

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:

INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA FUMIGAR
INVERNADEROS, USANDO UN SISTEMA MECÁNICO PARA LA COMUNIDAD
DE ALAMBI, PARROQUIA DE NONO.**

AUTORES:

ALEXIS MEDARDO MASABANDA CÁRDENAS

ROBERTO LUIS MEJÍA MENDÍA

TUTOR:

MILTON SALOMÓN JAMI LEMA

Quito, julio del 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Alexis Medardo Masabanda Cárdenas y Roberto Luis Mejía Mendía, con documento de identificación N° 172685762-4 y N° 172023241-0 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: “DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA FUMIGAR INVERNADEROS, USANDO UN SISTEMA MECÁNICO PARA LA COMUNIDAD DE ALAMBI, PARROQUIA DE NONO”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Mecánicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Alexis Medardo Masabanda Cárdenas
CI. 1726857624

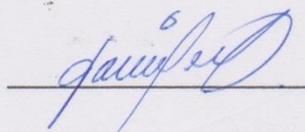
Roberto Luis Mejía Mendía
CI. 1720232410

Quito, julio del 2020

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA FUMIGAR INVERNADEROS, USANDO UN SISTEMA MECÁNICO PARA LA COMUNIDAD DE ALAMBI, PARROQUIA DE NONO.” realizado por Alexis Medardo Masabanda Cárdenas y Roberto Luis Mejía Mendía, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, julio del 2020



Milton Salomón Jami Lema.

C.I. 1707254171

DEDICATORIA

A nuestro Dios quien me lleno de fe y esperanza en cada etapa de esta trayectoria, a mis padres, Medardo y Patricia que me han apoyado incondicionalmente en todos los momentos difíciles, ya que son ejemplo de lucha y dedicación para alcanzar todas las metas propuestas; a mi hijo Leonel y a mi esposa Daniela, quienes son los que me han dado la fuerza y voluntad de no rendirme además de su gran apoyo que me dan día a día para culminar esta etapa de mi vida, a mis hermanos Leslie y Ariel quienes siempre han sido parte fundamental de mi vida y me han sabido ayudar en todo momento, y a mi familia quienes siempre me han dado fortaleza para superar toda adversidad.

Alexis

A mis padres, por su apoyo moral y económico para culminar esta etapa de mi vida sin dejar de perseverar y lograr esta meta. Guiándome en los momentos difíciles, son un ejemplo de esfuerzo y sacrificio para conseguir los propósitos en la vida. Finalmente, a mi novia Mayra, quien fue mi motivación para retomar mis estudios superiores y ha sido un apoyo total e incondicional a lo largo de mi carrera.

Roberto

AGRADECIMIENTO

Queremos extender un especial agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana, por ser fuente de saberes y por formarnos como buenos profesionales con valores, a nuestros docentes por haber compartido sus conocimientos a lo largo de nuestra formación académica, y en especial queremos agradecer al Ingeniero Milton Jami tutor de nuestro proyecto técnico quien nos ha guiado con paciencia, y nos ha compartido parte de sus conocimientos para la culminación de nuestro trabajo de grado.

Alexis y Roberto

ÍNDICE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
GLOSARIO	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Desaparición de especies endémicas	1
1.2. Condiciones ambientales de Nono.....	1
1.3. Conservación de las plantas nativas en los invernaderos	2
1.4. Los plaguicidas en Ecuador	2
1.5. Fertilizantes y fungicidas biológicos	3
1.6. Insecticidas ecológicos	3
1.6.1. Aceite de NEEM.....	3
1.6.2. Insecticida de extracto de Ajo	3
1.6.3. Insecticidas de semillas de cítricos.....	3
1.7. Materiales.....	4
1.7.1. Acero AISI 5115.....	4
1.7.2. Rodamientos	5

1.7.3.	Soldadura	6
1.7.4.	Tubo redondo estructural.....	8
1.7.5.	Boquilla pulverizadora de agua	9
1.7.6.	Bomba para aplicaciones agrícolas.....	11
1.7.7.	Levas.....	12
1.7.8.	Cadenas.....	14
1.7.9.	Piñones de cadena.....	15
1.7.10.	Sistema biela manivela	16
CAPÍTULO II		18
2.	Planteamiento del problema	18
2.1.	Requerimientos funcionales.....	18
2.2.	Requerimientos de diseño	18
2.3.	Estudio de alternativas para la transmisión de movimiento	19
2.3.1.	Forma de selección	19
2.3.2.	Parámetros para la evaluación	19
2.3.3.	Funcionalidad	20
2.3.4.	Capacidad de fumigación	20
2.3.5.	Mantenimiento sencillo	20
2.3.6.	Costos de fabricación.....	20
2.4.	Alternativa 1	20
2.4.1.	Especificación de las partes.....	21
2.4.2.	Ventajas y desventajas.....	21
2.5.	Alternativa 2	22
2.5.1.	Especificación de las partes.....	23
2.5.2.	Ventajas y desventajas.....	23
2.6.	Alternativa 3	24
2.6.1.	Especificación de las partes.....	24

2.6.2.	Ventajas y desventajas.....	25
2.7.	Evaluación de parámetros	26
CAPÍTULO III.....		29
3.	CÁLCULOS.....	29
3.1.	Diseño de la máquina fumigadora	29
3.2.	Selección de la bomba de fumigación	29
3.2.1.	Reservorio.....	29
3.2.2.	Pistón	29
3.3.	Cálculo de la relación de transmisión	29
3.4.	Selección de los piñones de transmisión.....	30
3.5.	Selección de la cadena de transmisión.....	30
3.6.	Selección de chumacera.....	31
3.7.	Cálculo de la fuerza de empuje.....	31
3.8.	Cálculo del torque en el eje de las llantas	33
3.9.	Diseño del eje de las llantas	33
3.9.1.	Factor de seguridad real mediante Von Misses	37
3.9.2.	Análisis a fatiga del eje.....	39
3.9.3.	Número de ciclos	39
3.10.	Diseño del eje de la excéntrica.....	39
3.10.1.	Factor de seguridad real mediante Von Misses	43
3.10.2.	Análisis a fatiga del eje.....	44
3.10.3.	Número de ciclos	44
3.10.4.	Concentración de esfuerzos para la muesca crítica	46
3.11.	Cálculos para determinar la soldadura	51
3.12.	Elección de los pernos.....	53
3.13.	Determinación del caudal de la bomba.	57
3.14.	Selección de la boquilla.....	58

CAPÍTULO IV	60
4. COSTOS	60
4.10. Costos directos	60
4.10.3. Costo de materia prima.....	60
4.10.4. Costo de elementos normalizados	61
4.10.5. Costo de construcción.....	62
4.10.6. Costo de mecanizado	63
4.10.7. Costo mano de obra	63
4.11. Costos indirectos	64
4.11.1. Costo de diseño.....	64
4.11.2. Costos adicionales	64
4.12. Costo final de la fumigadora	65
4.12.1. Costo ingresos y egresos	65
4.12.2. Costo egreso anual.....	66
4.13. Análisis financiero.....	66
4.13.1. Depreciación.....	67
4.13.2. Flujo neto de efectivo	67
4.14. Cálculo del VAN Y TIR.....	68
4.14.1. Cálculo del valor actual neto	68
4.14.2. Tasa interna de retorno (TIR)	70
4.14.3. Periodo de recuperación de la inversión	71
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	74
LISTA DE REFERENCIAS	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rodamiento rígido de bolas	6
Figura 2. Rodamiento axial de bolas de simple efecto	6
Figura 3. Partes de la soldadura MIG/MAG.	7
Figura 4. Pulverización cónica	10
Figura 5. Pulverización con boquilla de tres orificios	10
Figura 6. Fumigadora manual.....	11
Figura 7. Tipos de seguidores.....	13
Figura 8. Leva axial	13
Figura 9. Parte de una cadena de rodillos	15
Figura 10. Cadena de rodillos.....	15
Figura 11. Piñones de cadenas de rodillos.....	16
Figura 12. Sistema biela manivela.....	16
Figura 13. Sistema Multiplicador	21
Figura 14. Sistema Multiplicador de bandas	23
Figura 15. Sistema Multiplicador de cadena	24
Figura 16. Parámetros y alternativas de diseño.	26
Figura 17. Ponderación de alternativas.....	28
Figura 18. Diagrama de momentos del eje de las llantas en el plano x-y.	34
Figura 19. Diagrama de momentos del eje de las llantas en el plano x-z.....	35
Figura 20. Diagrama de momento del eje de la excéntrica en el plano x-y.....	40
Figura 21. Diagrama de momento del eje de la excéntrica en el plano x-z.....	40
Figura 22. Análisis del eje de las llantas mediante Von Misses.....	49
Figura 23. Análisis del eje de las llantas, estudio estático.....	49
Figura 24. Análisis del eje de la excéntrica mediante Von Misses	50
Figura 25. Análisis del eje de la excéntrica, estudio estático	51
Figura 26. Esfuerzos permisibles para soldadura.	52
Figura 27. Dimensiones para pernos de unión.	53
Figura 28. Dimensión del alto de la cabeza de un perno.....	54
Figura 29. Áreas de esfuerzo según el diámetro nominal.....	55
Figura 30: Tabla de tipos de boquillas según sus colores y caudales.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del acero AISI 5115.....	4
Tabla 2. Propiedades mecánicas acero 5115	5
Tabla 3. Amperajes recomendados según el diámetro del alambre	7
Tabla 4. Análisis de alternativas de diseño.	26
Tabla 5. Ponderación de parámetros.....	27
Tabla 6. Costos de Materia Prima.	60
Tabla 7. Costos de elementos normalizados.....	61
Tabla 8. Tiempo de mecanizado.....	62
Tabla 9. Costo de Mano de Obra.....	64
Tabla 10. Costo total de la Fumigadora.....	65
Tabla 11. Ingreso Anual.	66
Tabla 12. Egreso Anual.	66
Tabla 13. Flujo neto de efectivo anual.	67
Tabla 14. VAN en un periodo de 10 años.	69
Tabla 15. Interpretación del VAN.	69
Tabla 16. Flujo acumulado por año.	71

GLOSARIO

- **Biela manivela:** Mecanismo que transforma un movimiento circular en un movimiento de traslación o viceversa. El extremo que rota de la barra que es la manivela se encuentra unido a un punto fijo y el otro extremo se encuentra unido a la biela [1].
- **Bomba fumigadora:** Es el depósito donde se coloca el fungicida o líquidos no agresivos [2].
- **Plantas nativas:** Son aquellas que crecen en el área biogeográfica de donde son originarias. Durante miles de años fueron adaptándose a las condiciones químicas (salubridad, acidez, alcalinidad) del suelo de una determinada región geográfica, así como también a las condiciones físicas (temperatura, vientos, regímenes de lluvia) de la misma región, considerando así, como plantas indígenas propias de las zonas de origen [3].
- **Mejorar:** Consiste en perfeccionar algo, procedimiento para la variación de una noción inicial usando dicha información para perfeccionar las ideas [4].
- **Fertilizantes:** Cualquier mezcla de sustancias conteniendo uno o más de los elementos esenciales para la nutrición de las plantas que aplicadas al suelo o a la planta suministra uno o más de los elementos químicos que requieren los vegetales [5].
- **Invernadero:** Es toda aquella estructura cerrada, cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas en condiciones óptimas y fuera de temporada [6].

RESUMEN

El presente documento muestra la importancia del trabajo realizado con las comunidades del Ecuador. En el caso de la comunidad de Alambi, Parroquia de Nono se realizan actividades de sembrío y fumigación en un invernadero de plantas nativas las cuales se van a utilizar para recuperar el hábitat del quinde Zamarrito Pechinegro en la zona Noroccidental de Pichincha utilizando fumigadoras de mochila.

El trabajo se enfoca en ofrecer una alternativa práctica para la fumigación, buscando evitar la fatiga laboral al soportar grandes cargas en su espalda.

Conociendo el problema existente en la comunidad se realiza un estudio para el diseño y construcción de un equipo para fumigar invernaderos donde se utiliza un sistema mecánico para el funcionamiento.

En el capítulo I se realiza el análisis e investigación de los tipos de plantas endémicas que se cultivan en el invernadero de la comunidad, también se detalla los materiales que se van a utilizar para la construcción de la máquina,

En el capítulo II se plantean las alternativas para el diseño de la fumigadora tomando en cuenta las ventajas y desventajas de cada alternativa para de esta manera escoger la más adecuada.

En el capítulo III se encuentran los cálculos de los elementos más críticos a diseñarse, además se realizaron análisis basados en la utilización de un software para simular las cargas y esfuerzos que soportan los elementos de la máquina.

En el capítulo IV están los diferentes análisis financieros que se realizaron para determinar si la inversión favorece a la comunidad.

Palabras claves: comunidad, equipo, fumigación, invernadero, plantas nativas

ABSTRACT

This document shows the importance of the work done with the communities of Ecuador. In the case of the community of Alambi, Parroquia de Nono, sowing and fumigation activities are carried out in a greenhouse of native plants which are going to be used to recover the habitat of the fifth Zamarrito Pechinegro in the northwestern area of Pichincha using backpack sprayers.

The work focuses on offering a practical alternative for fumigation, seeking to avoid work fatigue by supporting large loads on your back.

Knowing the problem in the community, a study is carried out for the design and construction of an equipment to fumigate greenhouses where a mechanical system is used for operation.

In chapter I the analysis and investigation of the types of endemic plants that are grown in the greenhouse of the community are carried out, also the materials that will be used for the construction of the machine are detailed,

Chapter II discusses the alternatives for the design of the fumigator taking into account the advantages and disadvantages of each alternative in order to choose the most appropriate one.

Chapter III contains the calculations of the most critical elements to be designed, in addition, analyzes were carried out based on the use of software to simulate the loads and stresses that the elements of the machine support.

In chapter IV are the different financial analyzes that were carried out to determine if the investment favors the community.

Keywords: community, equipment, spraying, greenhouse, native plants.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la tala indiscriminada de los bosques nativos en el Ecuador afecta a las plantas endémicas ya que se encuentran en peligro de extinción, lo cual provoca el peligro a la fauna en la comunidad de Alambi parroquia de Nono donde tienen invernaderos en los cuales germinan las principales plantas nativas de la zona.

Las mujeres que se encuentran en la comunidad son las encargadas de los invernaderos y del sembrío de las plantas endémicas, donde realizan el cuidado de las plantas hasta el momento de ser sembradas en los bosques talados, para así lograr evitar la desaparición de muchas especies animales que tienen como hábitat dichas plantas, especialmente el colibrí zamarrillo pechinegro que es nativo de la Parroquia de Nono.

Actualmente el proceso de fumigación de las plantas en los invernaderos se realiza mediante bombas de mochila manuales, por dicha razón la comunidad de Alambi solicita la creación de una bomba de fumigar, para evitar cargar grandes pesos y además que no afecte al medio ambiente.

Por tales especificaciones realizadas por la comunidad de Alambi se procede a elaborar la máquina fumigadora accionada por un sistema mecánico biela manivela para facilitar el proceso de fumigación de las plantas y evitar el esfuerzo de cargar y que es amigable con el medio ambiente puesto que no contiene motor.

Para el diseño de la máquina fumigadora se realizó una investigación previa en donde se determinó la mejor opción, la cual consta de una transmisión de movimiento mediante piñones y cadena, en el cual la fuerza motriz proviene del rodamiento de las ruedas posteriores.

El objetivo general es el de diseñar y construir un equipo para fumigar invernaderos, usando un sistema mecánico para la comunidad de Alambi, parroquia de Nono.

Los objetivos específicos son:

- Identificar el proceso actual de fumigación de las plantas endémicas del vivero de la comunidad de Alambi.
- Analizar alternativas para diseñar un equipo de fumigación para invernadero con movilidad en las barras de aspersión.

- Diseñar los elementos de la bomba de fumigación para plantas nativas del vivero de la comunidad de Alambi y que sea accionada por energía cinética.
- Seleccionar componentes normalizados.
- Evaluar el rendimiento del equipo de fumigación mediante pruebas.
- Determinar indicadores financieros de desempeño y rentabilidad del proyecto.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Desaparición de especies endémicas

La protección del patrimonio natural del Ecuador representa un reto para todos, especialmente si se considera que la desaparición de las especies endémicas o restringidas exclusivamente al Ecuador implica su extinción global. La información básica acerca de las especies, los ecosistemas y su estado de conservación sigue siendo insuficiente para cuantificar con precisión la magnitud de las amenazas a la conservación de las especies [7].

Patrones taxonómicos de las plantas endémicas del Ecuador

Las 4500 especies de plantas endémicas del Ecuador se agrupan en 184 familias y 842 géneros. En el grupo de las briofitas están 63 especies que representan el 1,4% del total de endémicas, los helechos incluyen 181 especies que representan el 4%, hay una sola gimnosperma endémica, que representa el 0,02%; y las angiospermas con 4256 especies representan el 94% de las especies de plantas endémicas del Ecuador. La familia de las orquídeas es la más numerosa con el 37,9 % del total de especies endémicas, la segunda familia más diversa es Asteraceae que alcanza el 8%, [7].

1.2. Condiciones ambientales de Nono

El Ecuador es un país pequeño, tiene alrededor de 250 000 km²; sin embargo, la diversidad de su flora y fauna es impresionante. El Distrito Metropolitano de Quito, como no podía ser de otra manera, es un fiel exponente de la mega diversidad ecuatoriana. En el Distrito se encuentran plantas y animales que viven en diferentes ecosistemas y que componen una parte importante de la biodiversidad de nuestro país [8].

El área de Nono comprende una gradiente altitudinal que va desde los 1230 msnm hasta los 4769 msnm, lo que corresponde a dos formaciones climáticas: la Ecuatorial mesotérmica semihúmeda a húmeda y la Ecuatorial fría húmeda en la parte alta (sobre los 3200 msnm). Además, existe la influencia de los vientos húmedos y cálidos provenientes de la región pacífica del Chocó, y la prevalencia de neblina producida por la humedad de los bosques [9].

Para Nono se describen las siguientes zonas de vida:

➤ **Bosque húmedo montano bajo**

Características climáticas: Se encuentra por arriba de los 2.000 m.s.n.m y se extiende en las vertientes de la cordillera Occidental hasta los 2.900 metros, mientras en las vertientes de la cordillera Oriental alcanza una altitud de 3.000 metros. El promedio anual de precipitación pluvial oscila entre los 1.000 y 2.000 milímetros y registra una temperatura media anual entre 12 y 18° C; la vegetación de esta zona de vida, se presenta como una densa montaña, mientras dentro del Callejón Interandino, esta ha sido destruida para dar paso a la agricultura o pastizales para la ganadería [10].

➤ **Bosque muy húmedo montano bajo**

Características climáticas: Es un fenómeno orográfico de las vertientes de las dos cordilleras y ocurre en las vertientes plenamente expuestas a las masas de aire caliente y húmedo presentadas en la costa y oriente, que son obligados a ascender por encima de los que enfriándose adiabáticamente producen condiciones de inestabilidad atmosférica y frecuentes lloviznas; la vegetación de esta zona de vida, tiene mucha afinidad con la que se encuentra en el bosque húmedo Montano Bajo, siendo su característica más notable la presencia de epífitas en las copas y troncos de los árboles [10].

