www.obsbusiness.school/blog/van-y-tir-dos-herramientas-para-la-viabilidad-y->

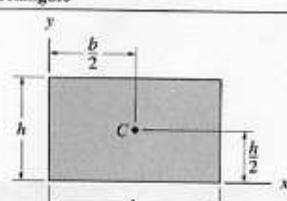
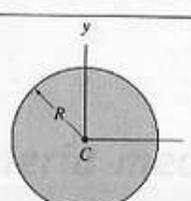
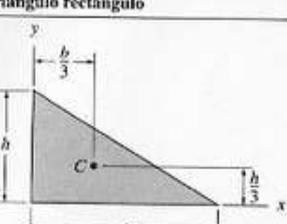
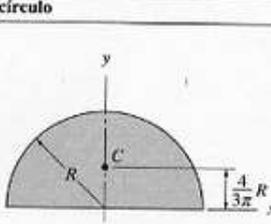
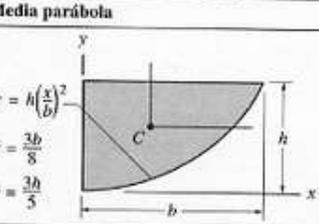
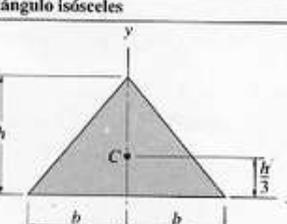
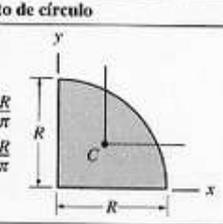
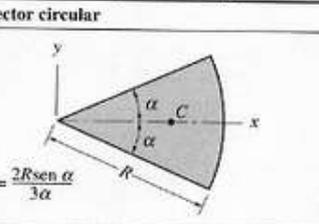
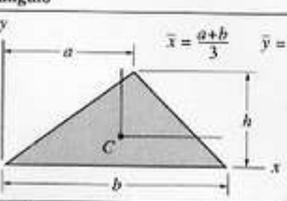
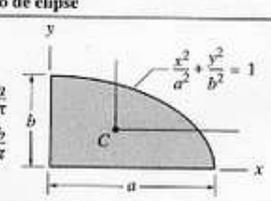
rentabilidad-de-una-
inversion#:~:text=Son%20dos%20f%C3%B3rmulas%20financieras%20empleadas,la%20
sa%20Interna%20de%20Retorno..

- [18] J. C. Fiestas Querebalú y M. F. Vargas Herrera, «DISEÑO DE UNA MÁQUINA PROCESADORA DE PELLETS EN BASE A MERMA DE ARROZ CON CAPACIDAD DE 200 KG/H PARA LA EMPRESA ESCALY S.R.L. – LAMBAYEQUE,» Pimenel, Chiclayo, 2019.
- [19] I. V. Molina Falcón y J. S. Cadena Paspuezán, «Diseño y construcción de una picadora c papas, zanahorias y plátano para la alimentación de ganado vacuno de capacidad de 20 quintales por hora,» Quito, Ecuador, 2018.
- [20] E. R. Gallardo Vizúete, «Memoria técnica del diseño de una máquina de pelado y cortado automático de papas,» Quito, Ecuador, 2019.
- [21] M. J. Tomi Laureano y M. R. Calvo Chujutalli , «Diseño y construcción de un prototipo de pelador de papas de múltiples rodillos,» Huánuco, Perú, 2018.
- [22] R. Becerra Solano y G. Siadén Sialer , «Diseño y fabricación de prototipo de una máquina despulpadora de Cacao,» Lambayeque, Perú , 2018.
- [23] J. G. Custodio Rojas, «Diseño de máquina rolladora de camote de 80 kg/h para optimiza proceso en la fabrica de dulces Lambayeque S.R.L. - Lambayeque 2018,» Chiclayo, Perú 2018.
- [24] L. C. Olazabal Garcia, «Evaluación de un proceso constructivo implementando paneles c poliuretano para viviendas temporales en el distrito de Chicla - Lima,» Lima, Perú, 2019.
- [25] U. ESAN, «Conexión esan,» Universidad ESAN 2019, [En línea]. Available: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/08/van-y-tir-para-que-sirven-y-cuando-usarlos/>. [Último acceso: 19 Noviembre 2019].

