



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

Diseño de máquina azufradora para incrementar el ratio de aplicación
fitosanitaria en cultivo de mango y palto - Lambayeque

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTORES:

Saavedra Ruiz, Auviles (orcid.org/0000-0003-2127-998X)
Santin Herrera, Miguel Angel (orcid.org/0009-0006-1178-288X)

ASESOR:

Dr. Salazar Mendoza, Anibal Jesus (orcid.org/0000-0003-4412-8789)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHICLAYO – PERÚ

2022



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de Máquina Azufradora para incrementar el ratio de aplicación fitosanitaria en cultivo de mango y palto - Lambayeque", cuyos autores son SAAVEDRA RUIZ AUVILES, SANTIN HERRERA MIGUEL ANGEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 10.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 10 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ANIBAL JESUS SALAZAR MENDOZA	Firmado electrónicamente por: AJSALAZARM el 10-
DNI: 16720249 ORCID: 0000-0003-4412-8789	12-2022 13:20:42

Código documento Trilce: TRI - 0481949



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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, SAAVEDRA RUIZ AUVILES, SANTIN HERRERA MIGUEL ANGEL estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Diseño de Máquina Azufradora para incrementar el ratio de aplicación fitosanitaria en cultivo de mango y palto - Lambayeque", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
MIGUEL ANGEL SANTIN HERRERA DNI: 77564892 ORCID: 0009-0006-1178-288X	Firmado electrónicamente por: SHERRERAMAN el 10-12-2022 23:31:18
AUVILES SAAVEDRA RUIZ DNI: 48278501 ORCID: 0000-0003-2127-998X	Firmado electrónicamente por: SRUIZAU el 10-12-2022 23:49:20

Código documento Trilce: TRI - 0481948

Dedicatoria

Esta tesis la dedico a mis padres, a mis hermanos, mi esposa, mis hijos, por enseñarme a luchar ante las adversidades, por enseñarme a ser resiliente y lograr cada objetivo que me proponga en mi vida profesional en servicio de la sociedad.

Dedicatoria

Esta tesis la dedico a mis padres, a mi hermano, a mis abuelos, por transmitir sabiduría, optimismo y perseverancia ante las adversidades de cada momento de mi vida guiándome por el camino correcto.

Agradecimiento

Agradezco profundamente a mis padres por su apoyo incondicional para lograr todas mis metas, a mis hermanos, a mi esposa por su apoyo en mi proceso de formación, a mi hija por motivarme a luchar cada día, a los ingenieros docentes por transmitirme sus conocimientos en mi formación profesional.

Agradecimiento

Mi más agradecimiento a mis padres por ser el eje principal en mi vida, a mis abuelos por sus consejos, a mi hermano que en las buenas y en las malas siempre batallamos, a la facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la UCV, a los ingenieros docentes por sus enseñanzas, a mis amigos y a todas las personas que de una u otra manera apoyaron a cumplir esta meta que es de gran importancia en mi vida.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Declaratoria de autenticidad del asesor	ii
Declaratoria de originalidad de los autores	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	viii
Resumen	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA	9
III. RESULTADOS.....	13
IV. DISCUSIÓN	35
V. CONCLUSIONES	37
VI. RECOMENDACIONES	38
REFERENCIAS	39
ANEXOS.....	43

Índice de tablas

Tabla 1. Condiciones de plagas en muestra tomada.....	13
Tabla 2 Cantidad de plantas y condición de la muestra	14
Tabla 3 Ratio de azufre por plata en plantación	14
Tabla 4 Aplicación de azufre en el fundo.....	14
Tabla 5 Datos recogidos de los parámetros físicos del cultivo para el diseño	15
Tabla 6 Estadísticos de parámetros físicos para diseño.....	16
Tabla 7 Características físicas máximas del árbol.....	16
Tabla 8 Tiempo de recorrido del tractor para 7 metros	17
Tabla 9 Tiempo del peón en azufrado del árbol	18
Tabla 10 Tiempos para recorrer la vereda y azufrar los arboles.....	19
Tabla 11 Volumen a cubrir por para el azufrado al pasar por la vereda	20
Tabla 12 Volumen de la ratio de azufre.....	20
Tabla 13 Parámetros del azufre, aire y mezcla aire – azufre	21
Tabla 14 Volumen que cubrirá la maquina con dos salidas.....	21
Tabla 15 Caudales posibles para selección de ventilador	22
Tabla 16 Flujo masico posibles para la selección del ventilador.....	22
Tabla 17 Sección de la boca de impulsión de ventiladores Sodeka - CASB.....	23
Tabla 18 Velocidades según modelo de ventilador y caudal requerido	24
Tabla 19 Potencia según modelo de ventilador y flujo masico requerido.....	25
Tabla 20 Perdida de presión requerida por el ventilador por modelo y caudal	26
Tabla 21 Ventiladores que cumplen condiciones de caudal y presión.....	26
Tabla 22 Eficiencia mecánica del ventilador.....	28
Tabla 23 Torque requerido en el eje del ventilador	28
Tabla 24 Factores de selección para el multiplicador	29
Tabla 25 Velocidad el aire requerido.....	30
Tabla 26 Área requerida para velocidad de aire calculado	31
Tabla 27 Elementos para comprar	32
Tabla 28 Costo de la tolva con fibra de vidrio.....	32

Tabla 29 Costo del fierro	32
Tabla 30 Costo de fabricación de las estructuras	33
Tabla 31 Costo total de las estructuras	33
Tabla 32 Presupuesto total de la fabricación	34

Índice de figuras

Figura 1 Características físicas requeridas para diseño	15
Figura 2 Movimiento del tractor para recorrer la vereda	17
Figura 3 Movimiento del peón para recorrer la vereda	18
Figura 4 Sección del árbol a azufrar	19
Figura 5 Boca de impulsión de ventiladores Sodeka – CASB	23
Figura 6 Tabla de selección de multiplicador MG	29
Figura 7 Tolva diseñada a base de los requerimientos	31

Resumen

La investigación TUVO COMO OBJETIVO para incrementar la ratio de aplicación fitosanitaria en cultivo de mango y palto se desarrolló en torno a las necesidades de un fundo del distrito de Olmos en Lambayeque en este fundo se desarrolla el cultivo de las plantas a las cuales se dirigió el diseño que fueron palto y mango, la maquina se diseña con la intención que puede proporcionar la ratio de azufre de 0.8 kg/planta mediante la maquina transportada por el tractor de la empresa. La máquina se diseñó con la capacidad de poder arrojar en el camino del tractor azufre a las plantas con una altura de 6 metros y una circunferencia en su mayoría de la misma medida, el caudal requerido para lograr esta tarea es de 16.33 m³/s logrando mover una masa de 20.01 kg/s de mescal aire-azufre. Para esto se seleccionó un ventilador de la empresa SODEKA 1120.100 Sodeka – CASB. De la salida de fuerza del tractor se conectada un multiplicador MG180 con para un torque de 564 y relación de 2.34, y la tolva establecida se fabricará de fibra de vidrio con una entrada de 3.291 m² para lograr una velocidad del aire de 16.33 m/s lo que asegura teóricamente que se arrastre con la fuerza generada el flujo masico de polvo de azufre requerido.

Palabras Clave: Azufradora, ratio, diseño.

Abstract

The OBJECTIVE of the research was to increase the rate of phytosanitary application in mango and avocado cultivation, it was developed around the needs of a farm in the district of Olmos in Lambayeque. design that were avocado and mango, the machine is designed with the intention that the sulfur ratio of 0.8 kg/plant can be provided by the machine transported by the company's tractor. The machine was designed with the capacity to be able to throw sulfur onto the path of the tractor to the plants with a height of 6 meters and a circumference of mostly the same measure, the flow rate required to achieve this task is 16.33 m³/s, achieving move a mass of 20.01 kg/s of air-sulfur mescal. For this, a fan from the company SODEKA 1120.100 Sodeka - CASB was selected. An MG180 multiplier with a torque of 564 and a ratio of 2.34 is connected from the tractor's power output, and the established hopper will be made of fiberglass with an inlet of 3,291 m² to achieve an air speed of 16.33 m/s. which theoretically ensures that the required mass flow of sulfur powder is dragged with the force generated.

Keywords: Sulphur, ratio, design.

I. INTRODUCCIÓN

En una empresa agroindustrial dedicada al cultivo de mango y palto tiene entre sus procesos la necesidad de realizar el cuidado y crecimiento de dichos cultivos, siendo la aplicación fitosanitaria el acto por el cual puede controlar la aparición de plagas que perjudican el normal desarrollo de las frutas, afectando directamente la producción de los cultivos. Actualmente solo se emplea un mecanismo de aplicación fitosanitaria de pulverización, el mismo que resulta ser insuficiente y de alto costo para la cantidad de área sembrada, razón por la cual busca un nuevo proceso que le permita cubrir mayor área en el menor tiempo.

Como lo plantea Norton, R. (2016), que los proyectos agrícolas se fundamentan en las necesidades de las empresas agrícolas del país, basado en la creación de nuevas tecnologías, métodos o procesos, así como diseños de nuevos equipos que permitan una producción más eficiente de los cultivos.

La agroindustria para el cultivo de palto requiere de equipos y maquinarias azufradoras para incrementar el rango de aplicación y reducir los costos para aumentar la calidad del producto.

La maquinaria agrícola se define como uno de los avances tecnológicos de mayor importancia en la historia de la humanidad, permitiendo a los agricultores ahorrar tiempo y al mismo tiempo se mejora las técnicas de los cultivos, aumentando la producción. (Redacción The Food Tech, 2021)

La maquinaria agrícola está compuesta por una amplia gama de componentes que pueden ser polivalentes o programados para una tarea específica; sin embargo, todo funciona hacia el mismo objetivo: reducir el tiempo de trabajo, aumentar la eficiencia y aumentar la producción; como resultado, la maquinaria agrícola es necesario e indispensable para competir con los métodos de producción actuales. (Buritaca, 2020).

La administración de plagas es complicada por la falta de servicios químicos registrables, así como maquinaria adecuada para realizar esta labor, la dificultad de empleo en laderas, el gran tamaño de los árboles en algunas parcelas y la falta de seguridad sobre su inspección. (Hilje, et al., 2015).

A través de esta investigación técnicamente permitirá optimizar la ratio de aplicación fitosanitaria del azufre en polvo incrementando la eficiencia de la fumigación.

Este proyecto es importante ya que al aplicar azufre en polvo se utiliza menos el producto químico a comparación de la aplicación en pulverizadores que este conlleva.

Teniendo en cuenta el cuidado del ambiente, este proyecto permitirá mejorar el uso del producto químico fitosanitario cubriendo más cantidad de área aplicada, y por consecuencia menor uso de pesticidas al medio ambiente.