1.3. Conservación de las plantas nativas en los invernaderos

La comunidad de Alambi se encuentra en la Parroquia de Nono, al noroccidente de Quito, en donde el poblado es parte en el cuidado del vivero que se encuentra dentro de los invernaderos en el cual crecen 19 plantas nativas de la zona, en donde tres de ellas son de alimento para el colibrí zamarrito pechinegro, ave declarada emblemática de Quito en 2005.

El zamarrito es un ave que habita en zonas ubicadas entre los 2300 y 3000 metros de altura y se alimenta del néctar de flores endémicas: aretes, gualicones, zagalita, salvia Pichinchense, pucuneros y bromelias. Todas son típicas del bosque andino las cuales crecen en el vivero [10].

1.4. Los plaguicidas en Ecuador

En el Ecuador, la situación de los plaguicidas altamente peligrosos es preocupante. El fomento cada vez mayor de su uso, los graves impactos en la salud humana y de la naturaleza, la forma y el modo de fumigar, la falta de información, el laxo control, la

sobredosificación, el almacenamiento y la disposición final de los desechos, son entre otras, preocupaciones que deben ser tomadas en cuenta para cambiar la realidad de los agricultores y campesinos del país, de los consumidores y del ambiente [11].

1.5. Fertilizantes y fungicidas biológicos

La agricultura orgánica se define como un sistema de producción que utiliza insumos naturales y practicas especiales, como la alternación de cultivos, y prohíbe el uso de pesticidas, fertilizantes y plaguicidas sintéticos, medicamento de uso en animales, semillas modificadas genéticamente, así como conservantes y aditivos; además que la agricultura orgánica también es parte de una cadena de suministros más grande que abarca los sectores de procesamiento de alimentos, distribución y venta al por menor de dichos bienes, por lo cual se generan productos de acuerdo a estrictas normas destinadas a proteger el medio ambiente [12].

1.6. Insecticidas ecológicos

1.6.1. Aceite de NEEM

Controla eficazmente insectos en cualquier estado larvario y de pupa, además de coleópteros, dípteros hemípteros, lepidópteros, ortópteros, thisanópteros y nemátodos. Se puede aplicar con cualquier equipo de fumigación, usando agua en abundancia para cubrir el follaje, para el control de plagas mezclado con BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI (Control de orugas y mariposas), se usan dosis de 1.5 a 2 cc/l de cada producto; se recomienda realizar la fumigación en las primeras horas de la mañana o al atardecer. en horas bajas de calor y de irradiación solar, en caso necesario repetir cada 8 días [11].

1.6.2. Insecticida de extracto de Ajo

Composición química 100% extracto de ajo obtenido mediante maceración y prensado de bulbos de ajo esterilizado para prolongar la vida del mismo, es un eficaz repelente de pájaros y plagas de insectos, es sistémico de alto espectro, es absorbido por el sistema vascular de la planta. El cambio de olor natural de la planta evita el ataque de las plagas y es completamente biodegradable; combate a gusano del manzano, pulgones, escarabajo de la patata, gorgojos, gusano de alambre, lagarto cogollero, mariposa de la col, tortuguilla [11].

1.6.3. Insecticidas de semillas de cítricos

Es alguicida, fungicida y bactericida, cuya composición química contiene complejo de difenol hidroxibenceno, que provoca una acción preventiva y curativa en cultivos afectados especialmente por hongos y bacterias, en postcosecha prolonga la vida útil de frutas y vegetales reduciendo la carga fungicida y bactericida a niveles mínimos para obtener productos de calidad. La actividad iónica del extracto le permite penetrar la pared celular de los microorganismos y destruirlos sin afectar la planta en general y/o sus frutos; controla plagas como bacterias, hongos y virus [11].

1.7. Materiales

1.7.1. Acero AISI 5115

Acero con aleación para cementación, además posee núcleo con una resistencia. Se utiliza cuando se necesita una alta dureza y gran resistencia al desgaste y se combina con un núcleo de buena tenacidad. Es un acero con composición de cromo y molibdeno que es utilizado para construir engranajes, piñones y piezas cementadas que requieren una resistencia en el núcleo de entre 700 y 1200 N/mm². Posee un mecanizado muy bueno [13].

Tabla 1. Composición química del acero AISI 5115 [13].

Análisis (%)	C(carbono)	Si(silicio)	Mn(manganeso)	Cr(cromo)
16MnCr5	0.14 a 0.19	Menor a 0.30	1.00 a 1.30	0.80 a 1.10
AISI 5115	0.13 a 0.18	0.15 a 0.35	0.70 a 0.90	0.70 a 0.90

➤ **Tratamiento térmico**

Mantener a temperaturas entre 650 - 700 °C por unas 2 horas. Se procede a enfriar en un horno a 15 °C / hora hasta 600 °C, posteriormente dejar enfriar libremente.

Temperatura de cementación: entre 880 y 980 °C.

Temperatura de temple: entre 780 y 820 °C.

Temperatura de temple directo: entre 880 y 980 °C.

Temperatura de temple para el núcleo: entre 860 y 900 °C.

Temperatura de revenido: entre 150 y 200 °C.

Dureza rockwell: 60 HRC.

Medios para enfriar: Puede ser tanto en aceite como también líquido acuoso [13].

➤ **Propiedades mecánicas**

Tabla 2. Propiedades mecánicas acero 5115 [13]

Diámetro (mm)	16-40	40-100
Límite de fluencia (N/mm ²)	600	680
Esfuerzo de cedencia (Kg/mm ²)	mínimo 61	mínimo 45
Resistencia a la tracción (Kg/mm ²)	600-120	64-100
Elongación, A5	10%	11%
Resistencia al impacto, KU	≥ 50	≥ 50
Dureza (HB)	300-405	200-300

➤ Aplicaciones

Piezas usadas en la industria tales como ejes, engranajes de caja, coronas, piñones terminales de dirección, crucetas, pines de pistón [13].

1.7.2. Rodamientos

Un rodamiento consiste en un anillo con pista (anillo interior y anillo exterior), elementos rodantes como bolas o rodillos y la jaula. La jaula sirve para separar las bolas o rodillos a distancias iguales, los mantiene en su lugar entre las pistas interna externa para que puedan rodar sin problema [14].

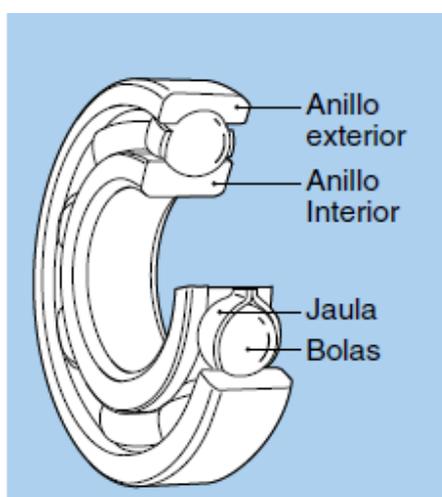


Figura 1. Rodamiento rígido de bolas [14]

Rodamiento axial

Los rodamientos axiales son diseñados para soportar cargas axiales, es decir, no deben someterse a cargas radiales. Pueden ser de simple efecto y de doble efecto.

Los rodamientos axiales de simple efecto poseen una arandela del eje, una arandela del soporte y un conjunto de bolas junto con la jaula [15].

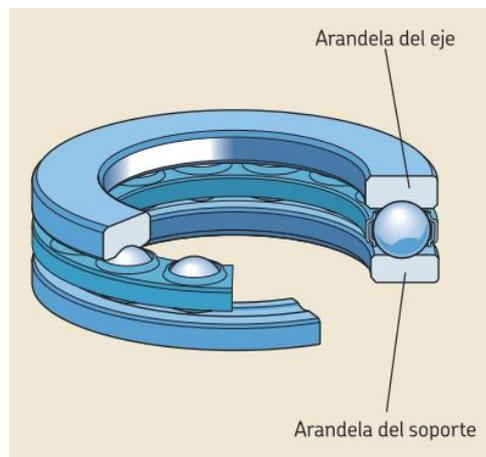


Figura 2. Rodamiento axial de bolas de simple efecto [15]

Características de los rodamientos

Todos los rodamientos tienen las siguientes ventajas:

- Tienen un coeficiente de fricción estático bajo y es mínima la diferencia con el coeficiente de fricción dinámico.
- Facilidad de lubricación y el consumo de lubricante es mínimo.
- Puede soportar tanto cargas radiales como cargas axiales al mismo tiempo.
- Utilizados en aplicaciones a altas y bajas temperaturas.

1.7.3. Soldadura

La soldadura G.M.A.W - MIG/MAG, es el proceso más difundido en la industria mecánica, puede utilizarse con la mayoría de metales como aceros al carbono y de aleación, aceros inoxidables, aluminio, hierro, cobre, zirconio y titanio. La gran mayoría de hierros y aceros

pueden unirse con MIG/MAG, hierros libres de carbono y los aceros al bajo carbono, aceros con alta resistencia que son enfriados por inmersión y luego templados, los hierros y aceros que tienen procesos de cromado o niquelado, y algunas superaleaciones. Esta técnica es de fácil aplicación, no salpica en exceso y se consigue una soldadura de alta calidad, además los consumibles se pueden encontrar en los centros ferreteros [16].

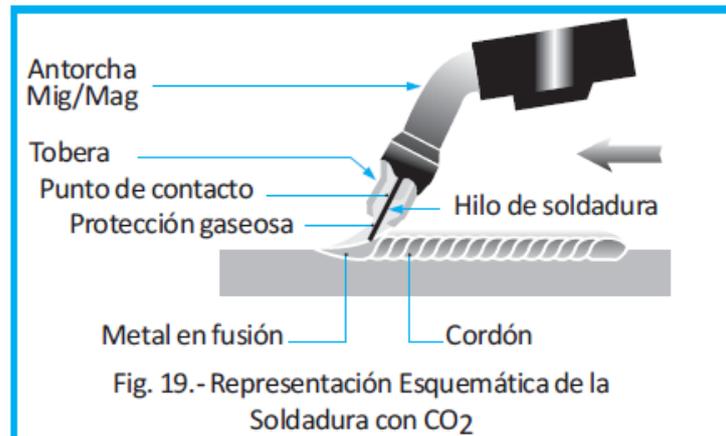


Figura 3. Partes de la soldadura MIG/MAG [17].

En este tipo de soldadura se usan gases inertes y activos de protección, además el metal del electrodo se puede encontrar en carretes de 300 metros, estos suelen estar recubiertos de mezclas desoxidantes para evitar la oxidación del metal cuando es fundido, estos son el rutilo, celulosa o polvo de hierro. Se debe tener en cuenta la dimensión del alambre para la potencia equipo [16].

Tabla 3. Amperajes recomendados según el diámetro del alambre [16]

Dimensión	Amperaje recomendado
0.76mm	60-120 A
0.90mm	80-220 A
1.02mm	90-280 A
1.14mm	100-340 A
1.6mm	250-500 A

Ventajas de la soldadura MIG/MAG

- Soldadura limpia, es decir, no produce escoria sino un polvillo de óxido que es muy fácil de limpiar luego de la soldadura.
- Gran velocidad para soldar, debido a la aportación que se realiza mediante alambre continuo y de esta manera el proceso no se interrumpe para un cambio de electrodo, lo produce una mejor productividad.
- Se logra una gran soldadura aún en posiciones y puntos difíciles con bordes más cerrados. El espesor del cordón es más reducido en relación con otros procedimientos de soldadura.
- Las uniones tienen mayor resistencia a la corrosión, ya que el gas protector impide que exista contacto entre la atmósfera y el metal en fusión.
- Se puede realizar la soldadura para todos los metales industriales como el aluminio, aceros inoxidable, magnesio, aceros al carbón, níquel, titanio, cobre [16].

1.7.4. Tubo redondo estructural

Los perfiles estructurales son fabricados con bandas de acero, estas bandas son laminadas en caliente para luego pasar por varios rodillos y sufrir un proceso de formado en frío para así lograr la geometría de cada perfil [18].

Características

- Posee resistencia a la compresión ya que los perfiles tubulares admiten elementos más esbeltos que los perfiles abiertos.
- Tiene resistencia a la torsión, así la rigidez a torsión es más elevada que otros perfiles.
- Resistencia a la flexión debido a su comportamiento de un IPN, y mejor resistencia que un perfil abierto.
- Resistencia a la tracción debido al uso de uniones soldadas en toda su extensión, esto hace la sección resistente en las uniones, contrario al caso de las atornilladas.
- Tiene resistencia a la fatiga, por el amplio número de aplicaciones mecánicas.
- Resistencia al fluido-dinámica porque posee una reducida oposición al empuje de fluidos en movimiento, esto los hace adecuados para estructuras submarinas [19].

Ventajas del perfil tubular acabado en frío y del acabado en caliente

Tubo acabado en frío:

- Superficie más lisa, como resultado de la laminación.
- La superficie se encuentra adaptada bastante bien a la pintura.
- Espesor y tolerancias reducidas no mayores a 5mm.
- Límite de elasticidad alto, según las exigencias de fabricación.
- Al realizar el laminado se consigue una estructura granular más fina.
- Costo económico flexible [19].

Tubos conformados en frío y tratados térmicamente:

- Espesor regular.
- Tensiones inexistentes.
- Se garantiza elevados estiramientos [19].

Tubos conformados en caliente:

- La zona soldada es homogénea debido al tratamiento térmico.
- Las tensiones residuales se eliminan.
- Garantiza elevados estiramientos.
- La relación entre el espesor y el diámetro son más altos.
- Los radios de ángulo pueden ser pequeños [19].

1.7.5. Boquilla pulverizadora de agua

Las boquillas pulverizadoras son las encargadas de distribuir el fungicida. Para diferentes tratamientos se necesitan diferentes tipos de boquillas, además las boquillas sufren desgaste lo que afecta la distribución adecuada, por lo que se necesita verificar constantemente su estado y desechar aquellas que presenten una variación de caudal mayor al 10%. Las boquillas más usuales son:

Boquillas de turbulencia o cónicas

Las características para pulverizar dan un rociado tipo hueco, con gotas grandes y presiones bajas. Si la presión aumenta entonces la pulverización será más fina.

Estas boquillas son utilizadas en su mayoría para aplicar fungicidas y otros químicos parecidos [20].

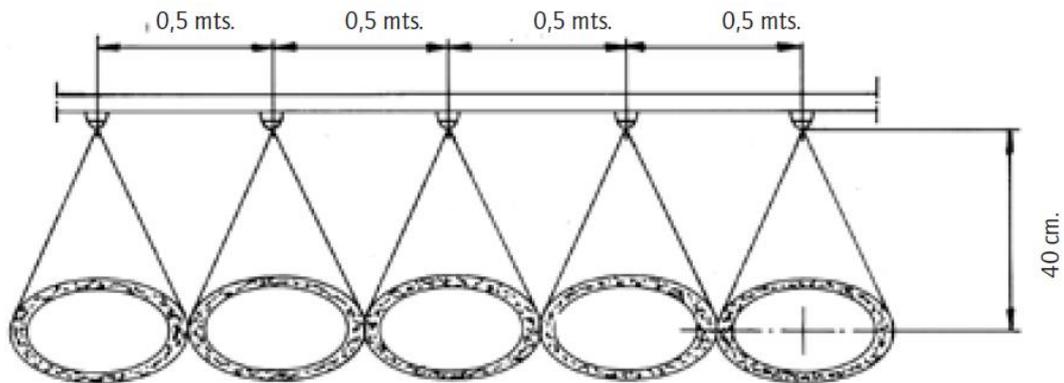


Figura 4. Pulverización cónica [20]

Boquillas de varios orificios

Poseen una placa que está perforada y un orificio para calibración, sobre esta placa se coloca un cuerpo plástico con tres perforaciones. El fungicida sale en forma de chorro por estas perforaciones, que produce sucesivas gotas, estas boquillas suelen usarse para abonos líquidos [20].

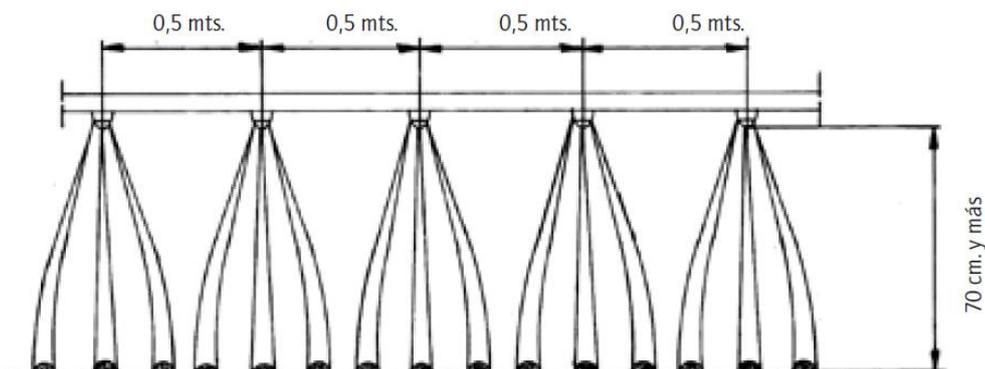


Figura 5. Pulverización con boquilla de tres orificios [20]

Selección de la boquilla

Para el uso de fungicidas la mejor alternativa es la boquilla de turbulencia cónica, ya que en este tipo de boquillas la presión no influye en la pulverización y se mantiene una distribución bastante uniforme, así como también mayor cobertura de fumigación [21].

1.7.6. Bomba para aplicaciones agrícolas

Fumigadora manual royal cóndor modelo chévere

Chasis: Plástico doble reforzado, para evitar la corrosión.

Correa acolchonada: De nylon reforzado, acolchados y regulables, permiten comodidad y soporte en las labores de aplicación.

Sistema de presión externo: Permite lubricación con aceite doméstico, sin necesidad de uso de herramientas o desarmar alguna parte del equipo.

Características técnicas

Capacidad del tanque de líquido: 20 Litros

Peso neto: 5.8 Kg

Presión de trabajo: 1 - 6 bar (14.7 – 88.2 psi)



Figura 6. Fumigadora manual

1.7.7. Levas

Una leva es un elemento que se utiliza comúnmente en un mecanismo, este elemento impulsa una componente llamada seguidor, un sistema leva-seguidor es similar a los eslabonamientos. Las levas permiten movimientos difíciles de obtener con los eslabonamientos [22].

Clasificación

Según el movimiento que tiene el seguidor: trasladante o de forma rotatoria (oscilante).

Según el tipo de leva: Puede ser radial y cilíndrica.

De acuerdo al tipo de cierre de la junta: Puede ser con cierre de fuerza.

Según la clase de seguidor: De forma curva o plana y rodante.

Según la restricción del movimiento: (CEP o posición extrema crítica), (CPM o movimiento con trayectoria crítica).

Según el programa para el movimiento: (RFD; sube-baja-se detiene), (RDFD; sube-se detiene-baja-se detiene) [23].

Tipo de Seguidor

Es el elemento del eslabón, éste tiene contacto con una leva. Se tiene tres clases de seguidores que son: rodillo, cara plana y con cierre de forma. En el seguidor tipo rodillo se tiene una baja fricción (es rodante) a diferencia de los otros seguidores, en donde se da una relación de deslizamiento donde el costo es elevado. El seguidor de cara es más pequeño que el de rodillo; además suelen ser los más usados por este motivo y por el costo. Los seguidores tipo rodillo se aplican para máquinas de producción y también se utilizan en las levas de ranura. Además son cojinetes con detalles de montaje [23].