Anexos

Anexo 1

Momento de inercia de algunas figuras geométricas

<i>Área momento de inercia</i>		
Rectángulo 	Círculo 	Media parabólica complementaria 
$\bar{I}_x = \frac{bh^3}{12} \quad \bar{I}_y = \frac{b^3h}{12} \quad \bar{I}_{xy} = 0$ $I_x = \frac{bh^3}{3} \quad I_y = \frac{b^3h}{3} \quad I_{xy} = \frac{b^2h^2}{4}$	$I_x = I_y = \frac{\pi R^4}{4} \quad I_{xy} = 0$	$\bar{I}_x = \frac{37bh^3}{2100} \quad I_x = \frac{bh^3}{21}$ $\bar{I}_y = \frac{b^3h}{80} \quad I_y = \frac{b^3h}{5}$ $\bar{I}_{xy} = \frac{b^2h^2}{120} \quad I_{xy} = \frac{b^2h^2}{12}$
Triángulo rectángulo 	Semicírculo 	Media parábola 
$\bar{I}_x = \frac{bh^3}{36} \quad \bar{I}_y = \frac{b^3h}{36} \quad \bar{I}_{xy} = -\frac{b^2h^2}{72}$ $I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_y = \frac{b^3h}{12} \quad I_{xy} = \frac{b^2h^2}{24}$	$\bar{I}_x = 0.1098R^4 \quad \bar{I}_{xy} = 0$ $I_x = I_y = \frac{\pi R^4}{8} \quad I_{xy} = 0$	$\bar{I}_x = \frac{8bh^3}{175} \quad I_x = \frac{2bh^3}{7}$ $\bar{I}_y = \frac{19b^3h}{480} \quad I_y = \frac{2b^3h}{15}$ $\bar{I}_{xy} = \frac{b^2h^2}{60} \quad I_{xy} = \frac{b^2h^2}{6}$
Triángulo isósceles 	Cuarto de círculo 	Sector circular 
$\bar{I}_x = \frac{bh^3}{36} \quad \bar{I}_y = \frac{b^3h}{48} \quad \bar{I}_{xy} = 0$ $I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_{xy} = 0$	$\bar{I}_x = \bar{I}_y = 0.05488R^4 \quad I_x = I_y = \frac{\pi R^4}{16}$ $\bar{I}_{xy} = -0.01647R^4 \quad I_{xy} = \frac{R^4}{8}$	$I_x = \frac{R^4}{8}(2\alpha - \text{sen } 2\alpha)$ $I_y = \frac{R^4}{8}(2\alpha + \text{sen } 2\alpha)$ $I_{xy} = 0$
Triángulo 	Cuarto de elipse 	
$\bar{I}_x = \frac{bh^3}{36} \quad I_x = \frac{bh^3}{12}$ $\bar{I}_y = \frac{bh}{36}(a^2 - ab + b^2) \quad I_y = \frac{bh}{12}(a^2 + ab + b^2)$ $\bar{I}_{xy} = \frac{bh^2}{72}(2a - b) \quad I_{xy} = \frac{bh^2}{24}(2a + b)$	$\bar{I}_x = 0.05488ab^3 \quad I_x = \frac{\pi ab^3}{16}$ $\bar{I}_y = 0.05488a^3b \quad I_y = \frac{\pi a^3b}{16}$ $\bar{I}_{xy} = -0.01647a^2b^2 \quad I_{xy} = \frac{a^2b^2}{8}$	

Anexo 2

Formato de encuesta



UNIVERSIDAD PRIVADA SEÑOR DE SIPÁN
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

ENCUESTA N°

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RODAJADORA MÓVIL DE JENGIBRE

OBJETIVO:

Obtener recomendaciones para el diseño de la rodajadora móvil de jengibre.

INSTRUCCIONES:

Marca con una (x) la opción que mejor se adapte a tu preferencia, si es el caso especifique.