En función a lo expuesto, surge la formulación del problema de investigación mediante la siguiente pregunta: ¿En cuánto incrementa la ratio de aplicación fitosanitaria en el cultivo de palto y mango mediante el diseño de una máquina azufradora? Asimismo, se plantearon las siguientes preguntas específicas: ¿Cuál es la situación actual del cuidado del palto y mango con respecto al ratio fitosanitaria? ¿Cuáles son los parámetros de diseño de la máquina azufradora? ¿Cómo seleccionar los componentes de la máquina azufradora? ¿Qué software se utilizará para simular los esfuerzos de los componentes? ¿Cómo realizar una evaluación económica?

Para hacer frente a este problema se enuncia el objetivo general: Diseñar una máquina azufradora para incrementar el ratio de aplicación fitosanitaria; que será cumplida con el desarrollo de los objetivos específicos:

1. Elaborar un diagnóstico de la situación actual del cuidado del palto y mango en el fundo, mencionando la ratio fitosanitaria de alcance.
2. Determinación de los indicadores de diseño de la máquina según las exigencias

del cultivo

3. Seleccionar los componentes de la máquina azufradora de acuerdo a los parámetros establecidos
4. Realizar la simulación de esfuerzos de los componentes de la máquina incluyendo la elaboración de los planos y láminas empleando software de diseño mecánico.
5. Elaborar el presupuesto de diseño de la máquina azufradora.

Según Jijingi, & H., Siemon, P. (2017), el principal problema encontrado en la mecanización agrícola es la adopción de estrategias de mecanización. El resultado revela varias insuficiencias que han promovido fracasos e intentos sin sentido de mecanización en la agricultura. Concluye que necesita una combinación adecuada de tecnología de herramientas manuales, tecnología de tracción animal y tecnología de energía mecánica que son lo suficientemente moderadas para contar con el apoyo del diseño, desarrollo y fabricación autóctonos de las herramientas, maquinaria y equipos más necesarios y sus repuestos.

En China la influencia de la mecanización en el desarrollo agrícola, sostiene que esta tecnología en varios países no solo promueve el desarrollo de la agricultura directamente, sino también indirectamente mediante la transferencia de mano de obra agrícola y aumento de entrada de fertilizantes químicos. Sin embargo, sugieren promover la inversión en capital humano agrícola mediante la mecanización agrícola a través de políticas preferenciales para el empleo mediante la capacitación y la introducción de nuevos talentos agrícolas modernos y transformar y actualizar la mecanización agrícola basada en el concepto de producción (Chi, et. al., 2021).

De acuerdo a Chen Y, et. al. (2020), diseñaron el marco de un rociador, analizando cuatro condiciones extremas: *flexión a plena carga*, *torsión a plena carga*, *frenado de emergencia a plena carga* y *giro de emergencia a plena carga* y obtuvieron los valores máximos de tensión y valores máximos de deformación del marco, lo que

brindó evidencia para el análisis dinámico del marco y la optimización de la estructura. Su análisis teórico de la estabilidad, capacidad de dirección del chasis demostró que el chasis diseñado cumplía con las operaciones de manejo de campo de grandes parcelas. Los resultados en campo demostraron que el chasis diseñado se mantuvo estable en una pendiente longitudinal y lateral de 25° y tuvo un buen efecto de amortiguación.

Asimismo, según Quiroga, G. et. al. (2010) esbozaron un transportador de tornillo con características de mezclador de mortero seco utilizando conceptos del código CEMA (desarrollado en los EE. UU.), con el resultado de que el prototipo era un candidato para el transporte, pero para la mezcla, el más adecuado es el sistema de palas que realiza una fusión que obtiene un batidor de paletas con las características de una cinta transportadora. Parece que su diseño es más eficiente que los utilizados para la producción de mortero seco, y se han realizado pruebas que demuestran que funcionan de acuerdo con las consideraciones de diseño establecidas, la validación del diseño se realiza de acuerdo con la regla mencionada y la verificación de la resistencia se realiza por elementos finitos.

Rabat, A. (2006) en su prototipo sobre una turbina operada por aire comprimido se diseñó y fabricó las toberas, altura de los álabes y también diseño y balanceo el rotor de ligero peso utilizando la metodología del equilibrio estático. Se utilizó un sistema retroalimentado a la salida del flujo para evitar el uso de reductor de velocidad. Para hallar su curva característica de torque mínimo requerido para mover la turbina (a 10 psi) indica que a medida va aumentando la velocidad el torque va disminuyendo, a su vez su potencia va aumentando a medida que aumentan las RPM. En sus pruebas realizadas con sistema de retroalimentación menciona que se colocó papel sellado entre el acople de las dos carcasas y se dejó un espacio mínimo de 3 mm entre el rotor y la carcasa para evitar las pérdidas de eficiencia de la máquina. Recomienda que para este tipo de turbinas se realice un balanceo dinámico para evitar más pérdidas de eficiencia.)

Por otro lado en Colombia, Rincón, J, (2017) propuso el diseño de una

mezcladora automática de materiales, en base a los sistemas de mezclado y requerimientos existentes, presentó tres alternativas, y luego realizó un análisis detallado de los componentes que componen la máquina, tales como fuerzas calculadas, dimensiones, ajustes, tolerancias, análisis y presupuestos de posibles materiales que se pueden utilizar para fabricar y desarrollar máquinas utilizando el software de ingeniería Solid Edge. La alternativa más eficaz y rentable es una batidora con estructura móvil y desplazamiento vertical, ya que es una máquina automática.

En una investigación realizada por Hu, K. y Zhang, W. (2021) se desarrolló y analizó una tecnología en el sistema de dirección multimodo con dirección en las cuatro ruedas de una maquinaria agrícola. Se adoptó cilindros hidráulicos bobinados en serie en la dirección de las cuatro ruedas, por lo que los cilindros hidráulicos de la dirección delantera y trasera tienen una mejor precisión de sincronización utilizando un control PID. Concluye que los cilindros hidráulicos delantero y trasero tienen una buena precisión de sincronización en el modo de dirección en las cuatro ruedas, y se puede realizar el cambio rápido del modo de dirección.

En un proyecto local, Aguilar, D. S. (2019) ha realizado un diseño estructural articulado apto para pulverizadores neumáticos, el cual ha sido desarrollado para aumentar los índices de fumigación en plantaciones de aguacate, mediante el análisis de aguilones activados por el cilindro hidráulico que está anclado al bastidor de soporte central, lo que reduce el uso de horas máquina, ahorrando un 43 % coste hora máquina. Asimismo, se ha desarrollado un modelo económico por el cual la utilidad generada por el proyecto se determina utilizando el Valor Actual Neto (VAN) y con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 73% anual. Se recomienda mantener las medidas de seguridad en las operaciones realizadas con la herramienta, ya que estas pueden causar lesiones a las personas por mal manejo o afectar la propia estructura.

El azufre agrícola se distingue por su sustentabilidad debido a su origen natural y el potencial para hacer un uso más eficiente de muchos recursos hídricos disponibles en un entorno agrícola, especialmente si se usa en forma de polvo. Además, se estima que, por cada hectárea pulverizada, se espolvorean tres, con lo

que se reduce el consumo de combustible y al mismo tiempo se optimiza la mano de obra. Además, el azufre de uso agrícola se caracteriza por su capacidad de aportar a los viñedos propiedades fitosanitarias, fertilizantes y bioestimulantes a partir de un único principio activo (Revista editorial agrícola, 2020).

“Un campo particularmente fructífero para posibles aplicaciones de tales compuestos naturales de azufre parece ser la agricultura ecológica del futuro y, de hecho, varias empresas, como Ecospray Limited en el Reino Unido, han desarrollado preparaciones a base de azufre para usos agrícolas ecológicos” (Faulstich, et. al, 2017).

El conocimiento de los costos operativos de la maquinaria agrícola es fundamental para crear e implementar nuevos proyectos de desarrollo agrícola. Su objetivo es estudiar, procesar y calcular los costos de producción de las operaciones mecanizadas, determinando los costos de producción como recursos sacrificados o perdidos para lograr un fin determinado. Por lo general, se mide por la cantidad pagada para obtener bienes y servicios. Los gastos son desembolsos en moneda o equivalentes relacionados con la función de producción tales como: materias primas directas, costos de mano de obra directa y costos indirectos de fabricación que reducen los activos de la cuenta y aumentan los pasivos, en los que se invierte el valor de los bienes y servicios, generando valor presente o beneficios futuros. (Medina, Correa, 2014).

2.1 Tractores agrícolas

Es una máquina autopropulsada que se utiliza para arrastrar, mover, jalar remolques, implementos y cargas pesadas. Estas máquinas están destinadas a diferentes tareas, principalmente la agricultura.

“Los tractores agrícolas se utilizan como fuente de energía para diversas operaciones de campo, como labranza, siembra, aplicación de productos fitosanitarios, cosecha, transporte, utilizando ejes de transmisión, dispositivos de toma de fuerza (PTO) y líneas hidráulicas”. (Joo, et.al. 2013).

El análisis de la eficiencia de un tractor agrícola implica una serie de parámetros, como el trabajo, la operación, la tarea, el elemento de trabajo, etc., que deben examinarse para evaluar la eficiencia operativa de la mano de obra y la maquinaria en campo, (Bochtis, et.al, 2019)

2.2 Ratios

Aguilar, D. (2019) definió ratios de fumigación como razón o cociente entre dos magnitudes relacionadas entre sí, es la relación cuantitativa entre dos fenómenos que refleja una situación concreta de rentabilidad a través de sus indicadores.

Bochtis, et al (2019) redacta que el ratio de mecanización reemplaza al avance de mano de obra involucrada en el trabajo de campo, se puede calcular sobre la base de varios modelos que describen los factores influyentes que determinan el requerimiento y la capacidad de mano de obra.

2.3 Transmisión de energía mecánica

Los sistemas de transmisión de potencia, son una parte fundamental en el movimiento de mecanismos o máquinas, son encargadas de trasladar la potencia, con el objetivo de mover los componentes para su funcionamiento. (Higuera, 2020)

“Los ejes cardán de toma de fuerza (TDF) se caracterizan por transmitir la potencia del tractor a los implementos de accionamiento” (Corrêa, at.al 2016).

2.4 Ventilador centrífugo

Es un dispositivo que consta de un impulsor o paleta que gira dentro de una bobina o carcasa helicoidal, conocida como bobina. La rotación del impulsor está asegurada por un mecanismo puesto en movimiento (Serna, J. 2011).

Los ventiladores centrífugos de palas múltiples se utilizan principalmente en equipos y sistemas de control de ventilación con requisitos relativamente altos de presión de aire, volumen de aire y ruido, como la construcción de sistemas de escape

con tuberías largas en el lado de salida del ventilador y mayor resistencia al viento (Shuiqing, et al., 2021).