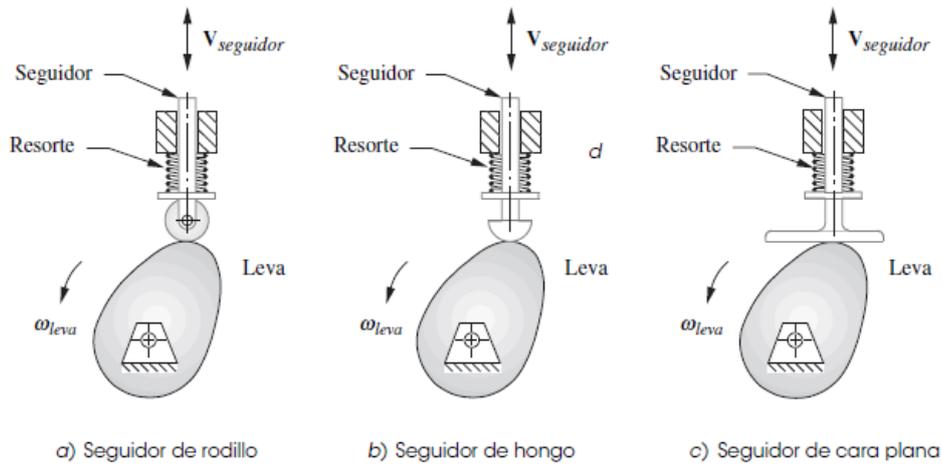


Figura 7. Tipos de seguidores [23]

Tipo de leva

Se tienen tres tipos: Levas radiales o de disco, son las levas más comunes y simples en donde el movimiento que tiene el seguidor es perpendicular con el eje de giro de dicha leva y este movimiento se da gracias al contacto con la superficie, además es moldeada sobre un disco [22].

Norton [23], menciona que la leva axial de la figura 6 se mueve en paralelo al eje de rotación de la leva, además es ranurada por lo que también tiene el nombre de leva cilíndrica o de barril con un seguidor de traslación y con cierre de forma.

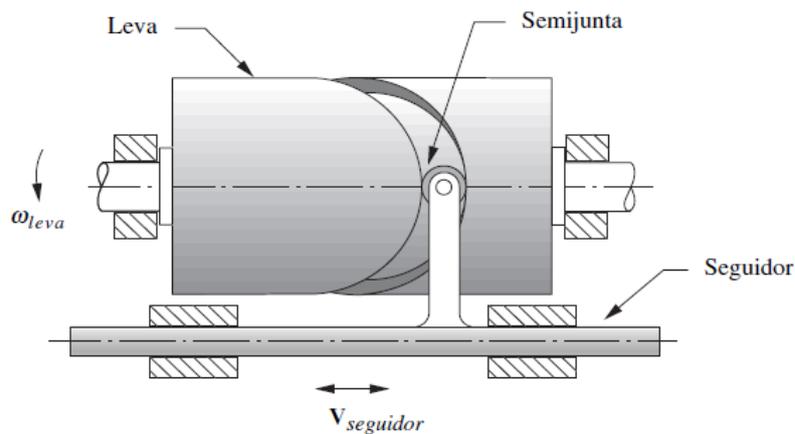


Figura 8. Leva axial [23]

1.7.8. Cadenas

Sirven para la transmitir movimiento entre dos ejes paralelos donde el sistema cuenta con dos engranes montados uno en cada eje. Además es un medio seguro para la transmisión adecuada de potencia [24].

Ventajas y desventajas

Dentro de las ventajas se pueden mencionar las siguientes:

- Pueden transmitir potencia entre ejes, y se puede variar la longitud de la cadena aumentando o quitando eslabones.
- Rendimiento elevado hasta el 98% ya que los deslizamientos no son un problema.
- La carga es mejor ya que no hay una tensión previa.

Dentro de las desventajas se mencionan:

- Para evitar el desgaste los costos son altos.
- Al realizar un montaje con precisión, se evitan fallas por fatiga y la vida útil no se ve afectada.
- La lubricación y el mantenimiento deben ser minuciosos [24].

Cadena de rodillos

La cadena de rodillos se forma por la unión de eslabones interiores y exteriores, los eslabones interiores formados por dos placas interiores, son unidas por presión. Los eslabones exteriores se forman con un par de placas que están unidas a dos ejes, estos ejes se remachan a cada lado [25].

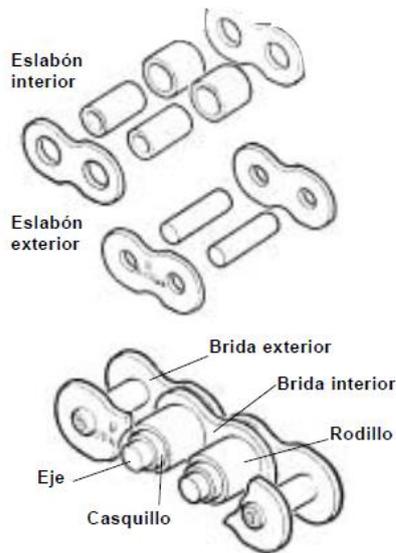


Figura 9. Parte de una cadena de rodillos[25]

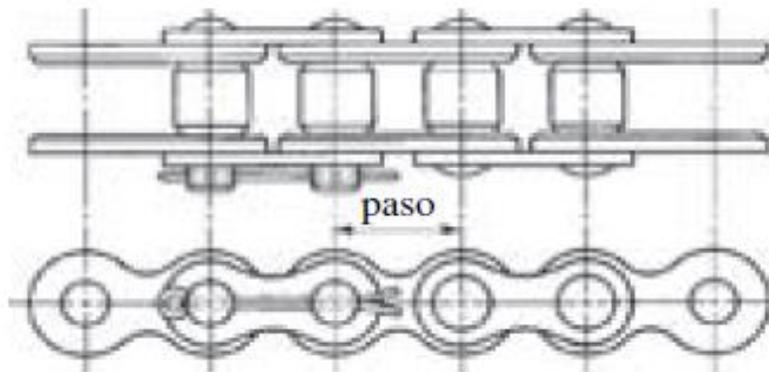


Figura 10. Cadena de rodillos [23]

1.7.9. Piñones de cadena

Para el montaje de los piñones se tiene lo siguiente:

- Deben estar paralelos tanto el piñón conductor como el piñón conducido. Además, los piñones deben estar en un plano perfecto.
- El eje en el cual se monta cada piñón debe estar centrados y sin holgura, esto podría ocasionar anomalías por la tensión que se presente.

Si se requiere un determinado paso y número de revoluciones, el número de dientes de los piñones deben ser altos, así se tendrá menores sacudidas y vibraciones, además la

transmisión será silenciosa. Para elegir el piñón se debe tener en cuenta el diámetro del cubo [26].

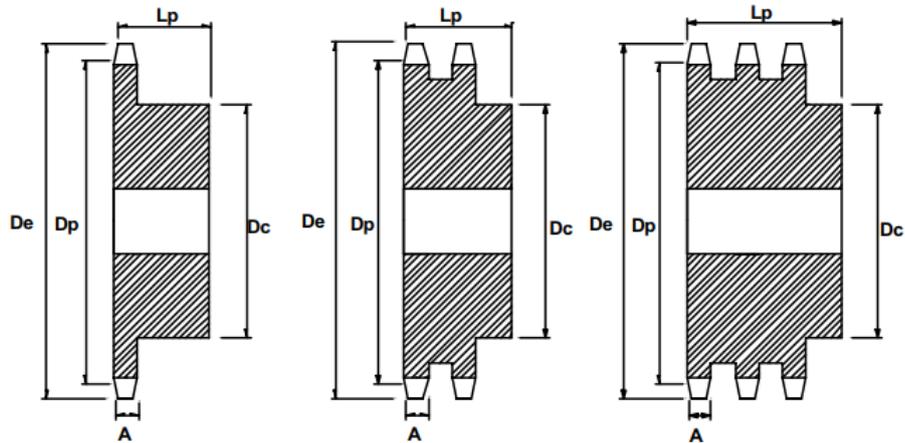


Figura 11. Piñones de cadenas de rodillos[26]

1.7.10. Sistema biela manivela

El mecanismo biela manivela utiliza una manivela, un soporte y una biela donde ésta se conecta el eje excéntrico de la manivela. El movimiento giratorio se transmite a la manivela mediante el eje, así la manivela convierte el movimiento del eje en un movimiento circular [27].

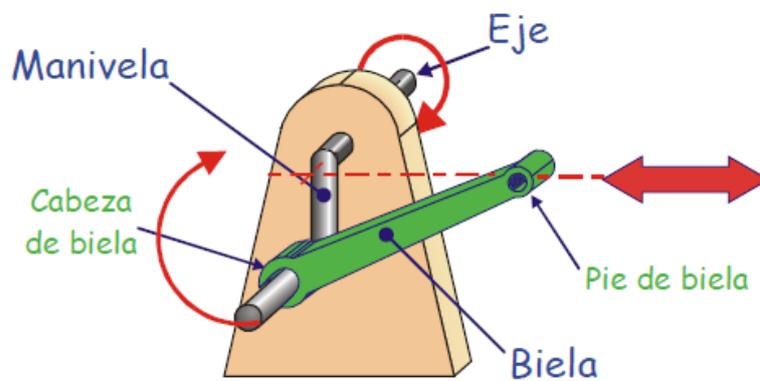


Figura 12. Sistema biela manivela [28]

Características

El mecanismo biela manivela es el punto inicial para los sistemas que desean aprovechar el movimiento rotacional de un eje, para conseguir movimientos angulares o de forma lineal. También funciona a la inversa, es decir, producir el giro a través de un movimiento recto o lineal [28].

CAPÍTULO II

Análisis y selección de alternativas

2. Planteamiento del problema

Hoy en día en los viveros de plantas endémicas de la región andina, que se cultiva en invernaderos de la parroquia de Nono, como proyecto de reforestación de los bosques con participación directa del GAD de la parroquia de Nono en la comunidad de Alambi, en el cual el sistema de fumigación, y cuidado de las plantas se encuentra a cargo de las mujeres de la comunidad, en donde los labores de fumigación se realiza con bombas para fumigar a mochila, por lo cual los operarios tienen que soportar todo el peso del equipo con el líquido a ser rociado por extensos tiempos de trabajo hasta su descarga total por lo cual ocasiona una labor pesada para los operarios [2].

Con este proyecto se desea obtener una bomba para fumigar que se acople a las necesidades de fumigación para los invernaderos de plantas endémicas de la zona noroccidental, de la comunidad de Alambi en donde este tipo de bomba sea de un precio moderado y accesible, realizando un menor esfuerzo físico para quien lo opere y aprovechar la energía cinética de las ruedas para el funcionamiento de la máquina [2].

2.1. Requerimientos funcionales

Para el diseño de la bomba que se va a realizar debe cumplir con algunos aspectos funcionales de tal manera que se obtengan los resultados esperados y no resultados deficientes, a continuación, se presenta los requerimientos funcionales básicos en la bomba para fumigar [2]:

- La bomba para fumigar debe brindar seguridad y un fácil manejo.
- Debe permitir un llenado sencillo.
- La presión de la bomba se genere a partir del movimiento cinemático de la rueda motriz.
- Que facilite trasladarla o moverla de una manera suave y sencilla sin un alto esfuerzo.
- Que permita un mantenimiento sencillo y con una gama alta de repuestos.

2.2. Requerimientos de diseño

Los requerimientos de diseño, se los ha seleccionado al realizar una visita técnica a los invernaderos de la comunidad de Alambi, en donde las personas encargadas de la fumigación mencionaron las principales necesidades y dificultades que tenían para realizar dicho proceso, así el principal pedido que se realizó de que el accionamiento de la bomba no contamine al medio ambiente, además que no sea necesario soportar o cargar todo el equipo de fumigación. Al realizar el estudio de campo se determinó que se necesita una bomba para fumigar con los siguientes parámetros [2]:

- Capacidad del tanque de 20 l.
- Presión de la bomba 14.5 (Psi).
- Las dimensiones de esta máquina no deben sobrepasar 1.20 m de alto x 2m de ancho y de largo 1.50m.
- Que las barras en donde se encuentran los aspersores no sean fijas para evitar obstáculos.
- Que la máquina pueda ser empujada por una sola persona sin mayor esfuerzo.

2.3. Estudio de alternativas para la transmisión de movimiento

Se procede a plantear diferentes alternativas las cuales nacen de algunas ideas que se hallan relacionadas con los principales requerimientos funcionales y de diseño, posteriormente se evalúan y comparan las alternativas en donde se escogerá la mejor.

2.3.1. Forma de selección

Para evaluar los diferentes parámetros se plantea una escala de calificación de la siguiente manera [29]:

5 = Excelente

4 = Muy satisfactorio

3 = Satisfactorio

2 = Regular

1 = No satisface

2.3.2. Parámetros para la evaluación

Para tomar la decisión de la mejor alternativa se analiza los parámetros de acuerdo las necesidades del equipo y a la persona(s) que la manipulen [29].

2.3.3. Funcionalidad

En este parámetro se analizará principalmente la velocidad de fumigación, presión adecuada de la bomba.

2.3.4. Capacidad de fumigación

La bomba debe tener una capacidad de fumigar el invernadero con una carga de 20 litros/hora, por lo que se analiza el tiempo de fumigación.

2.3.5. Mantenimiento sencillo

Un mantenimiento preventivo para el equipo es lo ideal ya que tiene que ser sencillo y que se tenga repuesto sin ningún problema, de preferencia el mantenimiento debe ser en periodos cortos de tiempo [29].

2.3.6. Costos de fabricación

Es importante el costo ya que la máquina a realizarse es para una comunidad.

Aprovechamiento de la energía cinética de la rueda

Es un parámetro importante ya que en base al movimiento de las ruedas se realiza la acción de bombeo del pistón de fumigadora.

2.4. Alternativa 1

Bomba para fumigar accionada por el movimiento cinemático de las ruedas con un sistema de transmisión por engranajes multiplicadores y un sistema biela manivela.

Este diseño de bomba se determina por transmitir el movimiento cinemático de la rueda al sistema biela manivela mediante transmisión por engranajes acoplados para que sea un sistema multiplicador de velocidad, y con una bomba de pistón que genera la presión de bombeo, esta bomba debe ser accionada cuando es empujada por el operario.

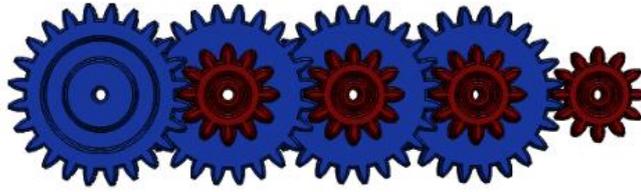


Figura 13. Sistema Multiplicador

2.4.1. Especificación de las partes

- **Estructura:** En esta se acopla el tanque, el sistema biela manivela, las ruedas y el sistema de transmisión por engranes, además que se acoplaran las barras en las cuales se encuentran los aspersores.
- **Sistema de transmisión por engranes:** se utiliza un sistema multiplicador de velocidad el cual transmite el movimiento desde la rueda a la manivela.
- **Biela y manivela:** Este sistema es el encargado de convertir el movimiento circular a lineal necesario para el funcionamiento de la bomba de pistón [2].
- **Ruedas:** Se utiliza 3 ruedas las cuales darán estabilidad y apoyo a la máquina, además que una de ellas brindara la energía cinética para el accionamiento de la bomba de pistón.
- **Tanque:** Es el reservorio o recipiente con capacidad de 20 lts dónde se almacenará la mezcla fungicida- agua o fertilizante líquido.
- **Bomba de pistón:** es en donde se produce la presión necesaria para que el líquido sea pulverizado, esta presión se da por efecto del movimiento intermitente del pistón dentro del cilindro [2].
- **Sistema de aspersión:** Nos ayuda con la aplicación del fungicida o fertilizante sobre las plantas.
- **Válvulas:** nos permiten regular la cantidad de salida del líquido.

2.4.2. Ventajas y desventajas

Ventajas

Duración y fiabilidad de funcionamiento

Fácil mantenimiento

Permite una constancia en la relación de transmisión por ausencia de patinaje
Mediante sistema de transmisión por engranajes nos da un rendimiento mayor
Se puede aprovechar la energía cinética de la rueda y se lo puede multiplicar

Desventajas

Excesivo ruido

Desgaste abrasivo en la superficie de los dientes

No puede transmitir potencia entre distancias grandes entre centros

Costo elevado de fabricación

La máquina debe estar trasladándose para poder accionar los sistemas de transmisión los cuales generarán la presión adecuada de bombeo.

2.5. Alternativa 2

Bomba para fumigar accionada por el movimiento cinemático de las ruedas con un sistema de transmisión por correas planas multiplicadores y un sistema biela manivela.

Esta alternativa dispone de un sistema de transmisión por correas planas las cuales son encargadas de transmitir el movimiento de la rueda a la biela manivela la cual acciona la bomba de pistón, de tal manera que la presión es generada por el movimiento de la rueda motriz de la máquina, para posteriormente ser expulsada por los aspersores hacia las plantas.



Figura 14. Sistema Multiplicador de bandas [30]

2.5.1. Especificación de las partes

- **Estructura:** En esta se acopla el tanque, el sistema biela manivela, las ruedas y el sistema de transmisión por engranes, además que se acoplaran las barras en las cuales se encuentran los aspersores.
- **Sistema de transmisión por correas planas o bandas:** se utiliza un sistema multiplicador de velocidad el cual en el extremo de la rueda la polea 1 es de mayor diámetro que la polea 2 que va a transmitir el movimiento a la manivela.
- **Biela y manivela:** Este sistema es el encargado de convertir el movimiento circular a lineal necesario para el funcionamiento de la bomba de pistón [2].
- **Ruedas:** Se utiliza 3 ruedas las cuales darán estabilidad y apoyo a la máquina, además que una de ellas brindara la energía cinética para el accionamiento de la bomba de pistón.
- **Tanque:** Es el reservorio o recipiente con capacidad de 20 lts dónde se almacenará la mezcla fungicida- agua o fertilizante líquido.
- **Bomba de pistón:** Es en donde se produce la presión necesaria para que el líquido sea pulverizado, esta presión se da por efecto del movimiento intermitente del pistón dentro del cilindro [2].
- **Sistema de aspersión:** Permite la aplicación del fungicida o fertilizante sobre las plantas.
- **Válvulas:** nos permiten regular la cantidad de salida del líquido.

2.5.2. Ventajas y desventajas

Ventajas

Funcionamiento suave y silencioso

Costo de producción bajo

Se puede aprovechar la energía cinética de la rueda y se lo puede multiplicar

Desventajas

Pérdidas de potencia por fricción

Vida útil de la correa relativamente baja

Necesita grandes dimensiones exteriores, inconstancia de la relación de transmisión debido al patinaje que se produce en ésta

Produce una mayor carga en los ejes y cojinetes

La máquina debe estar trasladándose para poder accionar los sistemas de transmisión los cuales generarán la presión adecuada de bombeo.