1. DATOS GENERALES

1.1. Nombre:

1.2. Especialidad:

1.3. Edad: ___ años.

1.4. Sexo: a. () Masculino b. () Femenino

2. RECOMENDACIONES DE DISEÑO

2.1. ¿Cuál es la opción más fiable para el ingreso de un producto a una máquina?

- a. () Tolva por gravedad
- b. () Alimentación por tornillo sinfín
- c. () Otro

Detalle:

2.2. ¿Recomienda algún sistema de potencia diferente a la potencia mecánica?

- a. () SÍ
- b. () NO

Especifique:

2.3. En su experiencia, ¿Está bien que una máquina del tipo corte o pelado de algún producto agrícola tenga un peso aproximado de 100 kg?

- a. () Si
- b. () NO

Otra respuesta:

- 2.4. En su experiencia, ¿Qué sistema es el óptimo para la función de corte en rodajas de un producto agrícola parecido al jengibre?
- a. () Tambor rotativo con navajas adosadas
 - b. () Disco de corte (con rotación sobre su eje)
 - c. () Otro

Especifique:

- 2.5. En su experiencia, ¿Un sistema móvil mediante garruchas es una buena forma de combatir las vibraciones generación por una máquina que tiene como función generar cortes?

- a. () Si
- b. () NO

Otra respuesta:

MUCHAS GRACIAS
Fecha: ___/___/___
Encuestador: _____

Anexo 2 - continuación

Formato de encuesta – Respuestas

Marca temporal	Dirección de correo electrónico	Nombre y apellido	Especialidad	Edad
6/14/2022 21:31:51	jjimenez@cip.org.pe	Jesús Eduardo Jiménez Fernández	Ingeniero Mecánico Electricista	40
6/14/2022 21:57:55	angeloc2@hotmail.com	Angelo Castañeda	ING industrial	56
6/15/2022 6:30:44	frg71@hotmail.com	Franklin Ramiro Rojas Guerra	Mecanico Electricista	51
6/15/2022 10:39:16	gleiser251998@gmail.com	GLEISER MEJIA	INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA	24
6/15/2022 17:29:11	cfernandezshi@gmail.com	Cristhian Fernandez	Ing. Mecánica Eléctrica	23
6/15/2022 17:33:04	eduardosolano_1495@hotmail.com	Eduardo Solano Timaná	ING.mecanica eléctrica	27
6/15/2022 17:47:44	lhuamanjoseluis@crece.uss.edu.pe	Jose Luis Lucero Huaman	Ing Mecanica Electrica	27
6/16/2022 22:17:41	tkdjoibac@gmail.com	Edgar Joseph Idrogo Baca	Ing. Mecánica Eléctrica	25
6/16/2022 22:23:19	williandr14@gmail.com	Willian Dany Romero Ruiz	Ingeniero mecánico electricista	29

6/16/2022 22:36:48	orlas_02@hotmail.com	orlando taica cespedes	Mecanica electronica	28
6/16/2022 22:44:40	ccabanillascesa@crece.uss.edu.pe	Cesar Aroon Cerna Cabanillas	Ingeniería mecánica eléctrica	26
6/16/2022 23:29:52	hoyosterrier@gmail.com	Julio Hoyos Angeles	Ingeniero mecánico electricista	36
6/17/2022 0:07:55	edua@crece.uss.edu.pe	Charles Erickson Pérez Olivera	Bachiller en Ingeniería Mecánica y Eléctrica	33 años
6/17/2022 0:16:59	pgamarrajose2105@outlook.com	José Pizarro	Ingeniería mecánica eléctrica	24
6/18/2022 17:48:07	apolomarioyhami@crece.uss.edu.pe	Mario Yhamir Angeles Polo	Ingeniería mecánica eléctrica	24