Según Prat, et. al. (2009) en la aplicación de pesticidas agrícolas a árboles frutales, el rociador más utilizado es el que se activa con el flujo de aire para proporcionar líquido a las plantas. Los ventiladores axiales con salida radial son el diseño más común, aunque los ventiladores centrífugos también se han utilizado con éxito en la construcción de sistemas de rociadores. La aerodinámica del flujo de aire es un factor determinante en la calidad de la aplicación y el modo de funcionamiento de este dispositivo.

2.5 Polietileno de alta densidad

“Los materiales poliméricos como el polietileno de alta densidad (HDPE) se han incorporado a innumerables aplicaciones de ingeniería debido a sus características distintivas, como flexibilidad de diseño, rentabilidad, resistencia química, larga vida útil y reciclabilidad” (Abdallah, al.at. 2022).

2.6 Chasis

Cada vehículo automotor tiene un componente integral llamado chasis, que debe transportar tanto las cargas, como su peso corporal individual en vacío, incluidas sus partes montadas en él. Por lo tanto, la principal condición de diseño del chasis es que nunca debe fallar y debe ser capaz de soportar todas las variedades posibles de cargas. teniendo en cuenta las condiciones de trabajo, como carreteras, terrenos desequilibrados, sobrecargas, carga oscilante, etc. (Agarwal y Mthembu. 2022).

2.7 Caja Multiplicadora

Es una caja de engranajes destinada a realizar la transmisión de potencia con la finalidad de obtener una velocidad de salida deseada, está compuesta de ejes, cojinetes, carcasa y engranajes (Suresh, at.al. 2022).

II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo y diseño de investigación

2.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, debido a que los conocimientos adquiridos en este proyecto pretenden resolver un problema que es a la vez práctico y descriptivo, ya que los datos serán recolectados por observación directa.

2.1.2 Diseño de Investigación

Es una especie de diseño no experimental, porque en la presente investigación que se está realizando no se pretende manipular intencionalmente las variables independientes, de modo que los fenómenos puedan ser observados tal como ocurren en su contexto natural, y luego analizados.

2.2 Variables y Operacionalización

Variable Independiente: Diseño de máquina azufradora

Variable Dependiente: Incrementar ratios de aplicación fitosanitaria en palto y mango.

El cuadro de operacionalización de variables se encuentra en el anexo 1

2.3 Población, muestra, muestreo

Población

La población está conformada por las plantaciones de palto y mango en la región Lambayeque.

Muestra

La muestra son las plantaciones sembradas y el tamaño de la planta de los

frutales de mango y palta ubicado en un fundo en el distrito de Olmos.

Muestreo

El muestreo que se realiza es no probabilístico porque se selecciona con intención de estudio para determinar muestra.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 1.

Técnica e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICA	USO	INSTRUMENTOS
Observación	Se utilizará para recabar datos e informes técnicos de la maquinaria para verificar su estado inicial.	<ul style="list-style-type: none"> – Análisis Documentario – Manuales técnicos – Ficha de Registro de parada – Ficha de Registro producción
Entrevistas	Se aplicará para recopilar información de los tipos de fallas que se presente en la maquinaria	<ul style="list-style-type: none"> – Ficha de encuesta

Fuente: Elaboración Propia.

Validez y confiabilidad: Se realizará la consulta a un experto en la materia, en lo que refiere al asunto y preparación de los instrumentos nombrados.

2.5 Procedimientos

Para el proyecto de investigación se utilizará el siguiente procedimiento:

- En primer lugar, mediante gráficos, datos de fumigación del cultivo, riego, ficha técnica de rango de velocidad de los tractores se recolectarán los datos para determinar el estado actual de ratios de aplicación fitosanitaria en los cultivos de palto y mango del fundo analizando los factores que influyen en ratios de fumigación mecanizada como:
 - Hectáreas por horas productivas
 - Cumplimiento
 - Costo de hora productivas por hectáreas
 - Horas muertas por horas máquina
- Luego, mediante una encuesta al ingeniero experto y a los operadores se determinarán los parámetros de diseño de la máquina azufradora según las exigencias del cultivo tomando como muestra el tamaño de la planta, el producto químico y las áreas que se pretende utilizar para optimizar su eficiencia en la aplicación fitosanitaria.
- Más adelante se realizará la simulación de esfuerzos de las piezas mecánicas y se elaborarán planos y láminas en el software de ingeniería.
- Finalmente se elaborará un presupuesto económico para determinar la inversión total del proyecto de diseño.

2.6 Método de análisis de datos

Los datos obtenidos serán procesados empleando un software de cálculo para seleccionar en forma adecuada los componentes de la máquina azufradora, asimismo se empleará un software de diseño que permitirá determinar los esfuerzos a los que

serán sometidos los componentes.

3.7 Aspectos éticos

Esta investigación se realizó de manera transparente y responsable, citando con precisión todas las fuentes y respetando los derechos de propiedad intelectual de los autores. Asimismo, para realizar esta encuesta se utilizarán datos en vivo, los cuales son confiables y seguros.

III. RESULTADOS

Diagnóstico de la situación actual del cuidado del palto y mango en el fundo, mencionando la ratio fitosanitaria de alcance.

En el fundo determinado para la investigación se cuenta con plantas frutales de mango y paltas debido a que olmos tiene un clima favorable para el cultivo de estos productos, actualmente el fundo determinado cuenta con un total de 400 hectáreas, y utiliza azufre como agente fitosanitario para controlar las plagas en su plantación, para determinar la situación actual se estableció en una muestra aleatoria de 15 plantas alrededor de todo el mundo para observar la aparición de plagas esta se muestra en la tabla 1.

Tabla 2.

Condiciones de plagas en muestra tomada

Ítem	Planta	Tipo	hoja			
			Limpia	Inicio de plaga	Con plaga	Plaga crítica
1	PALTO	haz	x			
2	PALTO		x			
3	PALTO		x			
4	PALTO		x			
5	PALTO		x			
6	PALTO		x			
7	PALTO		x			
8	PALTO		x			
9	MANGO		x			
10	MANGO		x			
11	MANGO		x			
12	MANGO		x			
13	MANGO		x			
14	MANGO		x			
15	MANGO		x			

En la tabla 2 se observa que todas las plantas que se eligieron como muestra presentan hojas limpias lo que implica que el uso del azufre como agente fitosanitario es oportuno de la observación ejercida se determina los resultados de la tabla 2.

Tabla 3

Cantidad de plantas y condición de la muestra

Planta	Cantidad		Infected	
Palto	8	53.33%	0	0%
Mango	7	46.67%	0	0%

Para lograr que las plantas no tengan plagas el uso del azufre es condicionado por su aporte según cantidad de plantas, debido a que la aplicación del azufre es manual se considera la cantidad de azufre que utilizan por hectárea en la plantación, estos datos se muestran en la tabla 4.

Tabla 4

Ratio de azufre por planta en plantación

Parámetro	Cantidad	Unidad
Terreno	1	has
Cantidad	480	plantas
Azufre	40	kg
Ratio	0.08	kg/planta

Esto se aplica según la aparición de las plagas que según lo indicado en el fundo es antes de que las plantas formen el cultivo el año 2021 se realizó según lo indicado en la tabla 4.

Tabla 5

Aplicación de azufre en el fundo

Mes	Abril	Mayo	Junio	Unidades
Cantidad de aplicaciones	3	2	2	Aplicaciones
Días de aplicación	1	1	1	Días
Intervalo	15	15	15	Días

Indicadores de diseño de la máquina según las exigencias del cultivo.

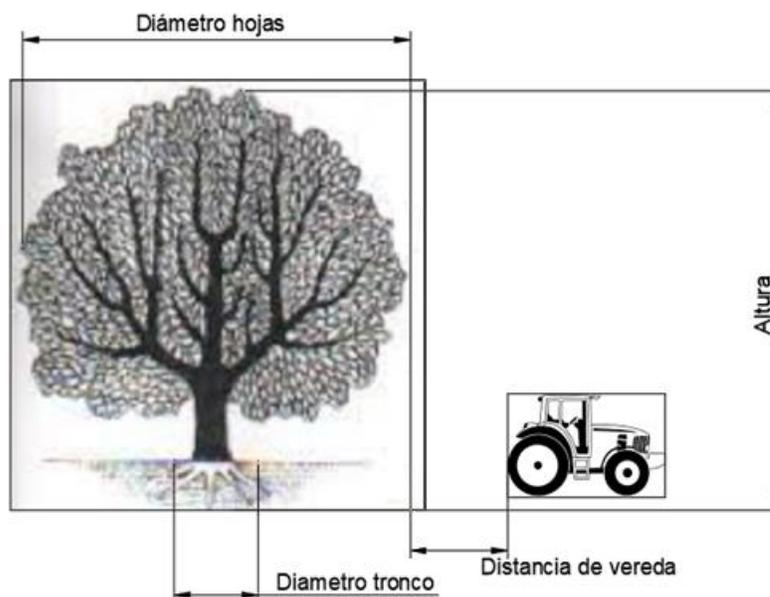
Características físicas de los árboles

La máquina debe ser diseñada a las exigencias del cultivo en el fundo según su variedad de paltos y mangos por lo tanto primero se determinan las características

físicas de las plantas que son las mostradas en la figura 1.

Figura 1

Características físicas requeridas para diseño



En la figura 1 se muestra que características debe abordar la maquina ya que esta debe rosear el azufre en todas las hojas y será enganchada en el tractor por lo que se requiere la distancia por donde podrá pasar dicho tractor que se le denomino vereda. Los datos tomados de las plantas del fundo se muestran en la tabla 6.

Tabla 6

Datos recogidos de los parámetros físicos del cultivo para el diseño

Ítem	Planta	Altura	Diámetro hojas	Diámetro tronco	Distancia de la vereda
		m	m	cm	m
1	Palto	6	7	20	2.3
2	Palto	5	6	15	2.3
3	Palto	5.5	6	18	2.3
4	Palto	6	6	18	2.3
5	Palto	6	7	20	2.3
6	Palto	5	5	15	2.3
7	Palto	6.5	7	20	2.3
8	Palto	6	6	18	2.3

9	Mango	3.5	3	13	2.5
10	Mango	3	2.7	15	2.3
11	Mango	3	3.2	15	2.5
12	Mango	3	3.8	13	2.3
13	Mango	3.5	3	10	2.3
14	Mango	3.7	3.5	12	2.3
15	Mango	3.5	3	14	2.3

Los parámetros estadísticos de cada característica física del cultivo serían los mostrados en la tabla 7.

Tabla 7

Estadísticos de parámetros físicos para diseño

	Altura	Diámetro hojas	Diámetro tronco	Distancia de la vereda
Máximo	6.5	7	20	2.5
Mínimo	3	2.7	10	2.3
Promedio	4.6	4.8	15.7	2.3
Moda	6	6	15	2.3
Varianza	1.6	2.6	9.1	0.0
Mediana	5	5	15	2.3

La máquina diseñada deberá tener la capacidad para abordar toda la planta lo que conlleva a que cubra la altura y el diámetro de las hojas, además tendrá que hacerlo desde la vereda por donde se desplaza el tractor por lo que se determina los parámetros físicos del árbol que debe cubrir la maquina como los mostrados en la tabla 8.