2.6. Alternativa 3

Bomba para fumigar accionada por el movimiento cinemático de las ruedas con un sistema de transmisión por engranajes y cadenas planas con un sistema biela manivela.

Esta alternativa dispone de un sistema de transmisión por engranajes y cadenas las cuales son encargadas de transmitir el movimiento de la rueda a la biela manivela la cual acciona la bomba de pistón, de tal manera que la presión es generada por el movimiento de la rueda motriz de la máquina, para posteriormente ser expulsada por los aspersores hacia las plantas.

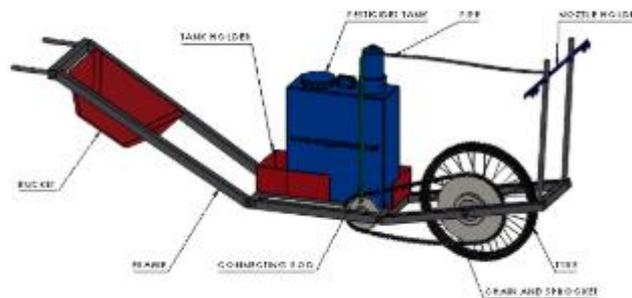


Figura 15. Sistema Multiplicador de cadena [31]

2.6.1. Especificación de las partes

- **Estructura:** En esta se acopla el tanque, el sistema biela manivela, las ruedas y el sistema de transmisión por engranes, además que se acoplarán las barras en las cuales se encuentran los aspersores.
- **Sistema de transmisión por engranajes y cadena:** se utiliza un sistema

multiplicador de velocidad el cual en el extremo de la rueda la catalina 1 es de mayor diámetro que la catalina 2 que va a transmitir el movimiento a la manivela.

- **Biela y manivela:** Este sistema es el encargado de convertir el movimiento circular a lineal necesario para el funcionamiento de la bomba de pistón [2].
- **Ruedas:** Se utiliza 3 ruedas las cuales darán estabilidad y apoyo a la máquina, además que una de ellas brindara la energía cinética para el accionamiento de la bomba de pistón.
- **Tanque:** Es el reservorio o recipiente con capacidad de 20 lts dónde se almacenará la mezcla fungicida- agua o fertilizante líquido.
- **Bomba de pistón:** Se produce la presión necesaria para que el líquido sea pulverizado, esta presión se da por efecto del movimiento intermitente del pistón dentro del cilindro[2].
- **Sistema de aspersión:** Facilita la aplicación del fungicida o fertilizante sobre las plantas.
- **Válvulas:** Nos permiten regular la cantidad de salida del líquido.
- **Manómetro:** es el encargado de medir la presión de salida del líquido para una pulverización correcta.

2.6.2. Ventajas y desventajas

Ventajas

Cuenta con dos barras con sus respectivos pulverizadores una a cada lado de la máquina lo cual incrementa el área de fumigación de la máquina.

Alta eficiencia y ausencia de patinaje

Rendimiento elevado

Mayor transmisión de potencia

Reduce las cargas sobre los ejes y rodamientos

Se puede aprovechar la energía cinética de la rueda y se lo puede multiplicar

Desventajas

Costos de mantenimiento elevados

Mantenimiento minucioso en la lubricación

La máquina debe estar trasladándose para poder accionar los sistemas de transmisión los cuales generarán la presión adecuada de bombeo.

2.7. Evaluación de parámetros

Para seleccionar la mejor alternativa se procede a la revisión y evaluación de los parámetros.

Tabla 4. Análisis de alternativas de diseño.

Parámetro	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Funcionalidad	4	4	5
Capacidad de fumigación	5	4	5
Facilidad de mantenimiento	5	4	4
Costo de fabricación	4	4	4
Aprovechamiento de la energía cinética de la rueda	4	4	5
TOTAL	22	20	23

Elaborado por Alexis Masabanda, Roberto Mejía

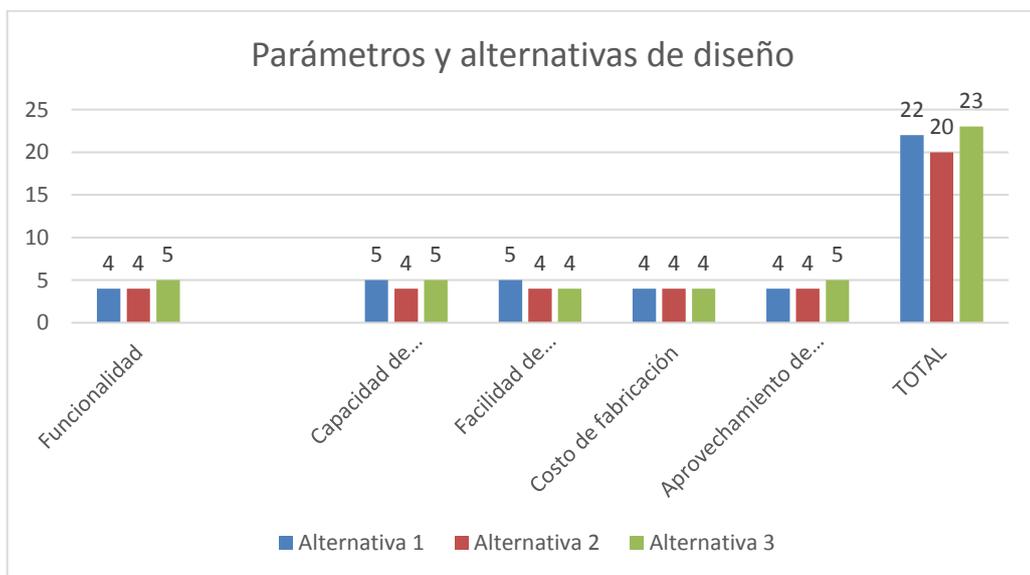


Figura 16. Parámetros y alternativas de diseño.

Elaborado por: Alexis Masabanda, Roberto Mejía

Tabla 5. Ponderación de parámetros

Parámetro	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Funcionalidad 50%	40	40	50
Capacidad de fumigación 15%	15	12	15
Facilidad de mantenimiento 5%	5	4	4
Costo de fabricación 10%	8	8	8
Aprovechamiento de la energía cinética de la rueda 20%	16	16	20
TOTAL %	84	80	97

Elaborado por Alexis Masabanda, Roberto Mejía

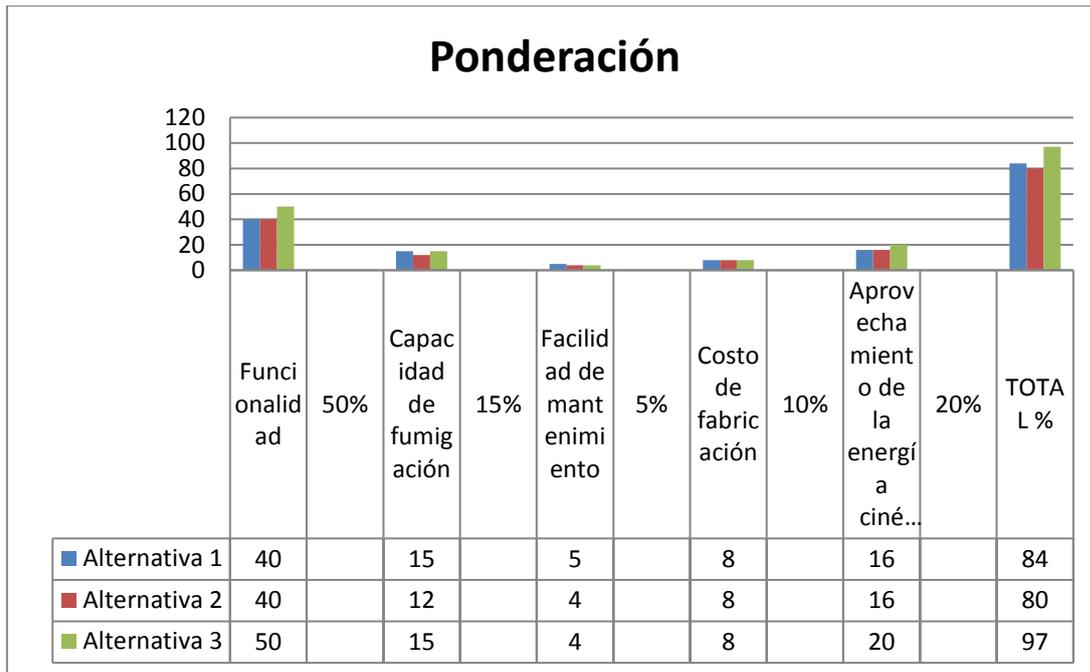


Figura 17. Ponderación de alternativas

Como se puede observar en la tabla 5 la mejor alternativa de diseño es la tercera puesto que obtuvo un valor de 23 puntos y un porcentaje de ponderación del 97 %.

CAPÍTULO III

3. CÁLCULOS

3.1. Diseño de la máquina fumigadora

Para realizar el diseño de la máquina fumigadora, se inicia con el conocimiento de la capacidad requerida, en donde los datos principales son los tomados o medidos en la comunidad, específicamente en los invernaderos de la comunidad de Alambi donde la longitud que debe fumigar es de 500 mm a cada lado y las personas encargadas de realizar la fumigación son mujeres, por lo cual realizan la petición de que la fumigadora tenga una capacidad de carga del reservorio de 20 L.

3.2. Selección de la bomba de fumigación

Es parte de la máquina que está compuesta por el reservorio y el pistón de bombeo, la cual es la encargada de dar presión al líquido para que sea pulverizado en los aspersores. Se escogió una bomba manual de marca royal cóndor de color azul.

3.2.1. Reservorio

Es en donde va la mezcla agua fungicida o insecticida orgánicos, tiene una capacidad de 20 L, está construido de un material plástico, la capacidad se determinó por los factores de los invernaderos en donde va a trabajar la máquina.

3.2.2. Pistón

El pistón es el que genera la presión del líquido, en el Anexo 1, se tiene una tabla de especificaciones técnicas en la cual se determina el rango de presión que va de 14.7 psi a 200 psi.

3.3. Cálculo de la relación de transmisión

Es de suma importancia determinar el cálculo de la relación de transmisión puesto que la bomba está diseñada para trabajar en una vuelta del piñón motriz o piñón conductor de 3 vueltas el piñón conducido.

Según J. Fredy [24], la relación de transmisión en el caso del sistema de transmisión por cadena, es el cociente entre el número de dientes de la rueda conducida y el número de dientes de la rueda conductora, en donde determina la ecuación (1):

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{Ec. (1)}$$

Dónde:

i : Relación de transmisión

Z_2 : Piñón conducido

Z_1 : Piñón conductor

$$i = \frac{36}{12} = 3$$

Con el resultado obtenido se determina la relación de transmisión ideal para el sistema, determinando los piñones normalizados a continuación.

3.4. Selección de los piñones de transmisión

Según los proveedores existentes de piñones de transmisión de movimiento se determinan los siguientes piñones normalizados, descritos en el anexo 1.

Para seleccionar los piñones, el catálogo técnico Challenge considera el número de dientes que anteriormente se determinó para obtener una relación de transmisión de 3:1, además del diámetro de perforación por donde ingresa el eje y paso de la cadena, en el anexo 2 se muestra la tabla de la cual se selecciona los piñones para el sistema [32].

Como se puede observar en el Anexo 2 la selección de los piñones a utilizar en el sistema es de tipo simple (C45), además podemos apreciar que el paso de la cadena es de 12.70 mm. Donde los piñones de 36 y 12 dientes son los encargados de la relación de transmisión de 3:1 y los piñones de 19 dientes son los que hacen funcionar la dirección de la máquina [32].

3.5. Selección de la cadena de transmisión

Para la selección de la cadena de rodillos se determinó mediante las más conocidas en el mercado y en base a la selección de los engranajes, en el anexo 3 se determina los siguientes tipos de cadenas.

En la selección del tipo de cadena, se debe tomar en cuenta el piñón que a utilizar, donde se va a recurrir el uso de piñones simples o simplex y además se conoce que el paso de la

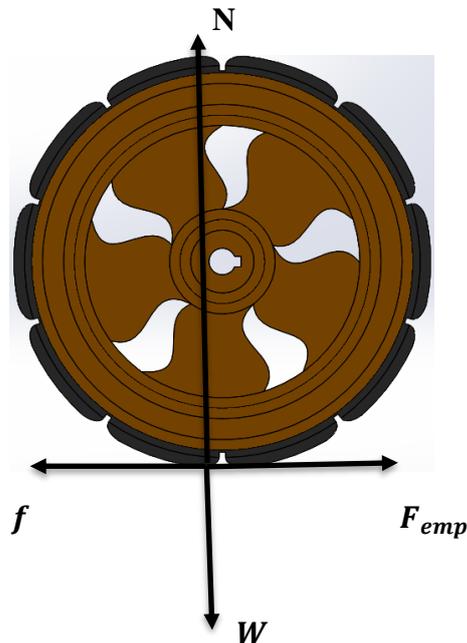
cadena para estos debe ser de 12.70 mm , ancho interior entre ruedas de 7.75 mm y diámetro de rodillo 8.51 mm; en el Anexo 4 se puede apreciar la selección de la cadena del sistema es de tipo simplex, con una denominación comercial 08B-1, la cual es la opción ideal para transmitir el movimiento de los piñones anteriormente determinados [32].

3.6. Selección de chumacera

Para la selección de las chumaceras es necesario haber diseñado con anterioridad los ejes y además tener muy en cuenta las condiciones ambientales donde va a trabajar la máquina, en el anexo 5 se puede apreciar los diferentes tipos de chumaceras de piso en la cual se seleccionó la chumacera UCP 205 del catálogo técnico de Rodamientos – Chumaceras KDF, cuya chumacera seleccionada es la que mejor se acopla a nuestros requerimientos.

3.7. Cálculo de la fuerza de empuje

Es necesario realizar el cálculo de la fuerza que se necesita para empujar la máquina, es decir, la fuerza de empuje para que la llanta se deslice.



Dónde:

$f = \mu \cdot N$ = fuerza de rozamiento

F_{emp} = fuerza de empuje

N = normal

Datos:

$$W = 40 \text{ kg}$$

$$\mu = 0.45 \text{ (valor del coeficiente de rozamiento para piso-llanta)}$$

$$\sum F_x = m \cdot a$$

$$F_{emp} - f = m \cdot a$$

$$F_{emp} = m \cdot a + f \quad \text{Ec(2)}$$

$$a = \frac{V^2}{R}$$

Dónde:

V = velocidad de la llanta (m/s)

R = radio de la llanta

$$a = \frac{(1,88)^2}{0.038}$$

$$a = 93 \frac{m}{s^2}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$N - W = 0$$

$$N = W \quad \text{Ec(3)}$$

$$N = 40 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$N = 396 \text{ N}$$

Reemplazando los valores en la ecuación 2:

$$F_{emp} = 3 * 93 + 0.45 * 396$$

$$F_{emp} = 457,2 \text{ N}$$

3.8. Cálculo del torque en el eje de las llantas

Una vez calculada la fuerza de empuje en la llanta, se necesita determinar la torsión en el eje que va colocado a las llantas. Esta torsión se calcula utilizando el diámetro de paso de la Catarina que está colocada en dicho eje y tomando la fuerza de empuje de la llanta que impulsa el giro del eje.

$$T = F * d$$

$$T = F_{emp} * r_p \quad \text{Ec(4)}$$

$$T = 457,2 \text{ N} * 60,75 \text{ mm}$$

$$T = 27,8 \text{ N.m}$$

3.9. Diseño del eje de las llantas

El diseño se inicia tomando en cuenta el torque aplicado sobre el eje de las llantas donde está la Catarina impulsado por el movimiento de las ruedas y que fue calculado anteriormente,

para encontrar las reacciones que se da en el eje se utiliza el programa Md Solid, las figuras 18 y 19 indican los cálculos de fuerza y momento máximos en los dos planos x-y y x-z que se producen en dicho eje [29].

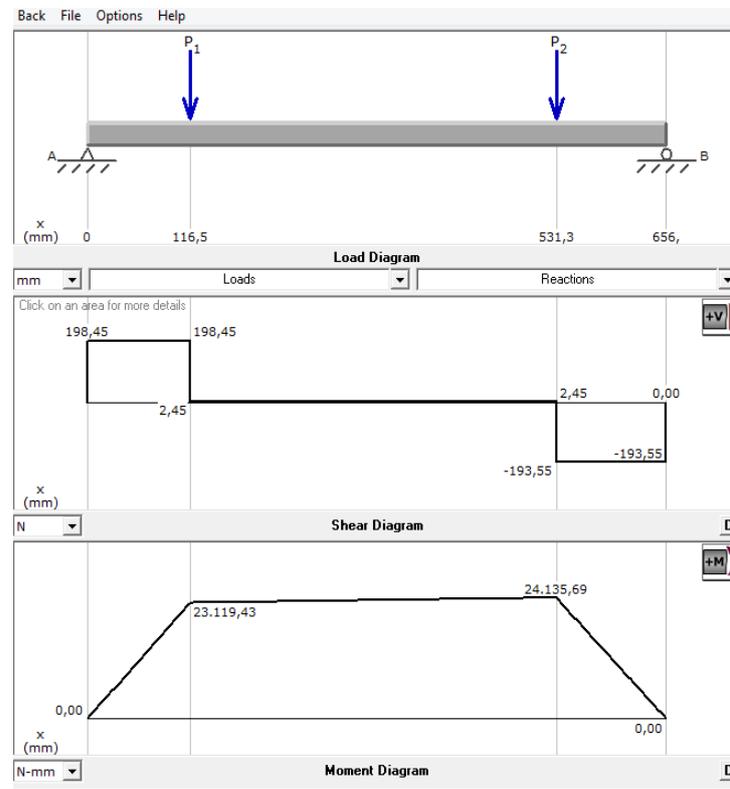


Figura 18. Diagrama de momentos del eje de las llantas en el plano x-y.

Realizado por: Alexis Masabanda, Roberto Mejía

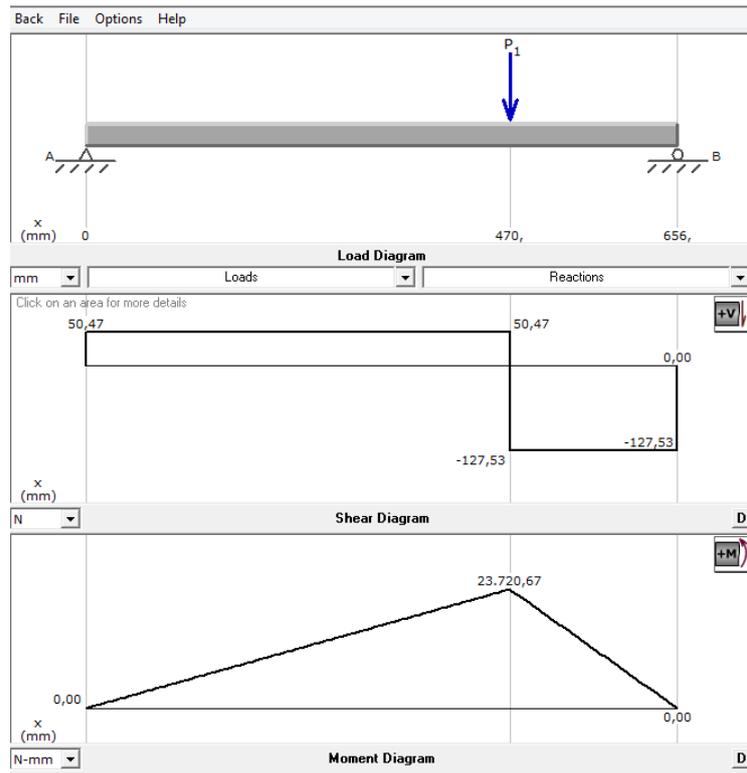


Figura 19. Diagrama de momentos del eje de las llantas en el plano x-z.