¿Cuál es la opción más fiable para el ingreso de un producto a una máquina?	Si en la pregunta anterior marco la opción "otro". Especificar.	¿Recomienda algún sistema de potencia diferente a la potencia mecánica?	Especificar la respuesta de la pregunta anterior.	En su experiencia, ¿Está bien que una máquina del tipo corte o pelado de algún producto agrícola tenga un peso aproximado de 100 kg?	Especificar la respuesta de la pregunta anterior.	En su experiencia, ¿Qué sistema es el óptimo para la función de corte en rodajas de un producto agrícola parecido al jengibre?	Si en la pregunta anterior marco la opción "otro". Especificar.	En su experiencia, ¿Un sistema móvil mediante garruchas es una buena forma de combatir las vibraciones generación por una máquina que tiene como función generar cortes	Especificar la respuesta de la pregunta anterior.
Tolva por gravedad	NO	No	La potencia mecánica es necesaria.	Sí	Por seguridad en la estabilidad mecánica de la máquina	Disco de corte	Disco de corte y mecanismo de avance automatizado.	Sí	
Tolva por gravedad	No	No	Mayor eficiencia	Sí	Porque necesita estabilidad	Disco de corte	No	No	
Tolva por gravedad	Ok	Sí	Eléctrica	Sí	Vibración	Disco de corte	Eficiencia	Sí	

Tolva por gravedad	.	No	.	No	Sería de acuerdo a la producción total para lo cual se va a emplear la máquina. En caso contrario, si la producción es mínima el peso debe ser menor.	Disco de corte	.	Sí
Alimentación por tornillo sinfín	-	No	-	No	-	Disco de corte	-	Sí
Tolva por gravedad	..	No	Es la más confiable hasta el momento	No	Desconozco el peso standar que debe tener una máquina de pelado	Disco de corte	..	No
Alimentación por tornillo sinfín	Alimentación por tornillo sinfín	No	la potencia mecánica es más recomendable	Sí	al tener un peso máximo de 100Kg se puede intalar un sistema de ruedas y hacerlo movil	Disco de corte	Disco de corte	No

Alimentación por tornillo sinfín	.	Sí	Hidráulica	Sí	Para su facil transporte	Disco de corte	.	No
Alimentación por tornillo sinfín	Alimentación por tornillo sin fin.	Sí	Engranajes	No	Es lo ideal.	Tambor rotativo con navajas adosadas	Tambor rotativo con navajas adosadas.	No
Tolva por gravedad	no	No	Lo ideal es la mecanica por el sistema que va ser corte.	No	atascamiento problemas comunes	Tambor rotativo con navajas adosadas	no	No
Tolva por gravedad	.	Sí	Potencia eléctrica	Sí	Creo que una máquina que cumple con estas funciones de pelado o corte está diseñada según la carga la cual ingresa	Disco de corte	.	Sí

					al proceso en este tipo de diseños consideramos cargas menos a ese peso por ende creo que sí está bien considerar un peso aprox a los 100 kg			
Tolva por gravedad	Ninguna	No	Económica y sencilla de mantenimiento.	Sí	Para mejor transporte	Disco de corte	Ninguna	Sí
Tolva por gravedad	Tolva por gravedad, ya que al ingresar un producto a la máquina para empezar su transformación es lo más económico de hacer ya que al ingreso en esa etapa no tiene que tener un orden en específico del producto para ser alimentado.	No	Ya que es la más usada en diferentes tipos de máquinas.	Sí	Si creo que una máquina de ese tipo deba tener un peso aproximado de 100 kg, ya que el peso de este tipo de máquinas en el mercado está alrededor de ese peso.	Tambor rotativo con navajas adosadas	Tambor rotativo con navajas adosadas, ya que se aprovecha el área del tambor para poder colocar varias navajas y este al girar realiza más cortes por minuto en comparación con otro tipo de sistema.	Sí

Alimentación por tornillo sinfín	Tornillo sinfín	No	La potencia mecánica en este caso es la indicada para poder cortar en rodajas los jengibres sin dañarlos mediante el proceso.	Sí	Si	Disco de corte	Disco de corte	No
Tolva por gravedad	No marco alimentación por tornillo ya que es otra carga para el sistema de potencia.	Sí	Un sistema eléctrico de potencia es más ecoamigable	Sí	Al ser de 100 kg es más fácil el control de producción de la máquina.	Tambor rotativo con navajas adosadas	Tambor rotativo con navajas es más eficiente.	Sí