Tabla 8

Características físicas máximas del árbol

Parámetro	Distancia	Unidad
Altura	6.5	m
Diámetro hojas	7	m
diámetro tronco	20	cm
Distancia de la vereda	2.5	m

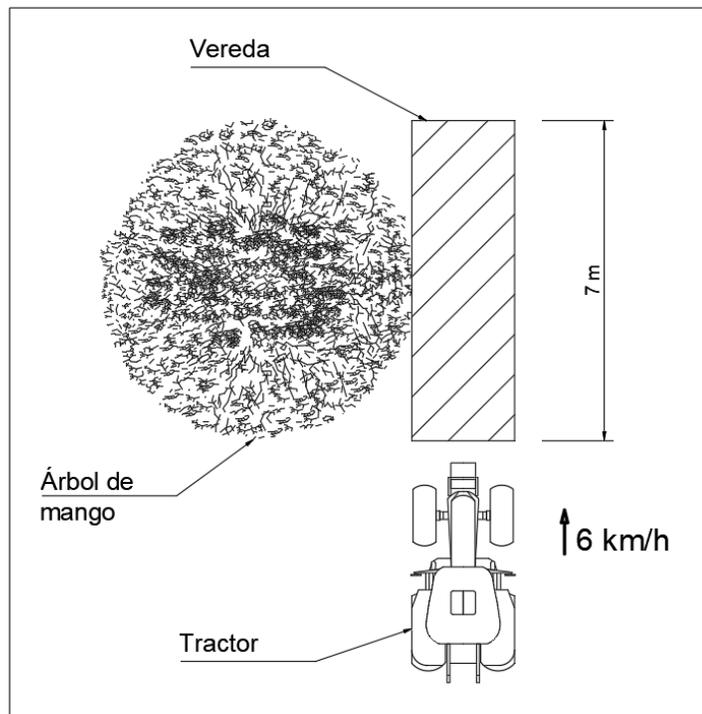
Tiempo de recorrido de la vereda

Se establece según las características físicas de la plantación que para el

movimiento entre plantas existe una vereda para cada planta de 7 x 2.5 m, primero se determinó la velocidad de trabajo del tractor que por las especificaciones técnicas que maneja el fundo es de 6 km/h se determina en cuanto tiempo cubrirá el recorrido de esta vereda como se muestra en la figura 2.

Figura 2

Movimiento del tractor para recorrer la vereda



Como se aprecia en la figura 2 el tractor debe recorrer una distancia de 7 metros a una velocidad de 6 km/h con lo que se determina el tiempo máximo que va a tener el tractor para poder rociar el azufre en el árbol, este tiempo se muestra en la tabla 9.

Tabla 9

Tiempo de recorrido del tractor para 7 metros

Parámetro	Cantidad	Unidad
Distancia	7	m
Velocidad	6	km/h
	1.7	m/s

Tiempo	4.2	s
--------	-----	---

Considerando también que actualmente se tiene un azufrado del árbol mediante maquinas manuales y que se realiza por medio de un peón como se muestra en la figura 3. Se tiene que el tiempo que demora el peón en caminar por la vereda de 7 m es de 2 a 15 segundos por lo que tomando el tiempo promedio como se muestra en la tabla 10.

Figura 3

Movimiento del peón para recorrer la vereda

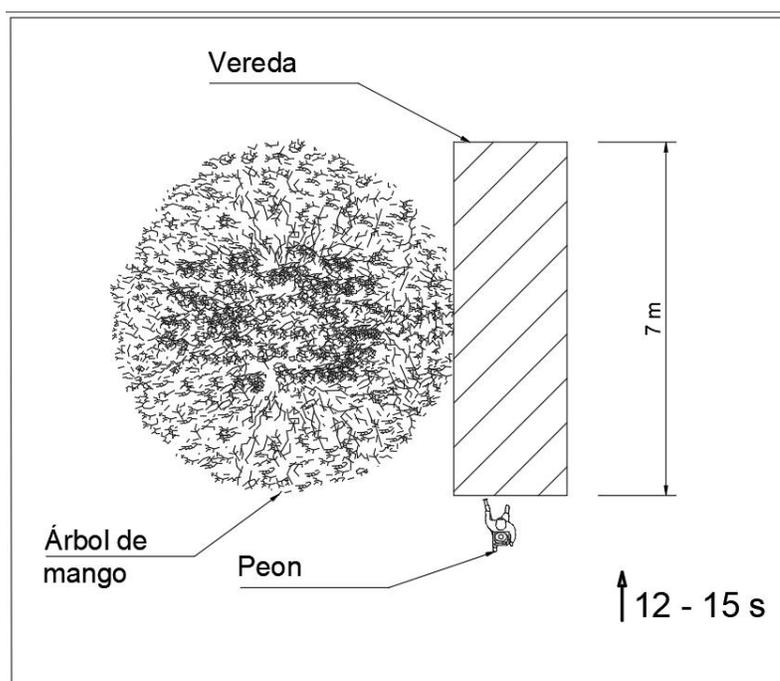


Tabla 10

Tiempo del peón en azufrado del árbol

Tiempo	Cantidad	Unidad
Máximo	15	s
Mínimo	12	s
Promedio	13.5	s

Por lo que el tiempo que se recorre la vereda para realizar el azufrado de los árboles se encuentra entre el que podría tomar el tractor como máximo y el que demora por métodos manuales como mínimo como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11

Tiempos para recorrer la vereda y azufrar los arboles

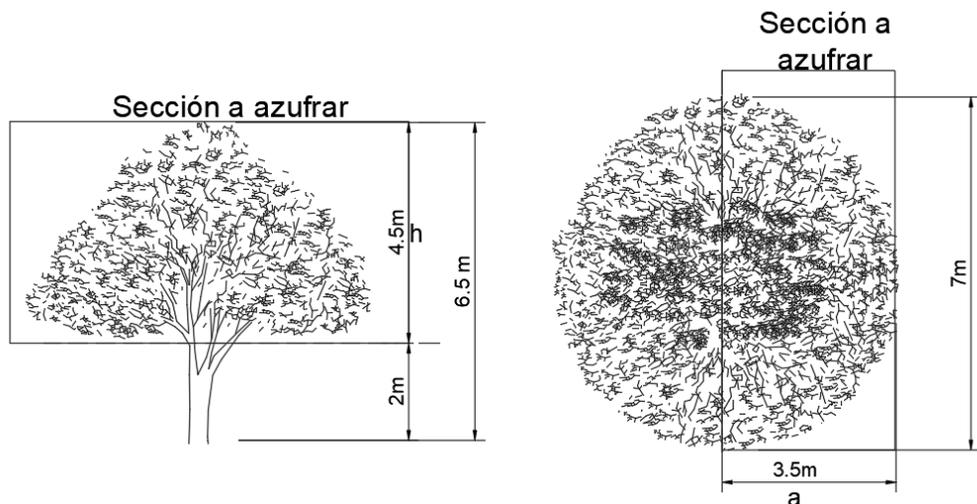
Tiempo (s)	Cantidad
Máximo	4.2
Mínimo	13.5

Cálculo del volumen para azufrado

Para determinar el volumen en el cual se realizará el azufrado y teniendo en cuenta solo una tobera o boquilla se observa que tanto con el tractor como con el peón al pasar por la vereda solamente podrán azufrar una parte del árbol esta se muestra en la figura

Figura 4

Sección del árbol a azufrar



En la figura se muestran las medidas acotadas como h para la altura, a para el ancho y l para el largo así el volumen que se tiene que cubrir es el mostrado en la tabla.

Tabla 12

Volumen a cubrir por para el azufrado al pasar por la vereda

Parámetro	Cantidad	Unidad
Volumen	110.25	m ³
h	4.5	m
a	3.5	m
l	7	m

Este volumen se debe de cubrir con la mezcla azufre – aire por lo que en primer lugar se determina el volumen del azufre según la ratio determinada en el título en la tabla 3 la ratio por planta es de 0.08 kg debió a que como se muestra en la figura 8 solo se está analizado el azufrado para la mitad de un árbol los parámetros de densidad masan y volumen para el azufre mostrados en la tabla 13.

Tabla 13

Volumen de la ratio de azufre

Parámetro	Cantidad	Unidad
Masa	0.0417	kg
Volumen	0.0000184	m ³
Densidad	2260.00	kg/m ³

Para determinar los parámetros del aire primero se parte de su densidad a temperatura estándar es de 1.225 kg/m³ y el volumen del aire será igual al volumen de la mezcla menos el volumen que va a ocupar el azufre en la mezcla siendo el volumen del aire 110.2499631 m³ lo que es prácticamente 110.25 m³ siendo este igual al volumen total. Siendo así se determina la masa por medio de la densidad del aire y se tienen los parámetros de la mezcla como se muestran en la tabla.

Tabla 14*Parámetros del azufre, aire y mezcla aire – azufre*

Elemento	m	V	ρ
	kg	m ³	kg/m ³
Azufre	0.04	0.00004	2260.00
Aire	135.06	110.25	1.23
Mezcla	135.14	110.25	1.23

Seleccionar los componentes de la máquina azufradora de acuerdo a los parámetros establecidos

Selección del ventilador

El ventilador se seleccionó de acuerdo a sus curvas de funcionamiento para estas se requiere dos elementos el primero es el caudal y el segundo la caída de presión que debe tener el ventilador, por lo que primero se determinó el caudal, considerando que la maquina a diferencia del peón tendrá su accionamiento mecánico esta podrá cubrir la demanda de ambos lados de la vereda siendo esto posible el volumen que se determinó por lado de la vereda para azufrar se duplica teniendo así el mostrado por la tabla 15.

Tabla 15*Volumen que cubrirá la maquina con dos salidas*

Elemento	m	V	ρ
	kg	m ³	kg/m ³
Azufre	0.083	0.000	2260.000
Aire	270.112	220.500	1.225
Mezcla	270.196	220.500	1.225

El tiempo que se tiene para poder cubrir el volumen de la mezcla es un intervalo de valores según lo mostrado en la tabla 10 por lo que se podrá establecer también un intervalo de valores para caudal tal como se muestra en la tabla 15.

Tabla 16*Caudales posibles para selección de ventilador*

Parámetro	Cantidad		Unidad
Caudal	52.50	16.33	m ³ /s
Tiempo	4.20	13.50	s
Volumen	220.50	220.50	m ³ /s

Para determinar la caída de presión se requiere establecer el flujo masico necesario el cual se dispone teniendo las masas y realizando el cociente entre el tiempo que se tiene para mover la masa de la mezcla al tener dos tiempos también se establecen dos flujos masicos como se ve en la tabla 16.