Realizado por: Alexis Masabanda, Roberto Mejía

Según los diagramas de las figuras 18 y 19, se selecciona el valor del momento máximo y se calcula con la ecuación (5), en este caso se encuentran en el punto O de cada diagrama.

$$M_{xy} = 24,136 \text{ Nm}$$

$$M_{xz} = 23,72 \text{ Nm}$$

$$M_R = \sqrt{M_{XY}^2 + M_{XZ}^2} \tag{Ec(5)}$$

$$M_{max} = \sqrt{(24,136 \text{ Nm})^2 + (23,72 \text{ Nm})^2}$$

$$M_{max} = 33,84 \text{ Nm}$$

Usando los criterios de materiales dúctiles de Von Mises, se determina el diámetro requerido por el eje usando la ecuación 6 para el momento de flexión ejercido.

$$\sigma = \frac{32xM_{max}}{\pi d^3} \quad \text{Ec(6)}$$

$$\sigma = \frac{32 \times 33,84}{\pi d^3}$$

$$\sigma = \frac{344,7}{d^3}$$

El esfuerzo debido a la torsión se indica en la ecuación 7,

$$\tau_{xy} = \frac{16 T}{\pi d^3} \quad \text{Ec(7)}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 \times 27,8}{\pi d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{141,6}{d^3}$$

La ecuación 8 indica la teoría de la distorsión de Mises, donde:

$$\sigma' = (\sigma^2 + 3(\tau_{xy})^2)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec(8)}$$

$$\sigma' = \left\{ \left(\frac{345}{d^3} \right)^2 + 3 \left(\frac{142}{d^3} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = \frac{424}{d^3}$$

Para determinar el correcto diseño se toma en cuenta el factor de seguridad que es la relación de la resistencia a la fluencia del material respecto del esfuerzo de Von Misses.

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad \text{Ec(9)}$$

S_y : Resistencia a la fluencia (AISI 1045) [310 MPa]

σ' : Esfuerzo Von Misses [MPa]

El factor de seguridad se basa usando el criterio de Robert Mott [33], que según el diseño el factor de seguridad utilizado debe estar entre 2,5 y 4.

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

Las ecuaciones (7) y (8) se igualan y se obtiene el valor d:

$$\frac{424}{d^3} = \frac{310 \text{ MPa}}{4}$$

$$d^3 = \frac{4 \times 424}{310 \text{ MPa}}$$

$$d = 18 \text{ mm}$$

El diámetro que se requiere para el eje de las llantas es de 18 mm, para la fumigadora se utiliza un eje de 24 mm (0,96 plg) de diámetro, debido a efectos del mecanizado y soldadura, además para una vida útil más larga.

3.9.1. Factor de seguridad real mediante Von Misses

Una vez calculado el diámetro, en las ecuaciones (6) y (7) se reemplaza este valor para calcular el esfuerzo debido a la torsión y el momento debido a la flexión.

$$\sigma_x = \frac{32 \times M_{max}}{\pi d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{32 \times 33,84}{\pi (0,024)^3}$$

$$\sigma_x = 25 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 \times T}{\pi d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 \times 27,8 \text{ Nm}}{\pi (0,024)^3}$$

$$\tau_{xy} = 10,2 \text{ MPa}$$

Teniendo los esfuerzos de flexión y cortante, se tiene el esfuerzo Von Misses.

$$\sigma' = \{(25)^2 + 3(10,2)^2\}^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = 30,6 \text{ MPa}$$

Con la ecuación (9) se obtiene el valor de n:

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

$$n = \frac{310 \text{ MPa}}{30,6 \text{ MPa}}$$

$$n = 10$$

Se obtiene un factor de seguridad alto ya que para diseñar el eje se seleccionó uno de mayor diámetro para realizar el acoplamiento de las llantas y los trabajos de soldadura y mecanizado.

3.9.2. Análisis a fatiga del eje

Para analizar el eje de las llantas a fatiga se toman en cuenta ciertos factores debido a las cargas que se ejercen por el giro de las llantas.

3.9.3. Número de ciclos

El número de ciclos se calcula con la ecuación 10, para de esta manera determinar si es necesario realizar el análisis de fatiga en el eje de las llantas.

$$N = \# \text{ rpm del eje} * \# \text{ horas de trabajo} \quad \text{Ec(10)}$$

$$N = 18 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times 4 \text{ horas} \times \frac{60 \text{min}}{1 \text{ hora}}$$

$$N = 4320 \text{ ciclos}$$

Por lo tanto, no se requiere el análisis a fatiga del eje de las llantas ya que el número de ciclos es inferior a 10^6 que se requiere para este análisis.

3.10. Diseño del eje de la excéntrica

Para el diseño del eje de la excéntrica, se toma en cuenta la fuerza de bombeo que se produce al girar la excéntrica junto con la manivela para bombear el fertilizante. Esta fuerza se la midió utilizando un dinamómetro como se muestra en el Anexo 2.

Para encontrar las reacciones que se da en el eje se utiliza el programa Md Solid, las figuras 20 y 21 indican los cálculos de fuerza y momento máximos en los dos planos x-y y x-z que se producen en dicho eje [29].

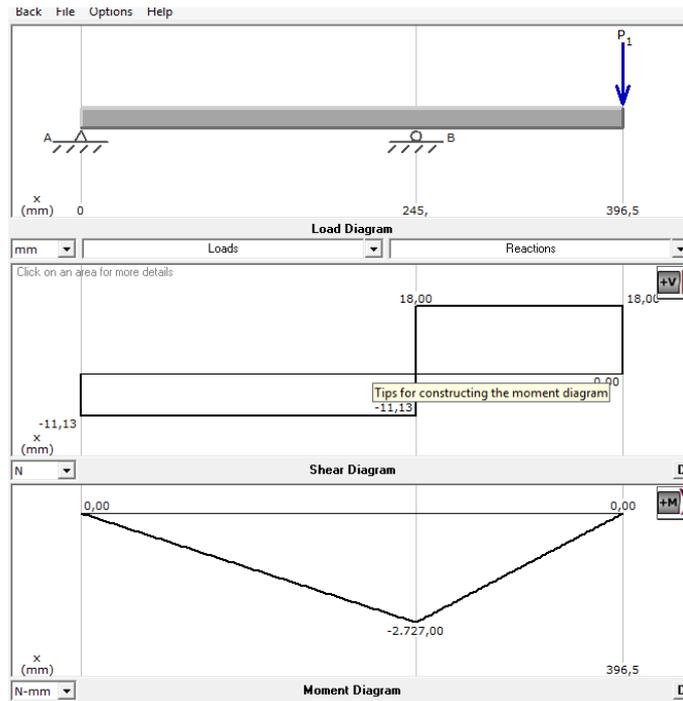


Figura 20. Diagrama de momento del eje de la excéntrica en el plano x-y.

Realizado por: Alexis Masabanda, Roberto Mejía

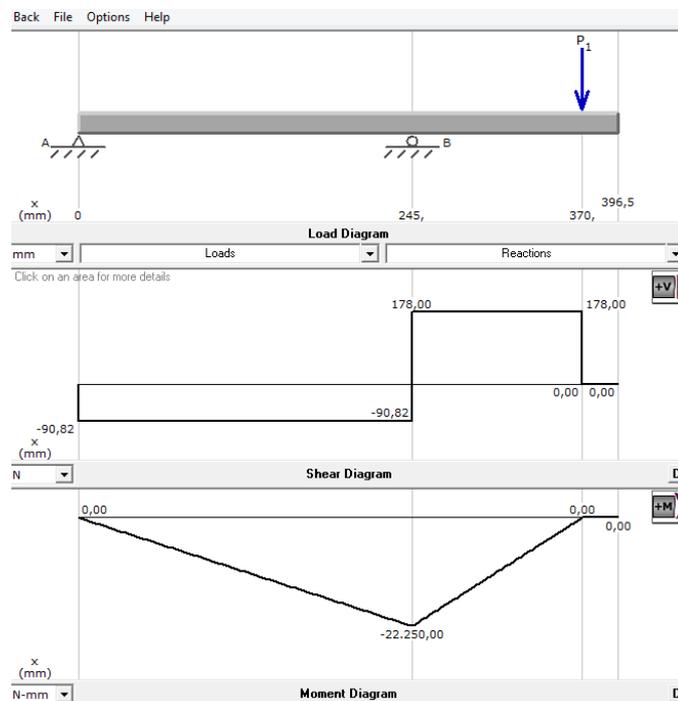


Figura 21. Diagrama de momento del eje de la excéntrica en el plano x-z.

Realizado por: Alexis Masabanda, Roberto Mejía

Según los diagramas de las figuras 20 y 21, se selecciona el valor del momento máximo y se calcula con la ecuación (5), este momento está en B para cada diagrama.

$$M_{xy} = 2,73 \text{ Nm}$$

$$M_{xz} = 22,25 \text{ Nm}$$

$$M_R = \sqrt{M_{XY}^2 + M_{XZ}^2}$$

$$M_{max} = \sqrt{(2,73 \text{ Nm})^2 + (22,25 \text{ Nm})^2}$$

$$M_{max} = 22,4 \text{ Nm}$$

Usando los criterios de materiales dúctiles de Von Misses, se determina el diámetro requerido por el eje usando la ecuación 6 para el momento de flexión ejercido.

$$\sigma = \frac{32xM_{max}}{\pi d^3}$$

$$\sigma = \frac{32x22,4}{\pi d^3}$$

$$\sigma = \frac{228,2}{d^3}$$

El esfuerzo debido a la torsión se indica en la ecuación 7,

$$\tau_{xy} = \frac{16 T}{\pi d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 x 27,8}{\pi d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{141,6}{d^3}$$

La ecuación 8 indica la teoría de la distorsión de Misses, donde:

$$\sigma' = \left(\sigma^2 + 3(\tau_{xy})^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = \left\{ \left(\frac{228,2}{d^3} \right)^2 + 3 \left(\frac{142}{d^3} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = \frac{335,5}{d^3}$$

Para determinar el correcto diseño se toma en cuenta el factor de seguridad que es la relación de la resistencia a la fluencia del material respecto del esfuerzo de Von Misses.

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

S_y : Resistencia a la fluencia (AISI 1045) [310 MPa]

σ' : Esfuerzo Von Misses [MPa]

El factor de seguridad se basa usando el criterio de Robert Mott [33], que según el diseño el factor de seguridad utilizado debe estar entre 2,5 y 4.

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

Las ecuaciones (7) y (8), se igualan y se obtiene el valor de d:

$$\frac{335,5}{d^3} = \frac{310 \text{ MPa}}{4}$$

$$d^3 = \frac{335,5 \times 4}{310 \text{ MPa}}$$

$$d = 16 \text{ mm}$$

El diámetro que se requiere para el eje de la excéntrica es de 16 mm, para la fumigadora se usa un eje con 24 mm (0,96 plg) de diámetro, debido a efectos de diseño, acople de chumaceras disponibles en el mercado y para una vida útil más larga [29].

3.10.1. Factor de seguridad real mediante Von Misses

Una vez calculado el diámetro, en las ecuaciones (6) y (7) se reemplaza este valor para calcular el esfuerzo debido la torsión y el momento debido a la flexión.

$$\sigma_x = \frac{32 \times M_{max}}{\pi d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{32 \times 22,4}{\pi (0,024)^3}$$

$$\sigma_x = 16,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16xT}{\pi d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 \times 27,8 \text{ Nm}}{\pi (0,024)^3}$$

$$\tau_{xy} = 10,2 \text{ MPa}$$

Teniendo los esfuerzos de flexión y cortante, se tiene el esfuerzo Von Misses.

$$\sigma' = \{(16,5)^2 + 3(10,2)^2\}^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = 24 \text{ MPa}$$

Con la ecuación (9) se obtiene el valor de n:

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$
$$n = \frac{310 \text{ MPa}}{24 \text{ Mpa}}$$
$$n = 13$$

Se tiene un factor de seguridad alto ya que para diseñar el eje se seleccionó uno de mayor diámetro para un adecuado acople a la estructura y chumaceras, así como también alargar la vida útil de este eje.

3.10.2. Análisis a fatiga del eje

Para analizar el eje de la excéntrica a fatiga se toman en cuenta ciertos factores debido a las cargas que se ejercen por el giro de la excéntrica y la manivela [29].

3.10.3. Número de ciclos

El número de ciclos se calcula con la ecuación 10, para de esta manera determinar si es necesario realizar el análisis de fatiga en el eje de la excéntrica.

$$N = \# \text{ rpm del eje} * \# \text{ horas de trabajo}$$

$$N = 54 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times 4 \text{ horas} \times \frac{60 \text{min}}{1 \text{ hora}}$$

$$N = 12960 \text{ ciclos}$$

Por lo tanto, no se requiere el análisis a fatiga del eje de las llantas ya que el número de ciclos es inferior a 10^6 .

Sin embargo, para el análisis de esfuerzo en la muesca crítica se requiere el valor de S_e , por lo que se procede a calcular ese valor.

- **Factor de condición superficial (K_a)**

$$K_a = a \times S_{ut}^b$$

S_{ut} se obtiene del anexo 8, es la resistencia última a la tensión para el AISI 1045.

$$S_{ut} = 570 \text{ MPa}$$

Para obtener el factor a y b se toma los valores del Anexo 9.

$$K_a = 4,51 \times 570^{-0,265}$$

$$K_a = 0,839$$

- **Factor para la modificación del tamaño (K_b)**

Con el anexo 10 se encuentra este factor, se utiliza el diámetro de 24 mm para seleccionar la ecuación correcta.

$$K_b = 1,24 d^{-0,107}$$

$$k_b = 0,88$$

- **Factor de carga (K_c)**

Debido a que el eje se somete tanto a flexión como a torsión entonces se toma el valor del anexo 11 para que soporte la flexión y torsión.

$$K_c = 1$$

- **Factor de modificación de temperatura (K_d)**

Del Anexo 12 se toma el valor de K_d , tomando en cuenta que el equipo trabaja a temperatura ambiente de 20°:

$$K_d = 1$$

- **Factor de confiabilidad (K_e)**

Se estima una confiabilidad del 99 % para el equipo, de acuerdo al anexo 13.

$$K_e = 0,814$$

- **Límite de resistencia a fatiga en el punto crítico (S_e')**

$$S_e' = 0,5S_{ut}$$

S_e' se determina del anexo 8 usando la resistencia última a la tensión, material AISI 1045:

$$S_{ut} = 570 \text{ MPa.}$$

$$S_e' = 0,5 \times (570 \text{ MPa})$$

$$S_e' = 285 \text{ MPa}$$

Remplazando los valores de cada factor en la ecuación (10), se obtiene el límite de resistencia a fatiga.

$$S_e = 0,839 \times 0,88 \times 1 \times 1 \times 0,814 \times 1 \times 285 \text{ MPa}$$

$$S_e = 171,5 \text{ MPa}$$

3.10.4. Concentración de esfuerzos para la muesca crítica

Calculando los esfuerzos máximos de flexión y cortante se puede determinar el punto crítico donde se produce

- **Factor de concentración de esfuerzos (K_{fs})**

La ecuación 11 permite calcular el factor de concentración de esfuerzos o geométrico (K_{fs}).

$$K_{fs} = 1 + q(K_{ts} - 1) \tag{Ec(11)}$$

El valor de K_{ts} se determina del anexo 14,

$$K_{ts} = 2$$

Para encontrar el valor de q , el anexo 15 muestra una gráfica usando el valor de $S_{ut} = 570 \text{ MPa}$.

$$q = 0,7$$

Una vez que se obtienen los valores de K_{ts} y q , se tiene el resultado del factor geométrico:

$$K_{fs} = 1 + (0,7) \times (2 - 1)$$

$$K_{fs} = 1,7$$

K_t se encuentra en el anexo 16, se refiere a la carga que se ejerce debido al momento de flexión.

$$K_t = 2,55$$

$$K_{tf} = 1 + q(2,55 - 1)$$

$$K_{tf} = 2,085$$

Con las ecuaciones de cargas combinadas usando el momento de flexión y torsión se procede al cálculo.

La ecuación (12), calcula el valor del esfuerzo máximo a flexión.

$$\sigma_{max} = K_{tf} \times \sigma_x \quad \text{Ec(12)}$$

$$\sigma_{max} = 2,085 \times 16,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max} = 34,4 \text{ MPa}$$

Ahora se aplica la ecuación (12), para calcular el esfuerzo cortante máximo:

$$\tau_{max} = K_{fs} \times \tau_{xy} \quad \text{Ec(13)}$$

$$\tau_{max} = 1,7 \times 10,2 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} = 17,34 \text{ MPa}$$

Tomando los datos de (12) y (13) y reemplazando los valores se obtiene el esfuerzo máximo:

$$\sigma_{max}' = (\sigma_{max}^2 + 3 \times (\tau_{max}^2))^{1/2}$$

$$\sigma_{max}' = 45,7 \text{ MPa}$$

El valor del factor de seguridad a fatiga se obtiene reemplazando los valores en la ecuación 9,

$$n_f = \frac{S_e}{\sigma_{max}'}$$

$$n_f = \frac{171,3 \text{ MPa}}{45,7 \text{ MPa}} = 3,8$$

Se ha realizado un análisis de los ejes diseñados mediante simulación en el software SolidWorks, aquí se pueden identificar los puntos críticos que existan en cada uno de los ejes.

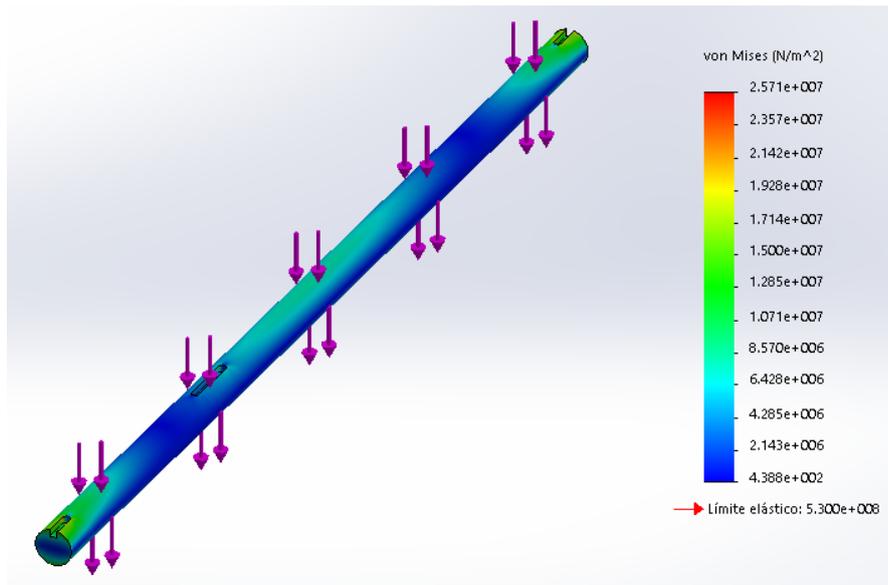


Figura 22. Análisis del eje de las llantas mediante Von Mises

Realizado por: Alexis Masabanda, Roberto Mejía

La figura 22, analiza el esfuerzo de Von Mises, que se distribuye en el eje y los puntos críticos están situados en las esquinas donde van las llantas y en la parte central del eje donde va apoyada la estructura, con 25,71 MPa de esfuerzo, esto nos indica que el diámetro del eje seleccionado es correcto ya que este valor es menor al valor de la resistencia de fluencia y así soportará las cargas [29].