Anexo 3

Código de Ética de la Universidad Señor de Sipán



www.uss.edu.pe

**CÓDIGO DE ÉTICA
PARA LA
INVESTIGACIÓN DE LA
UNIVERSIDAD SEÑOR
DE SIPÁN S.A.C.**



VERSIÓN 7

APROBADO MEDIANTE RESOLUCIÓN DE DIRECTORIO
N.º 199 -2019/PD-USS

Versión: 7	F. Implementación: 06/11/2019	Página 1 de 17
Elaborado por: Vicerrectorado de Investigación	Revisado por: Consejo Universitario	Aprobado con Resolución de Directorio N° 199-2019/PD-USS

Anexo 4

Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú

CÓDIGO DE ÉTICA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

CAPÍTULO I DE LA BASE LEGAL

Artículo 1.º La Ley N.º 24648, Ley de Creación del Colegio de Ingenieros del Perú, promulgada el 20 de enero de 1987.

El Artículo 6.º de la Ley 24648 señala que un Estatuto aprobado por Decreto Supremo determinará de conformidad con la presente ley todo lo concerniente a la conformación, atribución y funciones de los diversos órganos del Colegio, el empleo y la distribución de sus rentas, las normas de colegiación y el ejercicio de la profesión de los ingenieros nacionales y extranjeros, las normas sobre Defensa y Ética Profesional y todos los otros aspectos que sean convenientes para su mejor funcionamiento.

Artículo 2.º El Estatuto del Colegio de Ingenieros del Perú, que establece el funcionamiento de los organismos deontológicos, así como las Faltas y los Procedimientos Disciplinarios.

Artículo 3.º La Ley N.º 16053, que autoriza al Colegio de Ingenieros del Perú supervisar a los profesionales de Ingeniería de la República.

Artículo 4.º La Ley N.º 28858, Ley que complementa la Ley N.º 16053, Ley que autoriza al Colegio de Ingenieros del Perú para supervisar a los profesionales de Ingeniería de la República y velar por que estas actividades se desarrollen dentro de las normas de ética profesional; además establece que todo profesional que ejerza labores propias de Ingeniería y de docencia de la Ingeniería, de acuerdo a Ley, requiere poseer grado académico y título profesional otorgado por una universidad nacional o extranjera debidamente revalidado en el país, estar colegiado y encontrarse habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú.

Artículo 5.º El Reglamento de la Ley N.º 28858, aprobado por el Decreto Supremo N.º 016-2008-VIVIENDA, que establece los criterios para la adecuada aplicación y cumplimiento de la Ley N.º 28858.

Artículo 6.º Texto Único Ordenado de la Ley del Procedimiento Administrativo General, Ley N.º 27444, aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 06-2017-JUS, el cual rige supletoriamente en los procedimientos disciplinarios.

Anexo 5

Propiedades mecánicas del acero AISI

Tipo AISI			304 / 304 L	316 / 316 L	310
Límite elástico 0,2%, mínimo	Rp (N/mm ²)	A 300°C	125 / 115	140 / 138	165
		A 400°C	97 / 98	125 / 115	156
		A 500°C	93 / 88	105 / 95	147
Límite de fluencia (N/mm ²)		A 550°C	68 / 59	82 / 71	
		A 600°C	42 / 36	62 / 53	58,5
		A 700°C	14,5 / 10,5	20 / 15,5	19,5
		A 800°C	4,9 / 3,9	6,5 / 5	5

Anexo 6

Factor de corrección de servicio, K

CLASE DE TRABAJO	EJEMPLOS DE MÁQUINAS ACCIONADAS	TIPOS DE MÁQUINAS MOTRICES					
		Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Normal			Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Elevado		
		Horas de Servicio Diarias			Horas de Servicio Diarias		
		Menos de 10	De 10 a 16	Más de 16	Menos de 10	De 10 a 16	Más de 16
Ligero	Agitadores para líquidos. Aspiradores. Bombas y compresores centrífugos. Transportadores de cinta para carga ligera. Ventiladores y bombas hasta 7,5 Kw.	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Mediano	Amasadoras. Cizallas y prensas. Cribas rotativas y vibrantes. Generadores y excitatrices. Máquinas herramientas. Maquinaria para artes gráficas. Maquinaria para lavanderías. Transportadores de cinta para carga pesada. Ventiladores y bombas a partir de 7,5 Kw.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Pesado	Ascensores. Bombas de desplazamiento positivo. Centrifugadores. Compresores de pistón. Maquinaria para labrar madera. Maquinaria para cerámicas. Maquinaria para papeleras. Maquinaria Textil. Molinos de martillos. Sierras alternativas. Elevadores de cangilones. Transportadores de Tomillo.	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Extra Pesado	Grúas Montacargas. Machacadoras y molinos (mandíbulas, conos, bolas, barras, etc). Maquinaria para caucho y plásticos.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