Tabla 17*Flujo masico posibles para la selección del ventilador*

Parámetro	Cantidad		Unidad
Flujo masico	64.33	20.015	kg/s
Tiempo	4.20	13.50	s
Masa	270.196	270.196	kg

Para determinar la caída de presión se parte primero de la velocidad requerida por el ventilador para el caudal que se tiene, la velocidad en función del caudal obedece a la ecuación 1.

$$v = Q/S \quad (1)$$

Donde:

v : Velocidad (m/s)

Q : Caudal (m³/s)

S : Sección por donde atraviesa el caudal (m²)

Para poder determinar la velocidad se deben hacer alguna aproximaciones a criterio del diseñador que en este caso se ha tomado como base de datos el catálogo de ventiladores Sodeka que es una empresa especializada en ventiladores

industriales y sobre todo en la gama de productos CASB para los cuales se establecieron las secciones de salida de los ventiladores pertenecientes a esta gama como se muestra en la figura y tabla.

Figura 5

Boca de impulsión de ventiladores Sodeka – CASB

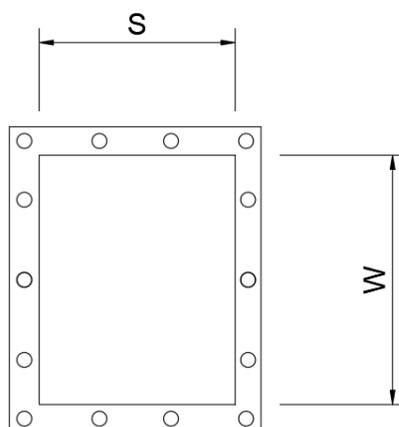


Tabla 18

Sección de la boca de impulsión de ventiladores Sodeka - CASB

Modelo	W	S	Sección
	mm	mm	m ²
350	288	205	0.05904
400	322	229	0.073738
450	361	256	0.092416
500	404	288	0.116352
560	453	322	0.145866
630	507	361	0.183027
710	569	404	0.229876
800	638	453	0.289014
900	715	507	0.362505
1000	801	569	0.455769
1120	989	638	0.630982
1250	1007	715	0.720005
1400	1130	801	0.90513

Considerando cada una de las áreas se determina la velocidad por cada uno

de los caudales establecidos, como se muestra en la tabla 18.

Tabla 19

Velocidades según modelo de ventilador y caudal requerido

Caudal (m ³ /s)	52.50	16.33
Modelo	Velocidad (m/s)	
350	889.23	276.65
400	711.98	221.50
450	568.08	176.74
500	451.22	140.38
560	359.92	111.97
630	286.84	89.24
710	228.38	71.05
800	181.65	56.51
900	144.83	45.06
1000	115.19	35.84
1120	83.20	25.89
1250	72.92	22.69
1400	58.00	18.05

Según las ecuaciones para ventiladores se tiene que la potencia se establece según la velocidad de salida y la cantidad de flujo masico del fluido como se muestra en la ecuación 2.

$$\dot{W} = \dot{m} \frac{v^2}{2} \quad (2)$$

Donde

W : Potencia del ventilador (W)

m : Flujo masico (kg/s)

v : Velocidad (m/s)

Los resultados de la potencia requerida por el ventilador también se establecen en dos limites como se muestran en la tabla.

Tabla 20*Potencia según modelo de ventilador y flujo masico requerido*

Flujo masico (kg/s)	64.33	20.01
Modelo		Potencia (W)
350	CMRH	Velocidad (m/s)
400	25434616.75	765899.46
450	16305540.05	491000.30
500	10380626.41	312586.43
560	6548927.61	197204.47
630	4166868.05	125474.74
710	2646595.52	79695.56
800	1677763.08	50521.61
900	1061402.57	31961.47
1000	674667.66	20315.92
1120	426803.85	12852.12
1250	222681.41	6705.49
1400	171019.99	5149.84

Considerando que la potencia en un ventilador también está condicionada por las pérdidas de presión y el caudal requerido como lo muestra la ecuación 3.

$$\dot{W} = \Delta p Q \quad (3)$$

Donde:

W : Potencia del ventilador (W).

Δp : Pérdidas de presión (Pas)

Q : Caudal (m³/s)

Despejando de la ecuación 3 las pérdidas de presión se determinan para cada caudal los resultados de presión requerida por el ventilador según el modelo estos se muestran en la tabla 21.

Tabla 21*Perdida de presión requerida por el ventilador por modelo y caudal*

Caudal (m ³ /s)	52.50	16.33
Modelo	Perdida de Presión (Pas)	
350	484468.89	46891.80
400	310581.72	30061.24
450	197726.22	19137.94
500	124741.48	12073.74
560	79368.92	7682.13
630	50411.34	4879.32
710	31957.39	3093.16
800	20217.19	1956.82
900	12850.81	1243.83
1000	8129.60	786.86
1120	4241.55	410.54
1250	3257.52	315.30
1400	2061.28	199.51

Al revisar las curvas de ventiladores Sodeka – CASB se verifica que los caudales de estos ventiladores tienen como límites entre 8 a 25 m³/s lo que deja fuera de la selección del ventilador los parámetros con caudal de 52.5 m³/s. por lo que se realiza para el caudal de 16.33 m³/s la disposición de los ventiladores de cada curva que se muestran en el anexo 2, los ventiladores que se puede utilizar son los mencionados en la tabla 22.

Tabla 22*Ventiladores que cumplen condiciones de caudal y presión*

Ventiladores que cumplen
1120-100
1250-150
1250-175
1400-60
1400-100

Se selecciono el ventilador de menor potencia que es el 1120.100 Sodeka – CASB debido a que la potencia determina el tamaño y peso.

Selección del multiplicador

Para seleccionar el multiplicador se deben considerar tres parámetros la potencia sobre la cual va a trabajar, el factor de multiplicaciones y el factor de servicio los que se pueden calcular con las siguientes formulas.

$$P = \frac{Mta Ns}{6320}$$

$$i = \frac{Ns}{Ne}$$

$$Fs = \frac{Mt}{Mta}$$

Donde:

P	:	Potencia del multiplicador
Mta	:	Momento de torsión del multiplicador
Ns	:	Rotación de salida
i	:	Factor de multiplicación
Ne	:	Rotación de entrada
Mt	:	Momento de torsión
Fs	:	Factor de servicio

El torque que se tendrá depende de la potencia mecánica requerida por el ventilador, el ventilador seleccionado requiere un motor IE3 de 71.25 kW considerando que Serrano (2022) menciona que la eficiencia eléctrica en motores IE3 de la potencia mencionada es del 95% se determina la potencia mecánica como se muestra en la tabla 23.

Tabla 23*Eficiencia mecánica del ventilador*

Parámetro	Cantidad	Unidad
Eficiencia	95	%
Potencia del motor	75	kW
Potencia del ventilador	71.25	kW

Teniendo la potencia mecánica se determina el torque requerido por el ventilador según la velocidad de rotación del mismo como se muestran en la ecuación siguiente.

$$T = \frac{716P}{n}$$

Donde:

T : Torque

P : Potencia

n : revoluciones por minuto

Así se tienen los resultados mostrados en la tabla 24.

Tabla 24*Torque requerido en el eje del ventilador*

Parámetro	Cantidad	Unidad
T	46.07	kg-m
P	95.55	hp
n	1485	rpm

Teniendo el torque se puede determinar todos los parámetros de selección, aunque las fórmulas se basan en teorías y parámetros físicos cada catalogo muestra las fórmulas más adecuadas para seleccionar sus productos para el caso que se plantea los resultados se muestran en la tabla 25

Tabla 25*Factores de selección para el multiplicador*

Parámetro	Cantidad	Unidad
P	108.25	Cv
Mta	460.69	Nm
Ns	1485.00	rpm
i	2.56	
Ne	580.00	rpm
Mt	564.00	Nm
Fs	1.22	

En la figura 6 se muestran los multiplicadores MG del cual se seleccionará según los parámetros calculados de la tabla 23.

Figura 6*Tabla de selección de multiplicador MG*

TABLA DE POTENCIA MG		
MODELO	FATOR DE MULTIPLICACIÓN i	Mt (Nm) MÁXIMO
MG 112	2,59	129
	3,52	103
	3,95	93,5
MG 132	2,5	346
	3,45	273
	3,9	250
	4,44	222
	6	140
	6,43	98
MG 180	2,34	564
	3,41	459
	4,11	397
	6,62	210

Para poder seleccionar el multiplicador se seleccionó el multiplicador MG180 con para un torque de 564 y relación de 2.34.

Diseño de la tolva

Para el diseño de la tolva se determinó la entrada ya que se requiere que el aire ingrese a una velocidad específica para poder recoger por la ráfaga creada el flujo masico requerido de azufre por lo que primero se determinó la velocidad requerida por el aire para recoger la masa de azufre, según Flores et; al (2020) menciona que Morelus propone la siguiente ecuación que se basa en el movimiento del flujo masico para recoger particular de polvo con la fuerza del viento.

$$V_f = 5 \left(\sqrt[5]{\frac{M_s g^2}{\rho_f}} \right)$$

Donde:

Vf : Velocidad del aire

Ms : Flujo masico

g : gravedad

ρf : Densidad

Considerando que cada parámetro se tiene del desarrollo de la investigación se determina la velocidad del aire como se muestra en la tabla 25.

Tabla 26

Velocidad el aire requerido

Parámetro	Cantidad	Unidad
Vf	4.96	m/s
Ms	20.01	kg/s
g	9.81	m/s ²
ρf	2000.00	kg/m ³

Para lograr esta velocidad se debe modificar la entrada del aire al recipiente

que contiene, el área requerida depende del caudal que entrega el ventilador así se calcula dicha área como se muestra en la tabla 26.