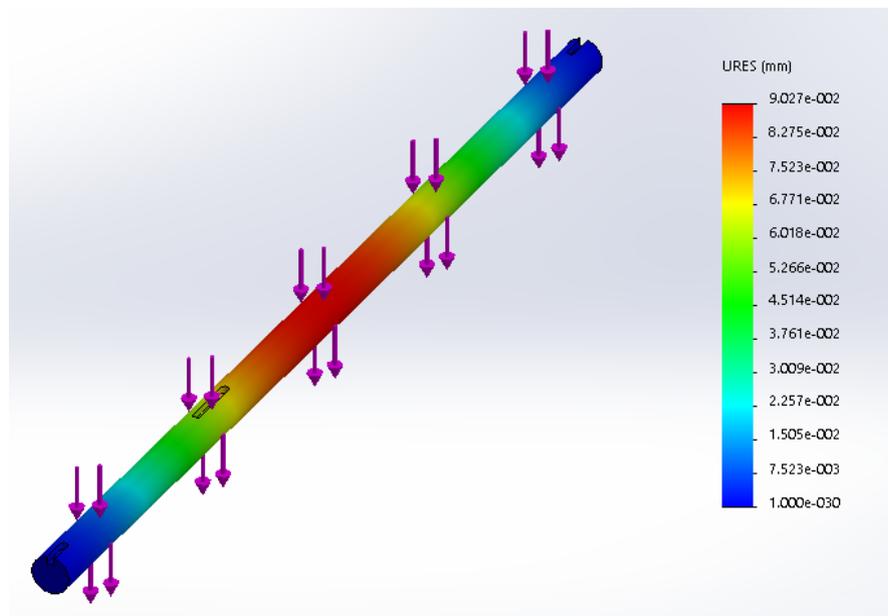


Figura 23. Análisis del eje de las llantas, estudio estático.

Realizado por: Alexis Masabanda, Roberto Mejía

La figura 23, indica el estudio estático realizado donde se observa las cargas que se aplican en el eje, se tiene un valor para el desplazamiento de $9,027 \times 10^{-2} \text{ mm}$ siendo un valor de deformación que no afecta al eje y que por tanto su diseño es adecuado [29].

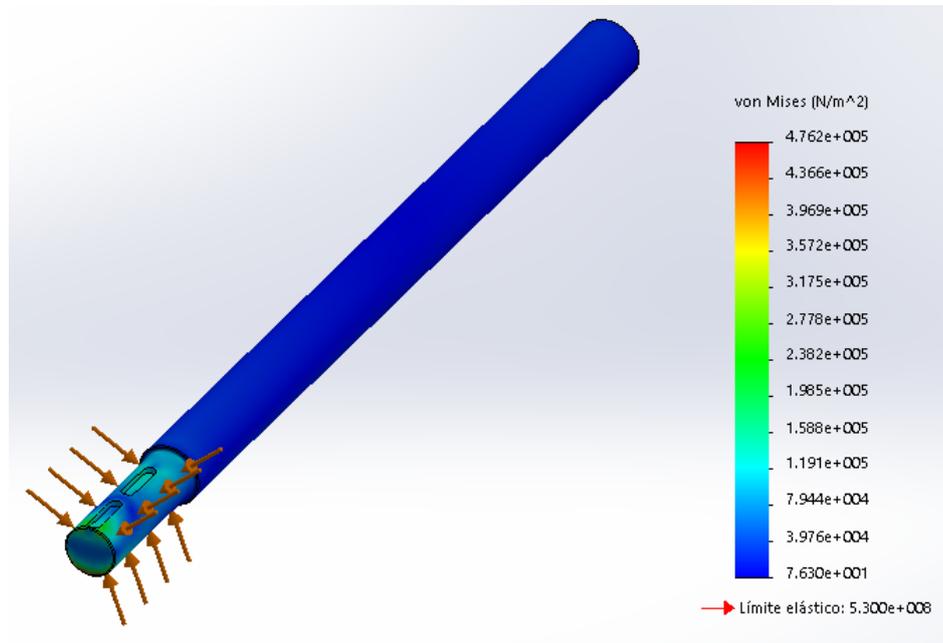


Figura 24. Análisis del eje de la excéntrica mediante Von Mises

Realizado por: Alexis Masabanda, Roberto Mejía

La figura 24, analiza el esfuerzo de Von Mises, que se distribuye en el eje y los puntos críticos están situados en la excéntrica y la catarina, con 25,71 MPa de esfuerzo, esto nos indica que el diámetro del eje seleccionado es correcto ya que este valor es menor al valor de la resistencia de fluencia y así soportará las cargas [29].

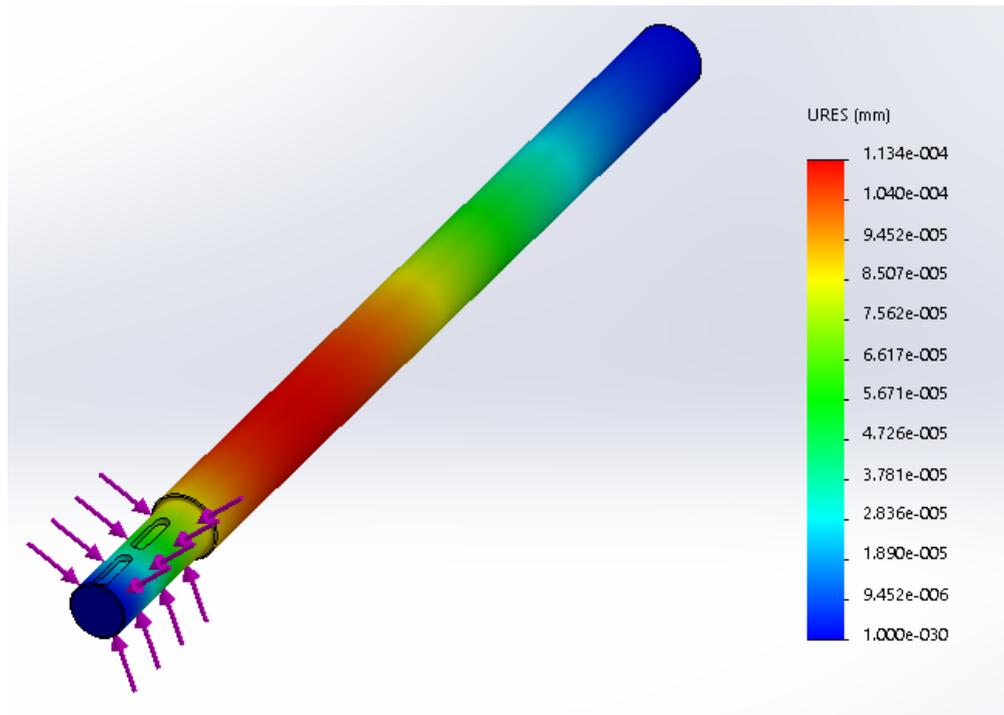


Figura 25. Análisis del eje de la excéntrica, estudio estático

Realizado por: Alexis Masabanda, Roberto Mejía

La figura 25, indica el estudio estático realizado donde se observa las cargas que se aplican en el eje, se tiene un valor para el desplazamiento de $1,134 \times 10^{-4} \text{ mm}$ siendo un valor de deformación que no afecta al eje y que por tanto su diseño es adecuado [29].

3.11. Cálculos para determinar la soldadura

Para determinar la soldadura, se debe realizar una comprobación donde el esfuerzo permisible tiene que ser mayor al esfuerzo de tensión aplicado [29].

$$\sigma = \frac{P_t}{2hl}$$

Dónde:

P_t : Fuerza que se aplica en las partes soldadas [392N].

h : Alto del cordón [0,375 plg]

l : Largo del cordón [1 plg]

$$\sigma = \frac{392 \text{ N}}{2(0,095)(0,0254)\text{m}^2}$$

$$\sigma = 0,8 \text{ MPa}$$

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n^*
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_{ut}^{\dagger}$	

Figura 26. Esfuerzos permisibles para soldadura.

Referencia: Shigley, Budinas Diseño en Ingeniería Mecánica [34]

El esfuerzo permisible para soldadura se lo determina de la figura 30, tabla tomada del libro de Shigley.

$$\sigma_{per} = 0,6 S_y$$

Donde:

S_y : Factor de fluencia del electrodo ER6011 (345 MPa)

$$\sigma_{perm} = (0,60 \times 345) \text{ Mpa} = 207 \text{ Mpa}$$

Ahora el esfuerzo permisible debe ser mayor al esfuerzo por la carga.

$$\sigma_{perm} \geq \sigma$$

$$207 \text{ Mpa} \geq 0,8 \text{ MPa}$$

El valor obtenido indica que la soldadura realizada es adecuada para el soporte de las cargas porque el esfuerzo permisible si es mayor al esfuerzo por la carga [29].

3.12. Elección de los pernos

En la elección de la cantidad de pernos que se van a utilizar en la máquina se debe tomar como una referencia el diámetro inicial de un perno, en este caso tomaremos un perno M10 que son los más comunes.

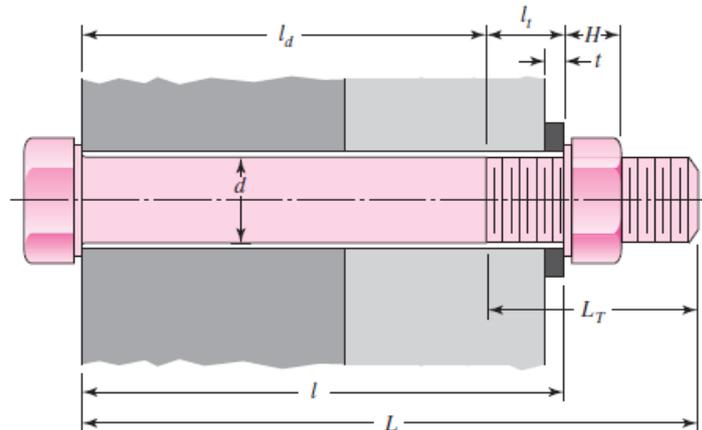


Figura 27. Dimensiones para pernos de unión.

Referencia: Budinas, Nisbett Diseño en ingeniería mecánica de Shigley [34]

Ahora para determinar el área que tiene el perno se tiene:

$$A_d = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$A_d = \frac{\pi \times (10)^2}{4}$$

$$A_d = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$L_T = \begin{cases} 2d + 6\text{mm} & L \leq 125, \quad d \leq 48\text{mm} \\ 2d + 12\text{mm} & 125 < L \leq 200\text{mm} \\ 2d + 25\text{mm} & L > 200\text{mm} \end{cases}$$

Seleccionamos la primera opción,

$$L_T = 2d + 6\text{mm}$$

$$L_T = 2(10) + 6$$

$$L_T = 26\text{mm}$$

Utilizando la tabla de la figura 32, se determina el valor de H tomando en cuenta el tamaño nominal del perno.

Tamaño nominal, mm				
M5	0.2	8		3.65
M6	0.3	10		4.15
M8	0.4	13		5.50
M10	0.4	16		6.63
M12	0.6	18	21	7.76
M14	0.6	21	24	9.09
M16	0.6	24	27	10.32
M20	0.8	30	34	12.88
M24	0.8	36	41	15.44
M30	1.0	46	50	19.48
M36	1.0	55	60	23.38

Figura 28. Dimensión del alto de la cabeza de un perno

Referencia: Budinas, Nisbett Diseño en ingeniería mecánica de Shigley [34]

$$L = l + H$$

Donde:

$H = 6,63mm$ (Alto que tiene la cabeza de un perno)

$l = 50,8mm$ (Longitud de agarre)

$$L = 50,8 + 6,63$$

$$L = 57,43mm$$

Para definir la longitud útil sin roscar se calcula a continuación con la ecuación:

$$l_d = L - L_T$$

$L_T = 26mm$ (longitud roscada)

$L = 57,43mm$ (longitud total)

$$l_d = 57,43 - 26$$

$$l_d = 31,43mm$$

Para la longitud de la parte que está roscada se tiene:

$$l_t = l - l_d$$

$$l = 50,8mm$$

$$l_d = 31,43mm$$

$$l_t = 50,8 - 31,43$$

$$l_t = 19,37mm$$

Utilizando la tabla de la figura 33 se encuentra el área de esfuerzo de tensión, tomando el diámetro M10.

Diámetro mayor nominal d , mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259

Figura 29. Áreas de esfuerzo según el diámetro nominal

Referencia: Budinas, Nisbett Diseño en ingeniería mecánica de Shigley [34]

$$A_t = 58mm$$

Se procede a determinar la rigidez efectiva estimada del perno con la siguiente ecuación,

$$K_b = \frac{(A_d \times A_t) \times E}{(A_d \times l_t) + (A_t \times l_d)}$$

$$K_b = \frac{(78,54 \times 58) \times 210 \text{ GPa}}{(78,54 \times 19,37) + (58 \times 31,43)}$$

$$K_b = 286 \frac{\text{MN}}{\text{m}}$$

Para la rigidez del elemento se toma en cuenta la unión, es decir, en este caso la chumacera con la plancha de tol.

$$\frac{K_m}{Ed} = A \exp(Bd/l)$$

$$K_m = 210 \text{ GPa} \times 10\text{mm} \times 0,787 \exp\left(\frac{0,628 \times 10 \text{ mm}}{50,8 \text{ mm}}\right)$$

$$K_m = 1,06 \frac{\text{GN}}{\text{m}}$$

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_m}$$

$$C = 0.3$$

Para el cálculo de la precarga se tiene lo siguiente:

$$F_i = 0,75 \times A_t \times S_p$$

$S_p = 310 \text{ MPa}$ (para la clase métrica 4.8, tomado de Shigley)

$$F_i = 0,75 \times (5,8 \times 10^{-5}) \text{m}^2 \times 310 \text{ MPa}$$

$$F_i = 13,5 \text{ KN}$$

Para el cálculo del número de pernos necesarios se utiliza la ecuación siguiente:

$$N = \frac{C \times n_i \times P_{Tot}}{(A_t \times S_p) - F_i}$$

$n_i = 4$ (factor de seguridad, se usa este valor para una vida útil larga del perno)

$$N = \frac{0,3 \times 4 \times 392 \text{ N}}{(5,8 \times 10^{-5} \times 310) \text{ N} - 13500 \text{ N}}$$

$$N = 0,15$$

La cantidad de pernos es de 1 debido a que la carga de la manivela sobre el eje de la excéntrica es baja, entonces es recomendable el uso de 4 pernos para fijar adecuadamente las chumaceras a la estructura y el eje se sostenga correctamente.

3.13. Determinación del caudal de la bomba.

Para determinar el caudal real de la bomba primero se debe determinar el valor de caudal teórico. En donde cada revolución de la manivela el embolo realiza dos carreras, una de succión y otra de descarga del líquido dentro de la cámara del cilindro [2].

Caudal teórico.

El caudal teórico se obtiene mediante la siguiente ecuación, tomando en cuenta en condiciones ideales.

$$Q_t = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times \frac{2lN_m}{60}$$

Donde:

Q_t : Caudal teórico

d : Diámetro de la cámara de cilindro

l : Radio de manivela

N_m : RPM de la manivela estimando 9 revoluciones en 10 segundos [2].

Nota: En el anexo 12 se observa que el diámetro del cilindro es de 68 mm

$$Q_t = \frac{\pi}{4} \times 0.068^2 \times \frac{2 \times 0.01 \times 54}{60}$$

$$Q_t = 0.0000654 \frac{m^3}{s}$$

Caudal real

Es el caudal teórico multiplicado por la eficiencia de la bomba, la eficiencia de las bombas de desplazamiento positivo oscila entre el 0.85 y 0.99, debido al retraso de cierre de válvulas, para determinar el caudal real se estima una eficiencia de la bomba de 0.95 debido a que no existen codos y solo hay una válvula de cierre [2].

$$Q_r = n \times Q_t$$

Donde:

Q_r : Caudal real

Q_t : Caudal teórico

n : Eficiencia de la bomba [2].

$$Q_r = 0,75 \times 0.0000654$$

$$Q_r = 0.000049 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_r = 1,60 \frac{lt}{min}$$

3.14. Selección de la boquilla

Se dispone de boquillas normalizadas en el mercado las cuales están fabricadas según las normas internacionales ISO/DIS 10625. El código de referencia y el color indican un tamaño determinado del orificio de la boquilla y por lo tanto del Caudal (Litros/minuto). Cuanto menor sea este código de referencia, menor será el caudal por minuto que ofrece la boquilla en la Figura se indica los tipos de boquillas según los colores [35].

PRESIÓN (bar)	TABLA DE CAUDALES (litros/minuto)								
	01-NARANJA	015-VERDE	02-AMARILLO	025-LILA	03-AZUL	04-ROJO	05-MARRÓN	06-GRIS	08-BLANCO
1,5	0,28	0,42	0,57	0,71	0,85	1,13	1,41	1,50	2,26
2,0	0,33	0,49	0,65	0,82	0,98	1,31	1,63	1,96	2,61
2,5	0,37	0,55	0,73	0,91	1,10	1,46	1,83	2,19	2,92
3,0	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20
4,0	0,46	0,69	0,92	1,15	1,39	1,85	2,31	2,77	3,70

Figura 30: Tabla de tipos de boquillas según sus colores y caudales.

A partir de la Figura 34 se determina que la boquilla a utilizar es la 0.25 Lila puesto que la presión a la que va a trabajar la bomba según el manual de instrucciones en el Anexo 13 es de 2 bar, y con el caudal real que es de 3.40 lt/ m se lo divide para 4 boquillas que se utiliza en el sistema de aspersión con lo cual nos da un valor de 0.81 lt/m.

CAPÍTULO IV

4. COSTOS

En este capítulo se elaborará el análisis financiero de la fumigadora accionada por un sistema mecánico, la cual fue detallada en la investigación, se detallará puntos fundamentales como: costos de diseño, costos directos, indirectos, costos de mano de obra, etc.

4.10. Costos directos

Son los que guardan una relación estrecha con el producto o servicio, los principales costos indirectos son las materias primas, es decir los materiales que han servido de base para la elaboración de los productos o el desarrollo de los proyectos, también los que se relacionan con la mano de obra directa son considerados costos directos, los cuales expondremos a continuación [36].

4.10.3. Costo de materia prima

Los costos de materia prima se relacionan con los materiales a mecanizar, los cuales se detallará en la tabla 6.

Tabla 6. Costos de Materia Prima.