Anexo 9

Diámetros de polea válidos según sección de correa (norma BS 37900)

Tabla 8. Diámetros mínimos de poleas

Diámetro polea (mm)	Z	A	B	C	D	E
60	V					
63	R					
67	V					
71	R	V				
75	V	V				
80	R	V				
90	V	R				
95		V				
100	R	R				
106		V				
112	V	R	V			
118		V	V			
125	R	R	V			
132		V	V			
140	V	R	R			
150	V	V	V			
160	R	R	R			
170			V			
180	V	R	R	V		
200	R	R	R	R		
212				V		
224	V	V	V	R		
238				V		
250	V	R	R	R		
265				V		
280		V	V	R		
300		V	V	V		
315		R	R	R		
355		V	V	V	R	
375			V	V	V	
400		R	R	R	R	
425					V	
450		V	V	V	R	
475					V	
500		R	R	R	R	R
530						V
560		V	V	V	V	R
600			V	V	V	V
630		R	R	R	R	R
670						V
710		V	V	V	V	R
750			V	V	V	
800			R	R	R	R
900			V	V	V	V
1000			R	R	R	R
1060					V	
1120				V	V	V
1250				R	R	R
1400				V	V	V
1500					V	V
1600				R	R	R
1800					V	V
1900						V
2000					R	R
2240						V
2500						R

Anexo 10

Distancia entre centros de poleas

Desplazamiento mínimo (s) para el montaje de la correa (mm)							
Distancia entre centros E (mm)	Z	A	B	C	D	E	Desplazamiento mínimo (t) del tensor (mm)
500 - 1000	15	19	25	-	-	-	25
1001-1500	15	19	25	38	-	-	38
1501-2500	19	19	32	38	-	-	51
2501-3000	-	25	32	38	-	-	63
3001-4000	-	25	38	38	51	-	75
4001-5000	-	-	-	51	51	63	90
5001-6000	-	-	-	51	51	63	101
6001-7000	-	-	-	51	63	63	113
7001-8500	-	-	-	51	63	76	127
8501-10500	-	-	-	51	63	76	152
> 10501	-	-	-	-	76	90	1,5-1%

Anexo 11

Resistencias mecánicas para distintos aceros

Nomenclatura		F _y (3)		F _u (4)	
NMX (1)	ASTM (2)	MPa	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²
B-254	A36	250	2 530	400 a 550	4 080 a 5 620
B-99	A529	290	2 950	414 a 585	4 220 a 5 975
B-282	A242	290	2 950	435	4 430
		320	3 235	460	4 710
		345	3 515	485	4 920
B-284	A572	290	2 950	414	4 220
		345	3 515	450	4 570
		414	4 220	515	5 270
		450	4 570	550	5 620
	A992	345	3 515	450 a 620	4 570 a 6 330
B-177	A53	240	2 460	414	4 220
B-199	A500 (5)	320	3 235	430	4 360
B-200	A501	250	2 530	400	4 080
	A588	345 (6)	3 515 (6)	483 (6)	4 920 (6)
	A913	345 a 483 (7)	3 515 a 4 920 (7)	448 a 620 (7)	4 570 a 6 330 (7)

Anexo 12

Garrucha de 40 kg

SERIE 17 PG



Garruchas ensambladas con un soporte giratorio, de acero estampado y galvanizado, con doble pista de esferas y con rueda en poliuretano gris. Con y sin freno.
Ø: 2"