Tabla 27

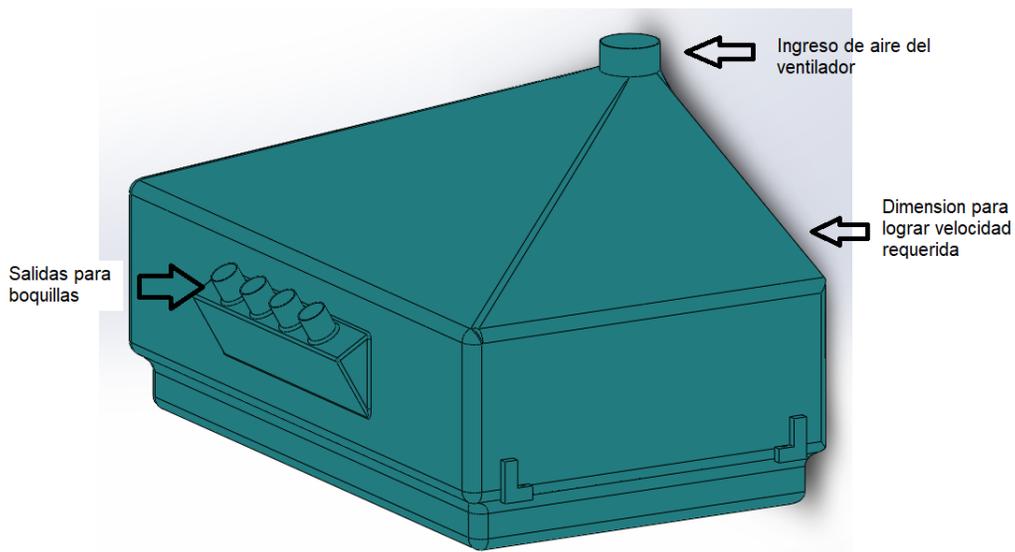
Área requerida para velocidad de aire calculado

Parámetro	cantidad	Unidad
Caudal	16.33	m ³ /s
Velocidad	4.96	m/s
Área	3.291	m ²

Considerando la mejor disposición que cumpla con lo requerido se determinó la manguera para conectar el ventilador con la tolva y el ventilador con las boquillas para salida del aire con azufre se propone la tolva con el ingreso mostrado en la figura

Figura 7

Tolva diseñada a base de los requerimientos



Elaborar el presupuesto de diseño de la máquina azufradora.

Para la elaboración del presupuesto se determina en varias instancias la

primera el los elementos comprados como individuales que son los mostrados en la tabla.

Tabla 28

Elementos para comprar

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	Boquillas	4	S/ 25.00	S/ 100.00
2	Multiplicador	1	S/ 1,350.00	S/ 1,350.00
3	Ventilador	1	S/ 4,545.00	S/ 4,545.00
Total				S/ 5,995.00

El segundo presupuesto es de las piezas que no se pueden comprar, sino que están diseñadas según el que se propone para esta tesis, el primer elemento es la tolva la cual se fabricara de fibra de vidrio por el peso y la resistencia su costo se muestra en la tabla 29.

Tabla 29

Costo de la tolva con fibra de vidrio

Descripción	Costo
Material	S/ 250.00
Transporte	S/ 2,500.00
Fabricación	S/ 650.00
Total	S/ 3,400.00

Por último, es lo fabricado con fierro esto se determina por el costo del peso de fierro que según se cotizó este está \$0.60 el kilogramo así con el peso de todas las estructuras de fierro se muestra el costo del fierro utilizado en la tabla 30.

Tabla 30

Costo del fierro

Parámetro	Cantidad	Unidad
Peso	1255.3825	kg
Costo	0.6	\$/kg
Total	753.2295	\$

El costo de fabricación de las estructuras se determinado por medio del soldador de la empresa el cual hace mantenimientos correctivos con la propia máquina del taller el cual utilizara 4 días para la fabricación y pintado bajo el costo de operario y un ayudante este costo se muestra en la tabla 31.

Tabla 31

Costo de fabricación de las estructuras

Parámetro	Cantidad	Unidad
Tiempo	4	días
Pago de ayudante	60	S/. /día
Pago de operario	120	S/. Dia
Total	720	S/.

Así el costo total de todas las estructuras es el mostrado en la tabla 32.

Tabla 32

Costo total de las estructuras

Descripción	Cantidad
Material	S/ 2,862.27
Fabricación	S/ 720.00
Total	S/ 3,582.27

El costo del material se transformó a costo de soles cuyo valor actualmente está en S/. 3.80. Teniendo todos los presupuestos se realiza un presupuesto total para determina el costo real de la azufradora, este se muestra en la tabla 33.

Tabla 33*Presupuesto total de la fabricación*

Descripción	Costo
Dispositivos comprados completos	S/ 5,995.00
Tolva fabricada	S/ 3,582.27
Estructuras	S/ 2,862.27
Total	S/ 12,439.54

IV. DISCUSIÓN

La investigación se desarrolló en torno a las necesidades de un fundo del distrito de Olmos en Lambayeque en este fundo se desarrolla el cultivo de las plantas a las cuales se dirigió el diseño que fueron palto y mango, la maquina se diseña con la intensión que puede proporcionar la ratio de azufre de 0.8 kg/planta mediante la maquina transportada por el tractor de la empresa. La máquina se diseñó con la capacidad de poder arrojar en el camino del tractor azufre a las plantas con una altura de 6 metros y una circunferencia en su mayoría de la misma medida, el caudal requerido para lograr esta tarea es de 16.33 m³/s logrando mover una masa de 20.01 kg/s de mescal aire-azufre. Para esto se seleccionó un ventilador de la empresa SODEKA 1120.100 Sodeka – CASB. De la salida de fuerza del tractor se conectada un multiplicador MG180 con para un torque de 564 y relación de 2.34, y la tolva establecida se fabricará de fibra de vidrio con una entrada de 3.291 m² para lograr una velocidad del aire de 16.33 m/s lo que asegura teóricamente que se arrastre con la fuerza generada el flujo masico de polvo de azufre requerido.

Se concluye que Jijingi, & H., Siemon, P. (2017) están en lo correcto en el desarrollo de esta investigación se encontraron coincidencias con la conclusiones generales de estos autores ya que la mecanización de los procesos agrícolas está en auge las maquinas cada vez de grandes dimensiones y funciones cada vez más autónomas permiten el aumento de producción, aunque esto indica que las pequeñas empresas quedan relegadas para la adquisición de máquinas a su requerimiento productivo.

Al igual que Chen Y, et. al. (2020), se hizo evidente el reforzamiento del chasis en este caso de la estructura que soporta la maquina ya que la intención del diseño es que el mismo tracto logra transporta la maquina azufrado sin necesidad de muelles y ruedas de apoyo, eso logra una gran disminución del costo. Rabat, A. (2006) para la selección del multiplicador utilizado en su máquina también menciona haber adquirido el torque requerido lo que hace pensar que este es un ítem necesario en todas las selecciones de equipos multiplicadores, aunque este autor diseña sus

toberas las que en esta investigación se llamaron boquillas, estas no se diseñaron ya que su existencia en el mercado es fácil de adquirir y no fue requerido mejorar su diseño.

A diferencia de Rincón, J, (2017) no se presentaron más que un diseño por los investigadores de esta tesis el motivo fueron varios el primero por la experiencia que se tenía en el campo durante el recojo de datos y el tiempo de trabajo sobre esta máquina, segundo porque se basó en el requerimiento específico de la empresa y muchas veces se optaron ideas de dueño de la misma además de que los modelos actuales han avanzado en diseños parecidos y al no concretizar una prototipo se prefirió respaldarse en las maquinas ya existentes para seguir sus tendencias.

En relación con la investigación de Hu, K. y Zhang, W. (2021) no se optaron equipos hidráulicos, aunque durante la investigación y como se menciona en las recomendaciones se proponen que estos sean utilizados si es que se quiere profundizar en el control del polvo en el aire de salida, aunque esto aumentaría significativamente el costo de la maquina ya que requeriría equipos de algo complejos tanto de proponer como de entender.

V. CONCLUSIONES

- La situación actual evidencia un cuidado de todas las plantas con una aplicación manual del azufre por así decirlo el ratio requerido para cada planta se estimó en 0.08 kg/planta al tener la aplicación de 40 kg por hectárea y una densidad de 480 plantas por hectárea.
- Se encontraron los indicadores de diseño como las dimensiones de los árboles que son de 6 m de alto y 6 m de diámetro, el tiempo de recorrido del peón y del tractor en 13.5 s y 4.2 s por árbol y el volumen del azufrado que así se le designo a la mezcla de aire y azufre en 135.14 kg, 110.25 m³ y con una densidad de la mezcla de 1.23 kg/m³.
- Los componentes fueron tres el ventilador que se seleccionó el 1120.100 Sodeka – CASB , el multiplicador MG180 con para un torque de 564 y relación de 2.34 y se diseñó una tolva con un área de ingreso de 3.291 m² para lograr una corriente de aire de velocidad de 16.33 m/s logrando llevar el flujo masico de polvo de azufre deseado.
- El presupuesto se designó en varios aspectos, pero se concluyó en un total de S/ 12,439.54

VI. RECOMENDACIONES

- Mejorar el registro de cada planta ampliando los parámetros de diagnóstico.
- El indicador más comprometido es el tiempo y la cantidad de azufre, proponer un experimento para lograr establecer la cantidad de azufre exacta.
- Incluir el control de la salida de aire con controlador y cilindros hidráulicos para mejorar el rociado de azufre a los árboles.
- Realizar un prototipo para delimitar las deficiencias en cuanto a lo teórico y lo práctico.
- Pedir presupuesto actualizados a cuando se requiere construir algún prototipo o la máquina en sí.

REFERENCIAS

- Salinas, E. (2020). *Diseño de una máquina peladora y picadora de piñas, Arequipa 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental de Arequipa, Perú] Repositorio Continental <https://bit.ly/3nhMEjS>
- Olivera, J. (2020). *Adaptación de tractores agrícolas para trabajos específicos de arrastre, fumigación y traslado para Ica y Huaral*. [Trabajo de Titulación, Universidad Nacional Agraria, La Molina] Repositorio La Molina. <https://bit.ly/3u3EqzE>
- Márquez, R. y Salazar, J. (2009). *Diseño y simulación de un sistema hidráulico central automático de transporte y limpieza de fluido refrigerante*. [Tesis de pregrado, Universidad de la Salle Ciencia Unisalle] Repositorio Ciencia la Salle. <https://bit.ly/3ykr84n>
- Arcila, C. (2015). *Diseño y construcción de un montacargas de elevación hidráulica*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Pereira] Repositorio UTP. <https://bit.ly/3yz8fuC>
- Sánchez, M., Ayala, A., Cervantes, R., Garay, M., De la O-Olán, M., Martínez, G. y Velázquez, N. (2014) Diagnóstico de la maquinaria agrícola en Amecameca y Texcoco, Estado de México. *Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 11(4), 499-516. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360535327004>
- Álvarez, M., Cortés M., y González, S. (2009). La mecanización agrícola: gestión, selección y administración de la maquinaria para las operaciones de campo. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 4(2),151-160. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321428102015>
- Gikonyo, E., Ciseé, L., Mangale, N., Mumbua, A., Kibunya, C. (2013). Eficacia de dos fertilizantes azufrados en algunos cultivos en la agricultura a pequeña escala

en Kenia. *Revista Elsevier Procedia Engineering*, 83 (2014) 354 – 364
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814011217?pes=v>
or

Rincón, J. (2017). *Diseño de una máquina mezcladora, automática, de materias primas para la elaboración de jabones líquidos, suavizantes y de desengrasantes industriales*. [Tesis de pregrado, Fundación Universidad de América] Repositorio América. <https://bit.ly/3R0GGBC>