Costo de Materia Prima				
N°	Denominación	Cantidad	Costos Unitario (USD)	Precio Total (USD)
1	Tubo cuadrado ASTM A- 500 (25.4x25.4) mm X 2 mm	2	50	100
2	Eje Acero AISI 1045 (ø25.4 x 396) mm	1	5.50	5.50
3	Eje Acero AISI 1045 (ø38.1 x 655.5) mm	1	8.75	8.75
4	Plancha de aluminio corrugado (525x430) mm	1	25.80	25.80
5	Tubo redondo ASTM A-500 (19.05x500)	1	15	15

6	Plancha ASTM A-36 (100x100x8) mm	1	10	10
			Subtotal	165.05
			IVA 12%	19.81
			Total	184.81

Elaborado por Alexis Masabanda, Roberto Mejía

4.10.4. Costo de elementos normalizados

Las piezas normalizadas son elementos que ya se encuentran mecanizados y tiene medidas estándares, en la tabla 7 se detallan dichos componentes.

Tabla 7. Costo de partes normalizadas.

Costo de partes normalizadas				
N°	Denominación	Cantidad	Costos Unitario (USD)	Costo Total (USD)
1	Bomba de fumigar royal cóndor 20lt	1	88.50	88.50
2	Chumacera de piso 1plg	2	18.25	36.5
3	Piñón Challenge simplex 36 dientes	1	6.45	6.45
4	Piñón Challenge simplex 12 dientes	1	4.75	4.75
5	Piñón Challenge simplex 19 dientes	2	5.25	10.50
6	Cadena Challenge simplex paso 1/2	2	14.30	28.60
7	Llantas tipo carretilla pantaneras	3	12.58	37.74

8	Manguera de presión 10mm X 5m	1	4.70	4.70
9	Pulverizadores	4	0.50	2
10	Perno cabeza hexagonal M10	4	0.40	1.60
			Subtotal	221.34
			IVA 12%	26.56
			Total	247.90

Elaborado por Alexis Masabanda, Roberto Mejía

4.10.5. Costo de construcción

Los costos de construcción se calculan mediante el tiempo utilizado en los diferentes tipos de mecanizados y en sus diferentes máquinas para su respectiva construcción los cuales damos a conocer en la tabla 8.

Tabla 8. Tiempo de mecanizado.

Costos de Materia Prima			
N°	Elemento	Tiempo en minutos (min)	Tiempo en horas (h)
1	Eje principal de las ruedas	220	3.66
2	Eje secundario de la excéntrica	190	3.16
3	Excéntrica	120	2

4	Estructura	500	8.33
5	Volante	95	1.58
6	Arco de Llanta	160	2.66
7	Manivela	60	1
	Total de Tiempo	1345	22.42

Elaborado por Alexis Masabanda, Roberto Mejía

4.10.6. Costo de mecanizado

Costos de Materia Prima				
N°	Tipo de Máquina	Tiempo en horas (h)	Costo hora Máq. (USD)	Costo Total (USD)
1	Torno	6.82	14.00	95.48
2	Sierra	3.25	4.00	13.00
3	Fresadora	5.66	16.00	90.56
4	Soldadora	2.66	8.00	21.28
5	Taladro	1.50	7.00	10.50
6	Compresor	2.53	4,00	10.12
		22.42	Total	240.94

4.10.7. Costo mano de obra

El tiempo dedicado por las personas a la elaboración de productos y servicios u órdenes de producción específicas, en donde dicha remuneración se basa en lo que imponen las leyes laborales y de seguridad social en acuerdos fijados a la convención colectiva de trabajo [37]. Para determinar el costo de mano de obra del operario encargado de la construcción de la fumigadora se ha investigado que en el ministerio de trabajo contiene tablas sectoriales en donde se puede calcular el valor de la mano de obra según el anexo 11, a continuación, en la tabla 9 se determina el costo total de mano de obra.

Tabla 9. Costo mano de Obra.

Costos Mano de obra			
Tiempo (h)	Tiempo total (h)	Costo por hora (USD)	Costo Total de mano de obra (USD)
22.42	23	2.592	59.62

Elaborado por Alexis Masabanda, Roberto Mejía

Nota: el costo de mano de obra es de \$ 408.56 está estipulado en el anexo 11, pero con el nuevo aumento salarial del año 2020 que es del 1.52 %, lo cual da un valor de \$ 414.77, lo que nos da un costo por hora de 2.59

4.11. Costos indirectos

Los costos indirectos de fabricación comprenden aquellos costos de producción que no son ni materiales directos ni mano de obra directa. El problema consiste en saberlos asignarlos convenientemente en las distintas ordenes de producción [38].

4.11.1. Costo de diseño

Los costos de diseño son todos los relacionados a la elaboración de las investigaciones realizadas para poder desarrollar los cálculos de diseño, realizar los planos y selección de elementos normalizados, para determinar este valor se toma como base un 25 % el costo total del proyecto.

4.11.2. Costos adicionales

Son costos que se dan mientras se va avanzando con el proyecto sin haberlos tenido en cuenta desde un inicio, además estos costos son determinados mediante un aumento del 5 % en el valor total del mismo.

4.12. Costo final de la fumigadora

Tabla 10. Costo total de la Fumigadora.

Costo total de la máquina			
Tipo de Costo	Denominación	Valor (USD)	
Costos Directos	Costo de Materia Prima	184.81	
	Costo de Elementos Normalizados	247.90	
	Costo de Mecanizado	240.94	
	Costo de mano de Obra	59.62	
Costos Indirectos	Costo de diseño 25 %	183.32	
	Costos Adicionales 5%	36.66	
		Total	953.25

Elaborado por Alexis Masabanda, Roberto Mejía

4.12.1. Costo ingresos y egresos

Tabla 11. Costo ingreso anual.

Costo ingreso anual			
Detalle	Cantidad de días fumigación al año	Valor (USD) por día	Valor Total Anual (USD)
Contratar una persona para fumigar	24	20	480

Elaborado por Alexis Masabanda, Roberto Mejía

4.12.2. Costo egreso anual

Tabla 12. Costo egreso anual.

Costo egreso anual			
Detalle	Cantidad de horas	Costo (USD) por hora	Valor Total (USD)
Transporte	1	0.85	0.85
Mantenimiento	1	5	5
Total			5.85

Elaborado por Alexis Masabanda, Roberto Mejía

4.13. Análisis financiero

4.13.1. Depreciación

La depreciación según Ordoñez [39], es la deducción o reducción anual del valor de una propiedad, planta o equipo que se reportan en los libros contables, para el cálculo de la depreciación se lo realiza con la ecuación 13:

$$D = \frac{C - VR}{V_u} \quad \text{Ec(13)}$$

Dónde:

D: Depreciación USD

C: Costo USD

VR: Valor Residual USD

Vu: Vida útil Año

$$D = \frac{953.25 - 95.33}{10}$$

$$D = 85.79USD$$

En donde el valor residual es el 10% del costo, además como es una maquina el tiempo a depreciarse es de 10 años [40].

4.13.2. Flujo neto de efectivo

El flujo neto de efectivo es la sumatoria entre las utilidades contables con la depreciación y la amortización de activos nominales, es decir , cuanto mayor sea la depreciación y mayor sea la amortización de activos nominales menor será la utilidad [41].

Tabla 13. Flujo de efectivo neto.

Año	Costo de inversión	Costo ingreso	Costo egreso	Costo depreciación	Flujo neto de efectivo
0	953.25				-953.25
1		480	5.85	85.79	388.36
2		504	6.14	85.79	412.07
3		529.2	6.45	85.79	436.96
4		555.66	6.77	85.79	463.10

5		583.44	7.11	85.79	490.54
6		612.61	7.47	85.79	519.36
7		643.25	7.84	85.79	549.62
8		675.41	8.23	85.79	581.39
9		709.18	8.64	85.79	614.75
10		744.64	9.08	85.79	649.77

Elaborado por Alexis Masabanda, Roberto Mejía

4.14. Cálculo del VAN Y TIR

Para determinar la rentabilidad del proyecto en un tiempo futuro es necesario determinar y analizar los métodos financieros del VAN y del TIR.

Se realizó un crédito en una identidad bancaria de la cual se obtuvo la inversión inicial, donde la tasa de interés activa es del 19.26 % en el Anexo 11 por medio de datos determinados por el banco del pacífico, además se conoce que las maquinas tienen estipulado una depreciación total en 10 ya que esa es su vida útil establecida [42].

4.14.1. Cálculo del valor actual neto

El acrónimo NPV en inglés y VAN en español. Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual todos los cash-flows futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor neto del proyecto. La ecuación 14 nos permite calcular el VAN [43].

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n} \quad \text{Ec(14)}$$

Dónde:

Q_n : Flujos de caja

I : Inversión inicial

N : Número de años considerados [10años]

r : Tasa de interés [19.26%]

VAN: Valor actual neto

Tabla 14. VAN en un intervalo de 10 años.

N°	Flujo neto de efectivo	Valor actual neto
0	-953.25	-953.25
1	388.36	325.64
2	412.07	289.72
3	436.96	257.61
4	463.10	228.93
5	490.54	203.33
6	519.36	365.16
7	549.62	19103
8	581.39	169.43
9	614.75	150.22
10	649.77	133.14
	VAN TOTAL	1360.95

Elaborado por Alexis Masabanda, Roberto Mejía

En la evaluación e interpretación del VAN se lo realiza mediante los siguientes conceptos mostrados en la tabla 10:

Tabla 15. Interpretación del VAN [43] .

Valor	Significado	Decisión a tomar
VAN>0	La inversión producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto puede aceptarse
VAN<0	La inversión producirá pérdidas por encima de la rentabilidad exigida [43].	El proyecto debería rechazarse
VAN=0	La inversión no producirá ni ganancias ni pérdidas.	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores [43].

Tomado de: Análisis Económico[43].

A partir de los datos obtenidos de la tabla 9 se obtiene un VAN de 1360.95, con dicho valor se realiza la interpretación de la tabla 10, donde el VAN es superior a 0 con lo cual el proyecto es viable o aceptable realizar la inversión.

4.14.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Es una tasa de rendimiento utilizada en el presupuesto de capital para medir y comparar la rentabilidad de las inversiones, es la tasa que convierte al VAN en cero [44]. Con la ecuación 15 se determina el TIR

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{f_t}{(1+TIR)^t} = 0 \quad \text{Ec (15)}$$

Donde[45] :

f_t : Flujo efectivo de cada período.

n: Número de periodo [10 años]

I_0 : Cantidad de dinero inicial de la inversión

TIR	19.26%
-----	--------

Criterios para evaluar el TIR.

- Si $TIR < i$ La inversión no es rentable, el proyecto genera pérdidas
- Si $TIR = i$ La inversión es indiferente
- Si $TIR > i$ La inversión es rentable

Se consiguió un TIR del 42.37% que es mayor al interés i de 19,26 %, por lo tanto, la inversión es rentable [29].

4.14.3. Periodo de recuperación de la inversión

Es un cálculo donde se define el tiempo necesario para la recuperación de la inversión inicial.

$$PRI = A + \frac{|B|}{C}$$

Dónde:

A: Período último con flujo acumulado fijo.

B: Último flujo acumulado fijo

C: Valor del flujo de caja en el siguiente período [29].

Tabla 16. Flujo acumulativo por año.

Año	Flujo neto efectivo	Flujo acumulado por año
0	-953.25	-953.25
1	388.36	-564.89
2	412.07	-152.82

3	436.96	284.14
4	463.10	747.24
5	490.54	1237.78
6	519.36	1757.14
7	549.62	2306.75
8	581.39	2888.14
9	614.75	3502.89
10	649.77	4152.66

Elaborado por Alexis Masabanda, Roberto Mejía

$$PRI = 2 + \frac{|-152,82|}{436,96}$$

$$PRI = 2.34 \cong 2.3$$

Para la recuperación de la inversión realizada en el proyecto de la fumigadora se debe esperar un tiempo de dos años tres meses.

CONCLUSIONES

Al terminar el diseño y fabricación de la fumigadora se concluye que:

- El proceso de fumigación en la comunidad de Alambi actualmente se lo realiza mediante fumigadoras manuales tipo mochila donde las mujeres deben cargar pesos excesivos para fumigar el invernadero de 50 tipos de plantas, causando fatiga laboral,
- Al realizar un análisis de las alternativas de diseño se concluye que el sistema piñón cadena con 23 puntos de 25 posibles y una ponderación del 97% es un sistema que permite el mejor funcionamiento del equipo, mayor transmisión de potencia, reducción de cargas sobre los ejes y adecuada fumigación del invernadero.
- Se realizó el diseño de una estructura con medidas de 525x430x100 mm para la colocación del tanque, así como también un volante adaptado a la estructura. Se aumentó la medida del eje de las llantas mediante los cálculos de 18 a 24 mm, así como también la medida del eje de la excéntrica de 16 a 24 mm obteniendo ejes más robustos con factores de seguridad de $n= 10$ y $n= 13$ respectivamente facilitando el mecanizado y soldadura, además del acoplamiento adecuado de chumaceras existentes en el mercado.
- El material seleccionado para construir cada elemento crítico de la máquina es: Ejes - Acero AISI 1045 de 24 mm cada uno con esfuerzos de fluencia de 310 MPa respectivamente, Excéntrica y Manivela Acero A-36, Estructura – tubo redondo estructural de 2x2x1 plg.
- La inversión inicial para la construcción de la máquina es de \$953,25 con un periodo de recuperación de la inversión de 2 años y 3 meses. El VAN obtenido es de 1360,95 siendo mayor a 0, el TIR calculado es 42,3% el cual es superior a 19,26% concluyendo que el proyecto es viable para ejecutarse.

RECOMENDACIONES

- Antes de utilizar la máquina se deben realizar recomendaciones previas para el uso adecuado, evitando accidentes y daños en la máquina.
- Realizar la lubricación de las uniones del eje con las llantas, la unión del eje con la excéntrica, el sistema de la cadena y los engranes.
- Para la fumigación de terrenos más extensos es recomendable adaptar un motor lo que incrementaría la potencia de la máquina.
- Si se desea trabajar con la máquina en terrenos inclinados se debería aumentar una pequeña suspensión para compensar los desniveles de los terrenos, evitando que la bomba se incline y se derrame el líquido.

LISTA DE REFERENCIAS

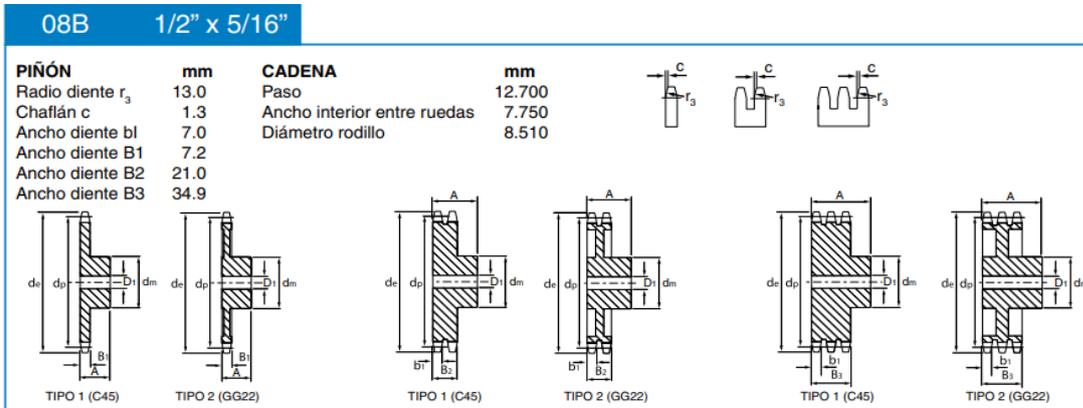
- [1] K. Grewe, “Biela-manivela,” vol. 2010, pp. 1–2, 2010.
- [2] D. R. López, “Diseño de una bomba para fumigar accionada por tracción animal,” pp. 1–145, 2010.
- [3] E. Porteous, “Plantas Nativas,” p. 3, 2012.
- [4] Peñaherrera and E. Carlos, “Optimización de estructuras de redes de distribución de potencia,” 2017.
- [5] INEN, “Fertilizantes o Abonos. Definiciones,” vol. 0209, pp. 1–9, 1998.
- [6] I. Agr, E. Miserendino, and E. E. a I. Alto, “Estructura , Construcción Y Condiciones,” *Agricultura*, vol. 23, pp. 97–100, 2014.
- [7] S. León, R. Valencia, N. Pitman, L. Endara, C. Ulloa, and H. Navarrete, *Libro rojo de plantas endémicas del Ecuador*. 2011.
- [8] USFQ, “Un Tesoro Por Explorar,” 2012.
- [9] T. Como and Á. Protegida, “Informe técnico de base,” 2017.
- [10] A. E. K., “PROPUESTA DE PRODUCTOS TURÍSTICOS ALTERNATIVOS PARA LA PARROQUIA NONO COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN PARA SU DESARROLLO ECONÓMICO. CANTÓN QUITO. PROVINCIA DE PICHINCHA,” 2010.
- [11] “Insecticidas y Funguicidas Naturales.” [Online]. Available: <https://www.ecoterrazas.com/blog/insecticidas-naturales/>. [Accessed: 08-May-2019].
- [12] J. Sánchez Castañeda, “Mercado de productos agrícolas ecológicos en Colombia,” *Suma Negocios*, vol. 8, no. 18, pp. 156–163, 2017.
- [13] I. B. C.A., “IVAN BOHMAN C.A.,” *Catálogo General*. pp. 1–403, 2018.
- [14] NTN Corporation, “Rodamientos de Bolas y de Rodillos,” *Catálogo Gen.*, no. 2202-VII/S, pp. 1–436, 2004.

- [15] SKF, “Selección de Rodamientos,” *Cat. SKF Rodamientos*, pp. 1–1382, 2015.
- [16] C. Llano Uribe, “Soldadura G.M.A.W - MIG/MAG,” *Met. Actual*, pp. 18–25, 2009.
- [17] Soldexa, “Smaw Contenido General.”
- [18] Consorcio metalúrgico nacional, “Perfil Estructural Tubular Negro y Galvanizado,” *Catálogo*, vol. 500, no. Ntc 4526, p. 4, 2005.
- [19] Grupo Condesa, “Tubo estructural,” *Catálogo Perf. Tubul.*, no. 02, pp. 1–104, 2006.
- [20] V. H. F. Uhf, R. A. D. E. Alta, and T. N. N. Unca, “Manual pulverizadores arrastrados - suspendidos,” p. 83, 2000.
- [21] U. Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez Cuba Herrera Prat, M. Ignacio, G. José, M. Teixeira, and U. Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez La Habana, “Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias,” *Rev. Ciencias Técnicas Agropecu.*, vol. 17, pp. 61–67, 2008.
- [22] D. H. Myszka, *Máquinas y Mecanismos*, 4ta edició. 2012.
- [23] R. L. Norton, *Diseño de maquinaria*, vol. 4ta ed. 2009.
- [24] J. Fredy, “Transmisión por cadenas,” pp. 1–26, 2011.
- [25] J. Oliver, “Cadenas de rodillos - Catálogo,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [26] S. Porras, “Cadenas,” pp. 73–83, 2013.
- [27] S. Gómez and J. Parra, “Introducción al mecanismo biela manivela,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [28] C. D.E., “Maquinas Y Mecanismos,” *Dep. Tecnol.*, p. 19, 2015.
- [29] D. E. Poaló La Provincia De Cotopaxi, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: INGENIEROS MECÁNICOS TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PICADORA DE HOJAS DE MAÍZ CAPACIDAD 250 KG/HORA PARA LA PARROQUIA SAN JO.”