40 Kg.

Anexo 13

Antecedentes de estudio

Internacional

[12] Diseñaron y construyeron una máquina rebanadora de papas chips para los pequeños microempresarios de la provincia Cotopaxi en Ecuador. Analizando la comercialización de papas identificaron la problemática que abarca el elevado costo de máquinas para la producción de papas chips, de esta forma, y realizando un estudio básico de las papas, se dimensionó la máquina rebanadora obteniendo un motor monofásico de 0.5 HP y 1800 RPM, una cámara de alimentación de 12.5cm de altura, 3 ejes de 3/4", 1" y 3" de acero inoxidable AISI 304 y un sistema de cuchillas con una fuerza de corte de 2 kg-f. La máquina rebanadora fue capaz de lograr una capacidad de producción de 150 kg/h trabajando con espesores de rebanado entre 2 a 3 mm y su construcción abarcó una inversión total de 925.59 dólares.

[19] Diseñaron y construyeron una picadora de papas, zanahorias y plátano para la alimentación de ganado vacuno de capacidad de 10 quintales por hora. Para el desarrollo del proyecto realizaron un estudio de los productos a picar e investigaron sobre los equipos existentes en el mercado que cumpla la función requerida. Para la selección de los elementos y partes que constituyeron la máquina se planteó requerimientos técnicos y demandas de usuario, y en base a esto se calculó y dimensionó la picadora. Las ecuaciones utilizadas arrojaron una longitud para las cuchillas de corte de 74mm y un espesor de 1.5mm en un material de acero inoxidable AISI 304, una potencia total para el sistema de 4.2 HP con una velocidad de 200 RPM, un sistema de transmisión formado por poleas y dos bandas, y un eje principal de 19mm de diámetro. La inversión total de la picadora fue de 3536.97 dólares y las pruebas ejecutadas por la máquina concluyeron que está fue apta para trabajar con los distintos productos, además de ser silenciosa y cumplir con los requerimientos de capacidad.

[20] Realizó la memoria técnica del diseño de una máquina de pelado y corte automático de papas en Quito, Ecuador. Primero, se dedicó a recopilar información sobre procesos automáticos de pelado y cortado de papas, paso siguiente, dimensionó la máquina peladora y cortadora trabajando con diámetros máximos del producto (0.12m y 0.08m) y la densidad de este (1007.2 kg/m^3). A través de diferencias normativas para cada parte diseñada y ecuaciones de fuerzas, esfuerzos, factores de seguridad, etc., pudo constituir cada sistema de la máquina, la cual quedó definida por 2 motores para 2 tolvas y un sistema transportador mediante bandas. Los cálculos arrojaron una potencia de 1 HP para el primer motor y 1/4 HP para el segundo, ambos trabajando a una velocidad de 750 rpm. Ejes de 1 1/8" y 1" y una transportadora funcionando a 25 rpm. El diseño de esta máquina permitió tener una capacidad de producción de 75 kg/h dejando muy atrás la producción anterior (300 kg/día) de la empresa El Espiga.

Nacional

[21] Diseñaron y construyeron un prototipo de pelador de papas de múltiples rodillos para la empresa El Viajero ubicada en Huánuco. La empresa mencionada tenía un problema asociado a la producción de papa pelada para la cual utilizaba 4 personas durante 4 horas para obtener 120 kg de papa pelada por día, entonces, con la intención de optimizar la mano de obra se procedió a diseñar un prototipo de pelador de papas. Mediante ecuaciones de diseño mecánico y un procedimiento de fabricación de piezas y partes se obtuvieron un eje sinfín de 1 1/2", discos del eje sinfín de 23cm de diámetro y un motor reductor de 1 HP. Las pruebas arrojaron una capacidad promedio del pelador de 7.87 kg de producto terminado en 6 minutos con 56 segundos, es decir, 1.2 kg/min. La inversión total del proyecto fue de 2546.50 soles y la máquina fue capaz de cumplir con la capacidad diaria en un lapso de 100 minutos de operación.