Bochtis D ,Gron A, Kateris D,(2019) *Effectiveness and Efficiency of Agricultural Machinery. Management in Agriculture* p47.78.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128097861000035>

Faulstich, L., Griffin S., Jawad M., Irfan M., Ali W., Alhamound S., Omran Y., Kim H., karma A., Herbert H., Lilischkis R., Montenarh M., Keck C y Jacob C. (2017) *Nature's Hat-trick: Can we use sulfur springs as ecological source for materials with agricultural and medical applications*. *Revista, International Biodeterioration & Biodegradation*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830516303080>

Joo, Y., Ok Chung S y Hyun C. (2013) *Effects of gear selection of an agricultural tractor on transmission and PTO load during rotary tillage*. *Soil and Tillage Research*. P 90-96.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198713001414?via%3Dihub>

Corrêa M., Moreira A, Filipini R.,Mello C., & Pontes S.(2016). *Evaluación de la protección de cardanes agrícolas en campo*.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=XsbSEeK54cAC&oi=fnd&pg=PA9&dq=%22energ%C3%ADa+mec%C3%A1nica%22+sistemas+de+transmisi%C3%B3n&ots=_zccMHsXsU&sig=B68NOyfGg5Ppi0vPQtpDUEqqzMQ#v=onepage&q&f=false

- Higuera E, (2020) *Eficiencia de un sistema de transmisión de potencia no convencional*. [Trabajo de pregrado, Universidad Pontificia Boliviana.] Repositorio UPB. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/9085>
- Serna, J. (2011). *Ventiladores centrífugos*. Manual formativo de ACTA, (59), 95-104. Ventiladores centrífugos. https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/059095.pdf
- Prat, M. ., de la Figal, A., de las Cuevas Milán, H., Durañona, O. (2009). *Aerodinámica de la corriente de aire de un pulverizador agrícola con ventilador centrífugo*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 18(4), 33-38. <https://www.redalyc.org/pdf/932/93212367007.pdf>
- Zhou,S., Zhou H.,Yang KDong H & Gao Z. (2021) *Research on blade design method of multi-blade centrifugal fan for building efficient ventilation based on Hicks-Henne function*. Revista, Sustainable Energy Technologies and Assessments. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213138820313990>
- Kamal, A., Showaib E & Elsheikh A. (2022) *Effect of single-period overload parameters on fatigue crack retardation for high-density polyethylene*. Revista, Theoretical and Applied Fracture Mechanics. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167844222000052>
- Moreira, C., Roberto Filipini, S., Da Cunha Mello, R., & Sérgio Pontes, P. (2016). *Evaluación de la protección de cardanes agrícolas en campo*. Revista Brasileña de Tecnología Aplicada a las Ciencias Agrícolas / Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias. mayo/agosto 2016, vol. 9 Edición 2, p71-77. 7 <https://eds.s.ebscohost.com/abstract?site=eds&scope=site&jrnl=19836325&as a=Y&AN=119035730&h=LpHCZRr%2fS1kboGrWSA1FVv13UrtxeWvZrTUSU3J9%2fig7sAlKHd7wxr%2b9rTqHjuA%2fFe7b0RZDhW4dj6%2bvZvqxSA%3d%3d&crl=c&resultLocal=ErrCrINoResults&resultNs=Ehost&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dc>

rawler%26jrnl%3d19836325%26asa%3dY%26AN%3d119035730

Agarwal A & Mthembu L. (2022). *FE design analysis and optimization of heavy-duty truck chassis using sparse grid initialization technique*. Revista, Materials Today Proceedings.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322005478>

Suresh A., Sai K., Sibin K., Vinod K., Tanishka V & Sravan B. (2022) *Design and simulation of gear box for stone crushing ball mill*. Revista, Materials Today Proceedings.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322026050>

ANEXOS

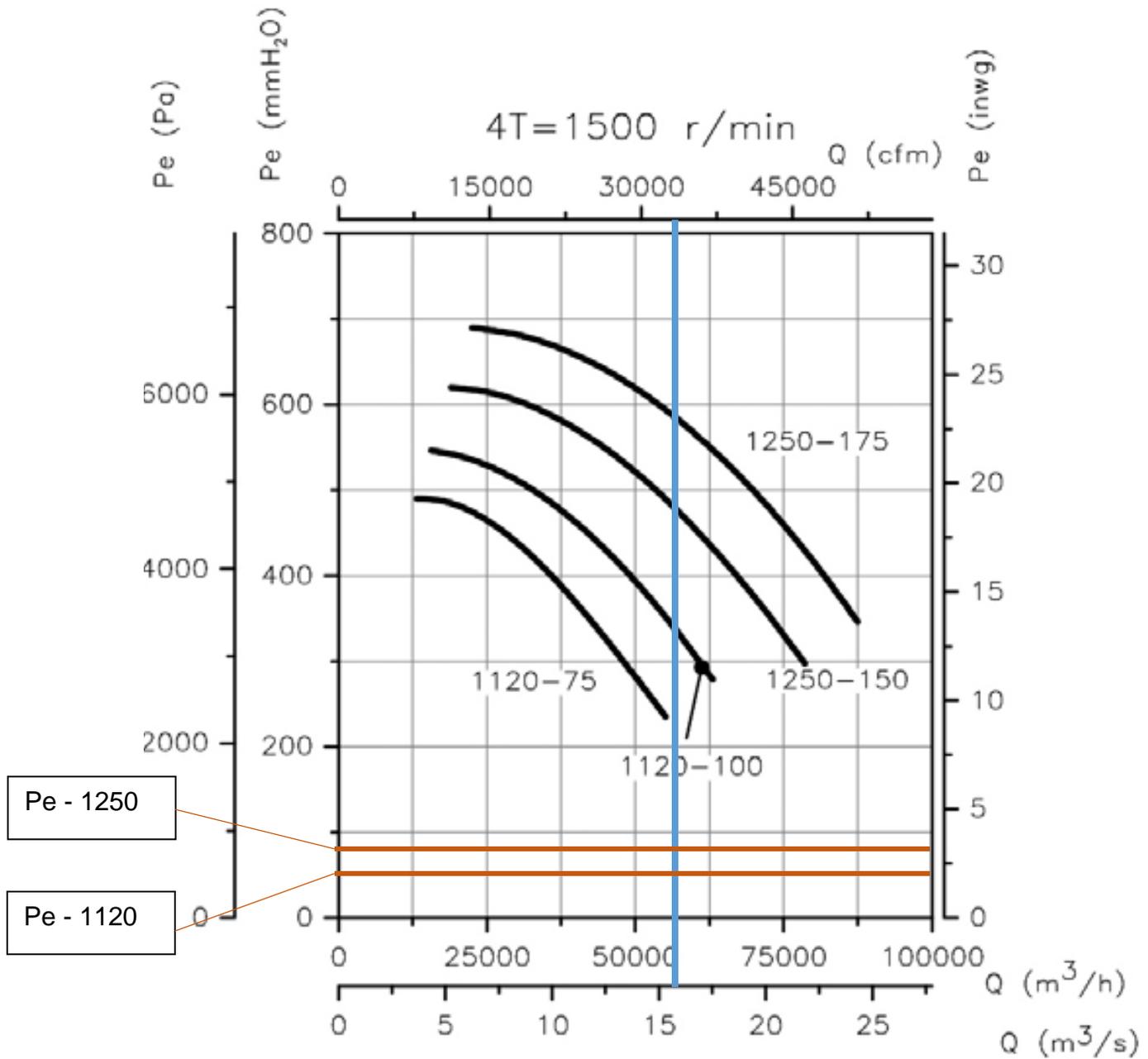
ANEXO 1 Matriz de operacionalización

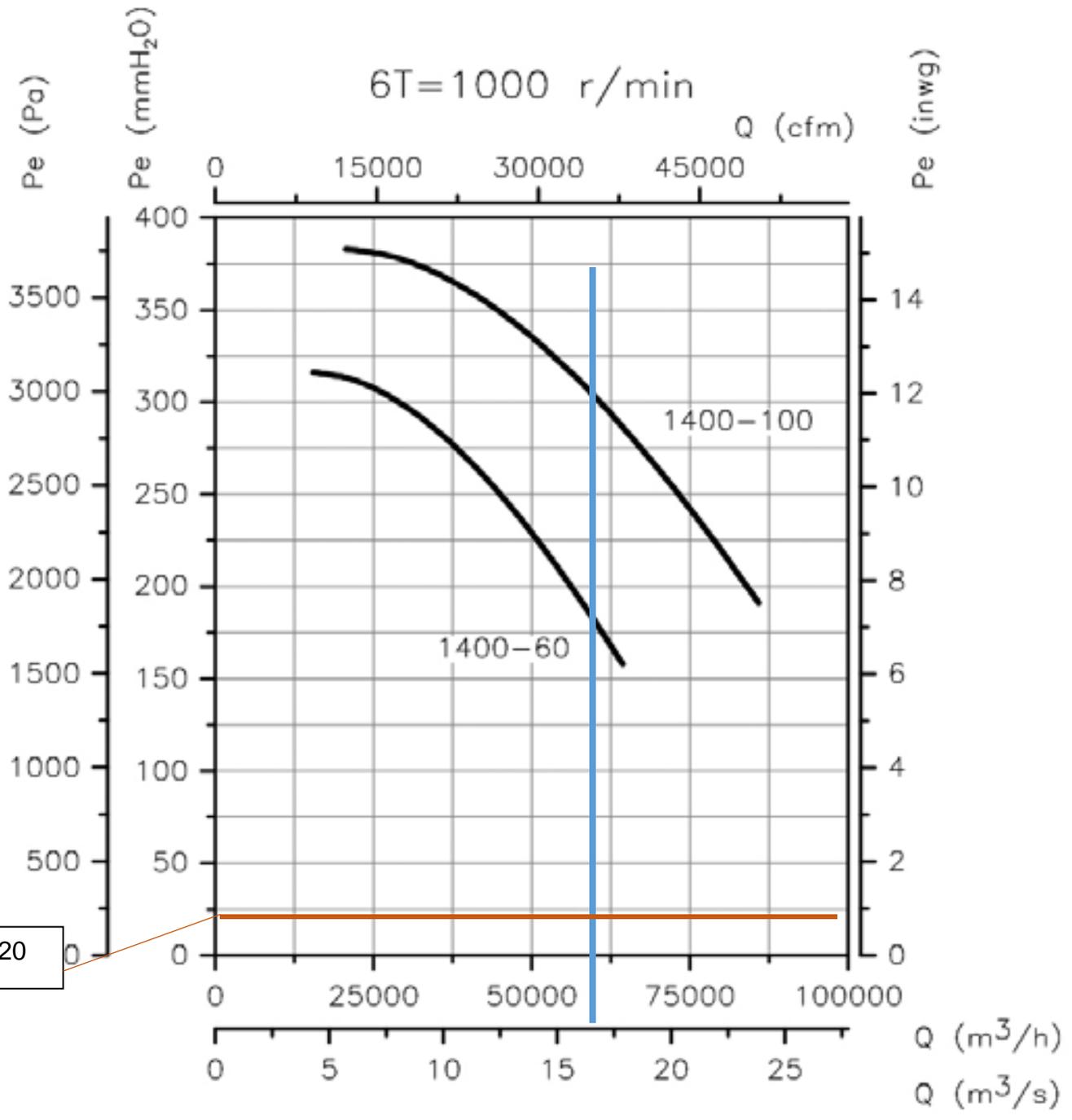
VARIABLE	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente: Diseño máquina azufradora	Es una máquina agrícola con chasis reforzado y galvanizado para garantizar una máxima durabilidad y la correcta aplicación de insecticidas y fungicidas sobre cultivos arbóreos de gran tamaño.	En muchas empresas por diferentes y variados motivos, se toma la decisión de proceder a realizar un diseño de una máquina, azufradora debido a una necesidad y eso trae consigo un importante número de ventajas	Diseño mecánico	Esfuerzos Dimensión	razón
			Diseño hidráulico	Presión Caudal	razón
			Costo	Costo de Materiales	nominal
Variable Dependiente: Mejorar ratios	Razón o cociente entre dos magnitudes relacionadas entre sí, es la relación cuantitativa entre dos fenómenos que refleja una situación concreta de rentabilidad a través de sus indicadores.	La importancia de la disminución de costos, aprovechar el tiempo de operación de la máquina al máximo y fumigar de una manera más óptima conlleva a mejorar ratios.	Tiempo	Tiempo Empleado para la Fumigación	razón
			Área	Área fumigada proyectada según programación	razón

ANEXO 2

Curvas de selección de ventilador Sodeka – CASB

Para caudal de 16.33 m³/s





Pe - 1120

ANEXO 3

CARACTERÍSTICAS DE LA MAQUINA

Propiedades físicas

Estructura.SLDASM

Reemplazar las propiedades de masa... Recalcular

Incluir sólidos/componentes ocultos

Crear operación de centro de masa

Mostrar masa de cordón de soldadura

Informar de valores de coordenadas relativos a: -- predeterminado --

Propiedades de masa de Estructura
 Configuración: Predeterminado
 Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Masa = 125538.25 gramos

Volumen = 15890917.34 milímetros cúbicos

Área de superficie = 10769231.24 milímetros cuadrados

Centro de masa: (milímetros)
 X = -242.77
 Y = -612.33
 Z = 2487.43

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (gramos * milímetro)
 Medido desde el centro de masa.

Ix = (0.96, -0.27, -0.10)	Px = 67407745563.05
Iy = (-0.09, 0.02, -1.00)	Py = 94244090400.09
Iz = (0.27, 0.96, 0.00)	Pz = 132389876080.65

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)
 Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de r

Lxx = 72359468687.50	Lxy = -16813259569.14	Lxz = -23951830.
Lyx = -16813259569.14	Lyy = 127679836501.12	Lyz = 866306950
Lzx = -2395183029.08	Lzy = 866306950.43	Lzz = 940024068

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)
 Medido desde el sistema de coordenadas de salida.

Ixx = 896175283494.93	Ixy = 1848777213.93	Ixz = -782054034
Iyx = 1848777213.93	Iyy = 911824986757.81	Iyz = -190343586
Izx = -78205403480.09	Izy = -190343586059.26	Izz = 1484711877

Ayuda Imprimir... Copiar al portapapeles

SOLIDWORKS MBD

Insuficiente

Propiedades físicas

multiplicador.SLDPRT

Opciones...

Reemplazar las propiedades de masa... Recalcular

Incluir sólidos/componentes ocultos

Crear operación de centro de masa

Mostrar masa de cordón de soldadura

Informar de valores de coordenadas relativos a: -- predeterminado --

Propiedades de masa de multiplicador

Configuración: Predeterminado

Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico

Masa = 209252.76 gramos

Volumen = 26487690.62 milímetros cúbicos

Área de superficie = 808796.23 milímetros cuadrados

Centro de masa: (milímetros)

X = 0.00
Y = 210.33
Z = 100.05

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (gramos * milímet Medido desde el centro de masa.

lx = (0.00, 0.99, 0.11)	Px = 2481029197.35
ly = (-1.00, 0.00, 0.00)	Py = 4364381417.79
lz = (0.00, -0.11, 0.99)	Pz = 4943768988.79

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)

Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de r

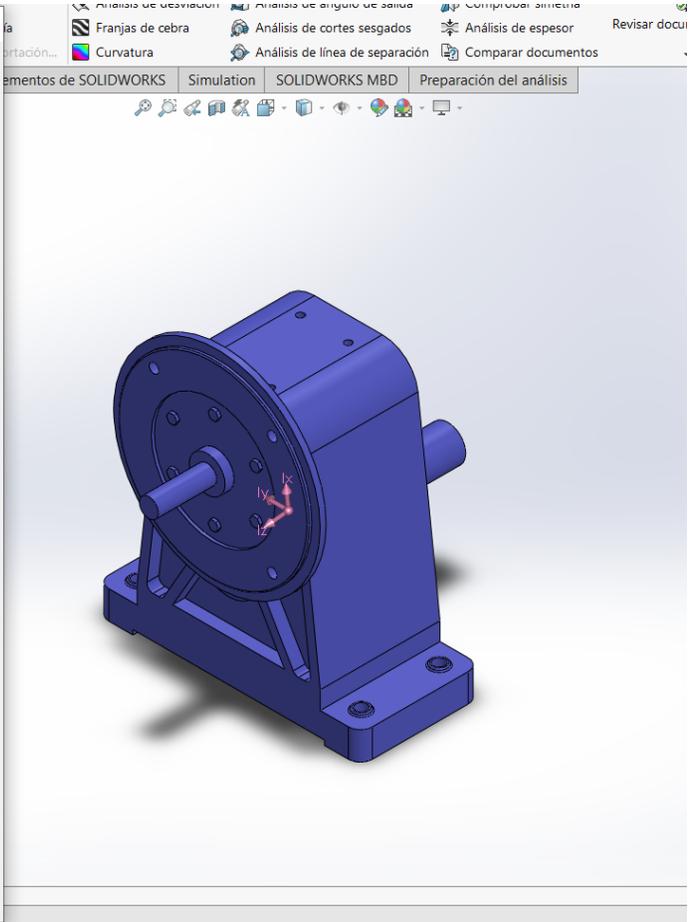
Lxx = 4364381417.79	Lxy = 0.00	Lxz = 0.00
Lyx = 0.00	Lyx = 2510074752.21	Lyz = 265872148
Lzx = 0.00	Lzy = 265872148.75	Lzz = 491472343

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)

Medido desde el sistema de coordenadas de salida.

lxx = 15715683957.70	lxy = 0.00	lxz = 0.00
lyx = 0.00	lyy = 4604623187.44	lyz = 4669134555.5
lzx = 0.00	lzy = 4669134555.78	lzz = 1417147755.5

Ayuda Imprimir... Copiar al portapapeles



Propiedades físicas

union manguera tolv.SLDPRT

Opciones...

Reemplazar las propiedades de masa... Recalcular

Incluir sólidos/componentes ocultos
 Crear operación de centro de masa
 Mostrar masa de cordón de soldadura
Informar de valores de coordenadas relativos a: -- predeterminado --

Propiedades de masa de union manguera tolv
Configuración: Predeterminado
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Densidad = 0.00 gramos por milímetro cúbico

Masa = 151003.73 gramos

Volumen = 54513982.57 milímetros cúbicos

Área de superficie = 26881720.23 milímetros cuadrados

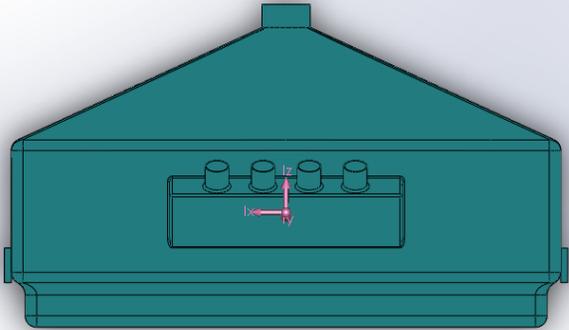
Centro de masa: (milímetros)
X = 0.62
Y = -17.20
Z = -301.05

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (gramos * milímetro Medido desde el centro de masa.
Ix = (1.00, 0.00, 0.00) Px = 65769664475.98
Iy = (0.00, 0.98, -0.18) Py = 115243042542.13
Iz = (0.00, 0.18, 0.98) Pz = 134189658439.54

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)
Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de r
Lxx = 65769726517.28 Lxy = 41106274.45 Lxz = 46445299.3
Lyx = 41106274.45 Lyy = 115836606348.13 Lyz = -330061631
Lzx = 46445299.35 Lzy = -3300616396.35 Lzz = 133596032

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)
Medido desde el sistema de coordenadas de salida.
Ixx = 79499821373.60 Ixy = 39505312.99 Ixz = 18427896.9
Iyx = 39505312.99 Iyy = 129522073350.66 Iyz = -251860908
Izx = 18427896.98 Izy = -2518609084.67 Izz = 1336407751

Ayuda Imprimir... Copiar al portapapeles



Propiedades físicas

ventilador.SLDASM

Opciones...

Reemplazar las propiedades de masa... Recalcular

Incluir sólidos/componentes ocultos

Crear operación de centro de masa

Mostrar masa de cordón de soldadura

Informar de valores de coordenadas relativos a: -- predeterminado --

Propiedades de masa de ventilador

Configuración: Predeterminado

Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Masa = 388727.76 gramos

Volumen = 48590970.02 milímetros cúbicos

Área de superficie = 30093034.27 milímetros cuadrados

Centro de masa: (milímetros)

X = -64.03
Y = -298.74
Z = 1245.93

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (gramos * milímet
Medido desde el centro de masa.

lx = (-0.32, 0.95, 0.04)	Px = 118859415209.81	
ly = (-0.95, -0.32, 0.01)	Py = 170445783467.38	
lz = (0.03, -0.03, 1.00)	Pz = 229215944909.91	

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)

Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de r

Lxx = 165132805534.74	Lxy = -15665726232.56	Lxz = -211852346
Lyx = -15665726232.56	Lyy = 124351646538.99	Lyz = 383974781
Lzx = -2118523464.50	Lzy = 3839747812.24	Lzz = 229036691

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)

Medido desde el sistema de coordenadas de salida.

lxx = 803258710871.01	lxy = -8229910104.41	lxz = -331307573
lyx = -8229910104.41	lyy = 729379997748.86	lyz = -140846001
lzx = -33130757392.83	lzy = -140846001717.79	lzz = 2653218611

Ayuda Imprimir... Copiar al portapapeles