[13] Diseñó un prototipo de cortadora de plátano verde en hojuelas para la industria del chifle en Piura. Mediante el uso de ecuaciones de diseño de elementos de máquinas y el software para diseño 3D, SolidWorks, se estableció las partes de la máquina en donde destacó principalmente un sistema de corte, un sistema de transmisión y un sistema de desplazamiento de cuchillas. Los cálculos brindaron una fuerza de corte de 24.87 y un torque de 3.9 Nm a una velocidad de 875 RPM. El sistema de transmisión quedó definida por fajas y poleas y un eje principal de 30mm de diámetro de acero inoxidable AISI 304. La potencia del sistema hallada fue de 0.5 kW. El modelado 3D en SolidWorks permitió obtener planos a detalle de cada parte de la máquina y ensamblajes que permitió tener una vista general del prototipo de cortadora. La máquina logró tener una capacidad de producción de 720 kg/día trabajando 8 horas al día y su inversión requirió de un total de 5374.30 soles.

Local

[22] Diseñaron y fabricaron un prototipo de máquina despulpadora de Cacao basándose en la problemática sobre la falta de industrialización y carácter tecnológico del producto en la etapa de post cosecha. Se buscó la solución técnica mediante el uso del Método de Diseño VDI 221, ecuaciones de ingeniería mecánica aplicadas al diseño de máquinas y modelado 3D en SolidWorks. Los resultados arrojaron una capacidad de despulpa de 230 kg/h, un prototipo formado por una tolva, un transportador por gravedad, unos machetes, una zaranda y un recipiente recolector. La potencia hallada fue de 5.5 HP con una velocidad de trabajo de 360 RPM, mientras que el eje principal de la máquina fue de 1". La fabricación del prototipo de despulpadora de Cacao permitió definir los sistemas principales, los cuales fueron el armazón, almacenamiento y transporte, quiebra y separación, y sistema de accionamiento y transmisión, además, definió una inversión total de 10000 soles. La máquina logró satisfacer

los requerimientos de capacidad y expuso un costo accesible para el agricultor promedio. El uso del software SolidWorks brindó una optimización del diseño final.

[23] Diseñó una máquina ralladora de camote de 80 kg/h para optimizar el proceso en la fábrica de dulces Lambayeque S.R.L. en el departamento de Lambayeque, Perú. Con la intención de solucionar la problemática que abarca el trabajo diario de 8 horas para obtener el requerimiento de camote rallado para productos como el King Kong, se proyectó una configuración técnica de máquina basada en la unión de una tolva superior, una tolva inferior, un tambor rallador, un motor, un eje principal, rodamientos y componentes eléctricos. Los cálculos de diseño mecánico empleados hallaron un diámetro mínimo para el eje de 20mm, un peso de 96.6 de kg de camote rallado en 1 hora, un tambor de 30cm de largo y 12cm de diámetro exterior, y una potencia de 3HP a 1750 RPM que fue proporcionado por un motor monofásico. La inversión total del proyecto fue de 2972 soles que pudo ser recuperada a los 6 meses después de la ejecución.

KENNY JARIB QUISPE CHACON

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RODAJADORA MÓVIL DE JENGIBRE PARA LA ASOCIACIÓN DE AGRICULTORES DE SAT...

 Universidad Señor de Sipan

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::26396:408842369

Fecha de entrega

23 nov 2024, 11:07 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

23 nov 2024, 11:08 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS_QUISPE CHACON KENNY_TURNITIN.docx

Tamaño de archivo

1.7 MB

60 Páginas

9,645 Palabras

48,076 Caracteres

24% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 23%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 13%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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



**ACTA DE CONTROL DE REVISIÓN DE
SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN**

Código:	F3.PP2-PR.02
Versión:	02
Fecha:	18/04/2024
Hoja:	1 de 1

Yo, **Silvia Yvone Gastiaturú Morales**, coordinador de investigación del Programa de Estudios de Ingeniería Mecánica Eléctrica, he realizado el control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de Pregrado, según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final de la Tesis titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RODAJADORA MÓVIL DE JENGIBRE PARA LA ASOCIACIÓN DE AGRICULTORES DE SATIPO - JUNIN**, elaborado por el (los) Bachiller(es):

QUISPE CHACON KENNY JARIB

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **24%**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Pimentel, 23 de noviembre de 2024

Dra. Gastiaturú Morales Silvia Yvone

Coordinador de Investigación

DNI N° 16481433