- [30] “Sistema de transmisión de potencia de ventilador industrial | 3D CAD Model Library | GrabCAD.” [Online]. Available: <https://grabcad.com/library/sistema-de-transmission-de-potencia-de-ventilador-industrial>. [Accessed: 03-Jan-2020].
- [31] “Design and Animation of Agricultural Sprayer-Mechanical Engineering Project - Buscar con Google.” [Online]. Available: https://www.google.com/search?biw=840&bih=640&tbm=isch&sa=1&ei=ncUbXv6VD4qo_Qa0x5TQBw&q=Design+and+Animation+of+Agricultural+Sprayer-Mechanical+Engineering+Project&oq=Design+and+Animation+of+Agricultural+Sprayer-Mechanical+Engineering+Project&gs_l=img.3...61828.63632..64617...1.0..0.161.1749.0j13.....0....1j2..gws-wiz-img.....0..0i67j0i24.RwW-3lBZIRA&ved=0ahUKEwi-2OqgtP_mAhUKVN8KHbQjBXoQ4dUDCAc&uact=5#imgcr=4MH7gd4J5R4hVM. [Accessed: 12-Jan-2020].
- [32] P. Transmission, “Catálogo.”
- [33] P. E. (Universit. of D. Robert L. Mott, *Diseño Elementos Maquinas.pdf*. 2006.
- [34] R. G. B. y J. K. Nisbett, *Diseño en Ingeniería Mecánica*. 2008.
- [35] “Calibración de pulverizadores hidráulicos - agroramón.” .
- [36] “Costos directos e indirectos de un proyecto | OBS Business School.” [Online]. Available: <https://obsbusiness.school/int/blog-project-management/viabilidad-de-un-proyecto/costos-directos-e-indirectos-de-un-proyecto>. [Accessed: 05-Jan-2020].
- [37] Laya & morocoyma, “Costeo Y Control De La Mano De Obra,” *Faedis*, pp. 1–26, 2016.
- [38] D. Larín, “Costos Indirectos de Fabricacion.” .
- [39] A. O. Espinosa, “METODOS PARA CALCULAR LA DEPRECIACIÓN.” .
- [40] V. Actual, “REGISTRO DE LA DEPRECIACIÓN DE ACTIVOS FIJOS $D = ((\text{valor actual} - \text{valor residual}) / \text{Años vida útil}) \times \text{Vida útil de edificaciones}$ Vida útil de la maquinaria Vida útil de vehículos Vida útil de muebles y enseres Vida útil de equipos 10 años MÉTODO DE DEPRECIACIÓN,” pp. 96–98.

- [41] “Flujo neto de efectivo y Valor presente neto by Ricardo Liñan on Prezi.” [Online]. Available: <https://prezi.com/gznabgrflv3z/flujo-neto-de-efectivo-y-valor-presente-neto/>. [Accessed: 06-Jan-2020].
- [42] M. Guaman, “Unidad académica de ciencias empresariales carrera de contabilidad y auditoría,” *Utmach*, vol. 4, pp. 1194–1215, 2018.
- [43] C. M. V. Zapata, “Análisis económico,” *Conyuntura Econ.*, pp. 13–23, 2014.
- [44] P. Gonzalez, “Van - Tir Valor Actual Neto (V . a . N .),” *Cash Flow*, vol. 1, pp. 1–30, 2013.
- [45] D. E. J. ALONSO, “Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito,” *Tesis*, pp. 1–100, 2019.
- [46] C. Chumacera, “Chumaceras Chumacera de piso,” pp. 307–308.
- [47] “Tabla de Sueldos Mínimos Sectoriales 2020 - Ministerio del Trabajo Ecuador - Foros Ecuador.” [Online]. Available: <http://www.forosecuador.ec/forum/ecuador/economía-y-finanzas/9105-tabla-de-sueldos-mínimos-sectoriales-2020-ministerio-del-trabajo-ecuador>. [Accessed: 05-Jan-2020].

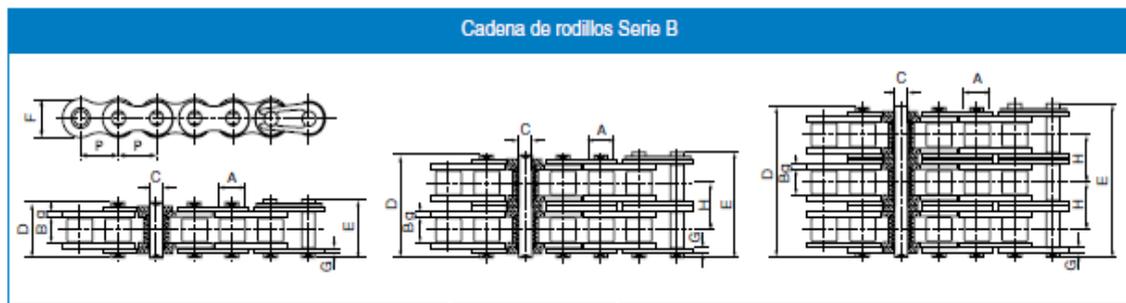
ANEXOS



Anexo 1: Tipos de piñones de transmisión por cadenas normalizados

Dientes	Diám. ext. d_e	Diám. paso d_p	Simple		Diám. cubo d_m	Doble		Triple		Tipo		
			Long. simple A	ales. nomin. D1		Long. simple A	ales. nomin. D1	Long. simple A	ales. nomin. D1			
8	37.2	33.18	20	25	10	20	32	10	20	46	10	1
9	41.0	37.13	24	25	10	24	32	10	24	46	12	1
10	45.2	41.10	26	25	10	28	32	10	28	46	12	1
11	48.7	45.07	29	25	10	32	35	12	32	50	16	1
12	53.0	49.07	33	28	10	35	35	12	35	50	16	1
13	57.4	53.06	37	28	10	38	35	12	38	50	16	1
14	61.8	57.07	41	28	10	42	35	12	42	50	16	1
15	65.5	61.09	45	28	10	46	35	12	46	50	16	1
16	69.5	65.10	50	28	12	50	38	14	50	50	16	1
17	73.6	69.11	52	28	12	54	38	14	54	50	16	1
18	77.8	73.14	56	28	12	58	38	14	58	50	16	1
19	81.7	77.16	60	28	12	62	38	14	62	50	16	1
20	85.8	81.19	64	28	12	66	38	14	66	50	16	1
21	89.7	85.22	68	28	14	70	40	16	70	55	20	1
22	93.8	89.24	70	28	14	70	40	16	70	55	20	1
23	98.2	93.27	70	28	14	70	40	16	70	55	20	1
24	101.8	97.29	70	28	14	75	40	16	75	55	20	1
25	105.8	101.33	70	28	14	80	40	16	80	55	20	1
26	110.0	105.36	70	30	16	85	40	20	85	55	20	1
27	114.0	109.40	70	30	16	85	40	20	85	55	20	1
28	118.0	113.42	70	30	16	90	40	20	90	55	20	1
29	122.0	117.46	80	30	16	95	40	20	95	55	20	1
30	126.1	121.50	80	30	16	100	40	20	100	55	20	1
31	130.2	125.54	90	30	16	100	40	20	110	55	20	1
32	134.3	129.56	90	30	16	100	40	20	110	55	20	1
33	138.4	133.60	90	30	16	100	40	20	110	55	20	1
34	142.6	137.64	90	30	16	100	40	20	110	55	20	1
35	146.7	141.68	90	30	16	100	40	20	110	55	20	1
36	151.0	145.72	90	35	20	100	40	20	120	55	25	1
37	154.6	149.76	90	35	20	100	40	20	120	55	25	1
38	158.6	153.80	90	35	20	100	40	20	120	55	25	1
39	162.7	157.83	90	35	20	100	40	20	120	55	25	1
40	166.8	161.87	90	35	20	100	40	20	120	55	25	1
38	158.6	153.80	70	40	24	90	50	24	100	60	24	2
45	188.0	182.07	70	40	24	90	50	24	100	60	24	2

Anexo 2: Tabla de piñones normalizados con sus dimensionamientos.

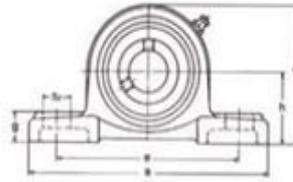
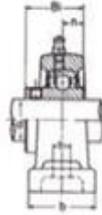


Anexo 3: Tipos de cadenas normalizadas, simplex, dúplex, triplex

Codigo cadena ISO	Paso	Diam. rodillo	Distancia entre placas internas	Diam. pin	Longitud pin		Altura placa interna	Ancho placa	Paso transversal	Resistencia mínima a la tracción	Resistencia media a la tracción	Peso
	P	A	B	C	D	E	F	g/G	H	kN	kN	kg/m
SIMPLEX												
04B-1	6.000	4.00	2.80	1.85	6.80	7.80	5.00	0.60	-	3.00	3.20	0.11
05B-1	8.000	5.00	3.00	2.31	8.20	8.90	7.10	0.80	-	5.00	5.90	0.20
*06B-1	9.525	6.35	5.72	3.28	13.15	14.10	8.20	1.30	-	9.00	10.40	0.41
08B-1	12.700	8.51	7.75	4.45	16.70	18.20	11.80	1.60	-	18.00	19.40	0.69
10B-1	15.875	10.16	9.65	5.08	19.50	20.90	14.70	1.70	-	22.40	27.50	0.93
12B-1	19.050	12.07	11.68	5.72	22.50	24.20	16.00	1.85	-	29.00	32.20	1.15
16B-1	25.400	15.88	17.02	8.28	36.10	37.40	21.00	4.15/3.1	-	60.00	72.80	2.71
20B-1	31.750	19.05	19.56	10.19	41.30	45.00	26.40	4.5/3.5	-	95.00	106.70	3.70
24B-1	38.100	25.40	25.40	14.63	53.40	57.80	33.20	6.0/4.8	-	160.00	178.00	7.10
28B-1	44.450	27.94	30.99	15.90	65.10	69.50	36.70	7.5/6.0	-	200.00	222.00	8.50
32B-1	50.800	29.21	30.99	17.81	66.00	71.00	42.00	7.0/6.0	-	250.00	277.50	10.25
40B-1	63.500	39.37	38.10	22.89	82.20	89.20	52.96	8.5/8.0	-	355.00	394.00	16.35
48B-1	76.200	48.26	45.72	29.24	99.10	107.00	63.80	12.0/10.0	-	560.00	621.60	25.00
56B-1	88.900	53.98	53.34	34.32	114.60	123.00	77.80	13.5/12.0	-	850.00	940.00	35.88
64B-1	101.600	63.50	60.96	39.40	130.00	138.50	90.17	15.0/13.0	-	1120.00	1240.00	46.50
DUPLEX												
05B-2	8.000	5.00	3.00	2.31	13.90	14.50	7.10	0.80	5.64	7.80	10.20	0.33
*06B-2	9.525	6.35	5.72	3.28	23.40	24.40	8.20	1.30	10.24	16.90	18.70	0.77
08B-2	12.700	8.51	7.75	4.45	31.20	32.20	11.80	1.60	13.92	32.00	38.70	1.34
10B-2	15.875	10.16	9.65	5.08	36.10	37.50	14.70	1.70	16.59	44.50	56.20	1.84
12B-2	19.050	12.07	11.68	5.72	42.00	43.60	16.00	1.85	19.46	57.80	66.10	2.31
16B-2	25.400	15.88	17.02	8.28	68.00	69.30	21.00	4.15/3.1	31.88	106.00	133.00	5.42

Anexo 4: Tabla de los tipos de cadenas con sus dimensionamientos

Datos Técnicos



CÓDIGO IBCA	Diám. del eje		Dimensiones (mm)										Perno	Tipo de rodami.	Soporte	Masa kg
	mm	pulg	h	a	e	b	s ₁	s ₂	g	w	Bi	n				
UCP 204 204-12	20 19.05	3/4	33.3	127	95	38	13	19	15	63	31	12.7	M10 (W3/8)	UCP 204 204-12	P 204	P 204
UCP 205 205-14 205-16	25 22.225 25.4	7/8 1	35.5	130	105	38	13	19	16	70	34	14.3	M10 (W3/8)	UCP 205 205-14 205-16	P 205	P 205
UCP 206 206-18	30 28.575	1 1/8	42.9	165	121	48	17	21	17	83	38.1	15.9	M14 (W1/2)	UCP 206 206-18	P 206	P 206
UCP 207 207-20 207-22	35 31.75 34.925	1 1/4 1 3/8	47.6	167	127	48	17	21	19	92	42.9	17.5	M14 (W1/2)	UCP 207 207-20 207-22	P 207	P 207
UCP 208 208-24	40 38.1	1 1/2	49.2	184	137	54	17	21	19	98	49.2	19	M14 (W1/2)	UCP 208 208-24	P 208	P 208
UCP 209 209-28	45 44.45	1 3/4	54	190	146	54	17	21	20	106	49.2	19	M14 (W1/2)	UCP 209 209-28	P 209	P 209
UCP 210	50		57.2	206	159	60	20	22	22	112	51.6	19.0	M16 (W5/8)	UCP 210	P 210	P 210
UCP 211 211-32	55 50.8	2	63.5	219	171	60	20	22	22	126	55.6	22.2	M16 (W5/8)	UCP 211 211-32	P 211	P 211
UCP 212 212-36	60 57.15	2 1/4	69.8	241	184	70	20	25	25	137	65.1	25.4	M16 (W5/8)	UCP 212 212-36	P 212	P 212
213-40	63.5	2 1/2	76.2	265	203	70	25	30	27	150	65.1	25.4	M20 (W3/4)	213-40	P 213	P 213
215-48	76.2	3	82.6	275	217	74	25	31	28	163	77.8	33.3	M20 (W3/4)	215-48	P 215	P 215

Anexo 5: Tabla de tipos de chumaceras de piso



Anexo 6: Medida del peso de la bomba de fumigar con 20 L de agua



Anexo 7: Medida de la fuerza de bombeo del pistón utilizando un dinamómetro

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Anexo 8: Propiedades mecánicas de los aceros

Acabado superficial	Factor <i>a</i>		Exponente <i>b</i>
	<i>S_{utr}</i> kpsi	<i>S_{utr}</i> MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Anexo 9: Gráfico para determinar el factor de condición superficial *K_a*

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Anexo 10: Gráfico para determinar el factor de modificación de tamaño *K_b*

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión} \end{cases}$$

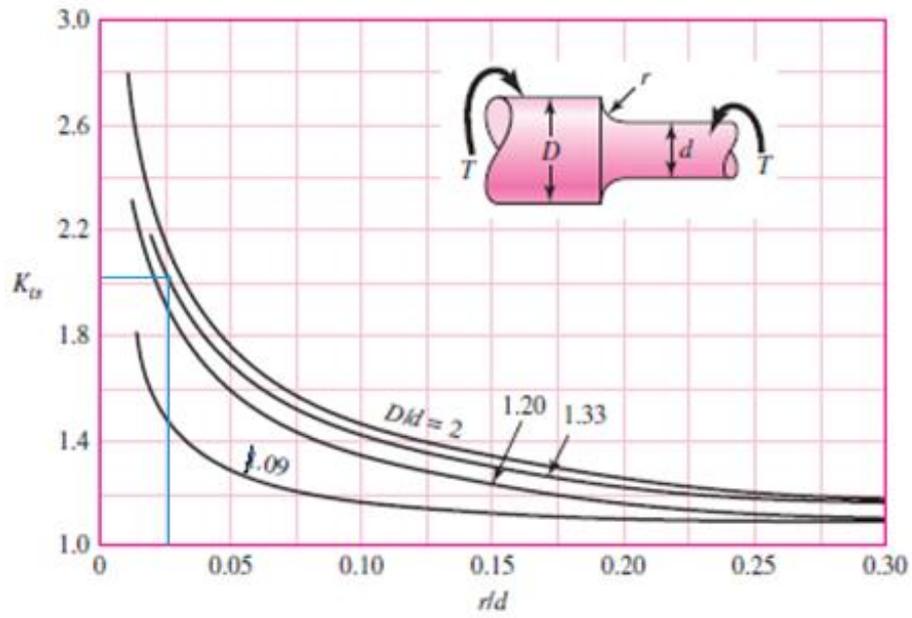
Anexo 11: Gráfico para determinar el factor de carga *K_c*

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

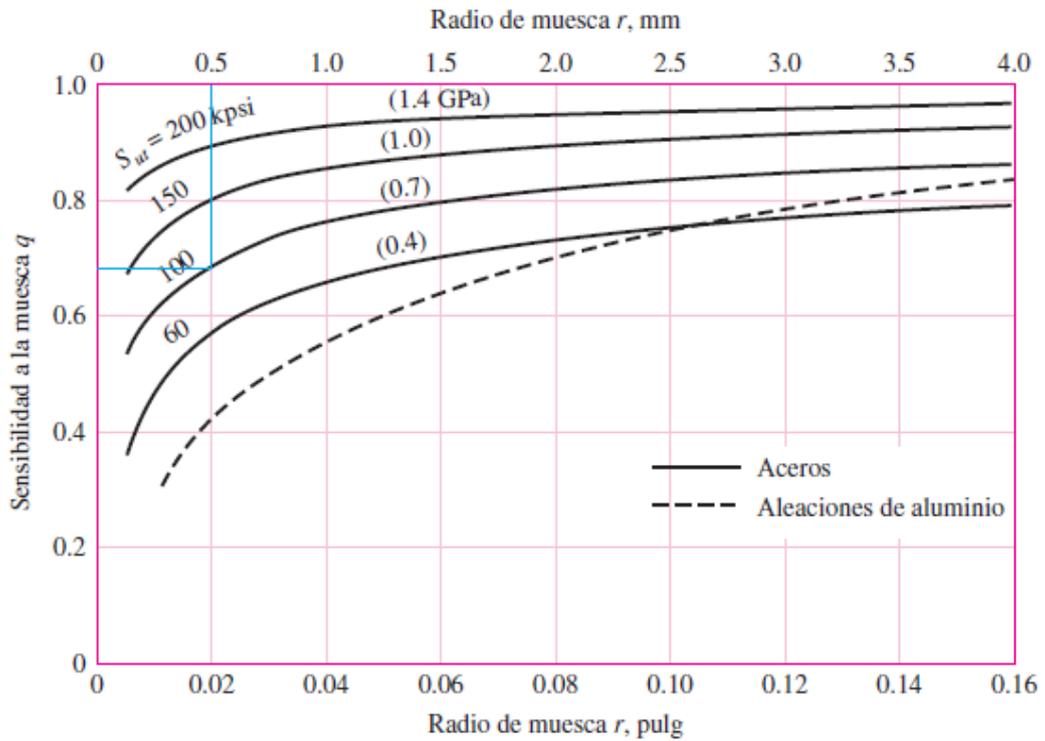
Anexo 12: Gráfico para determinar el factor de modificación de temperatura K_d

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_a	Factor de confiabilidad k_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

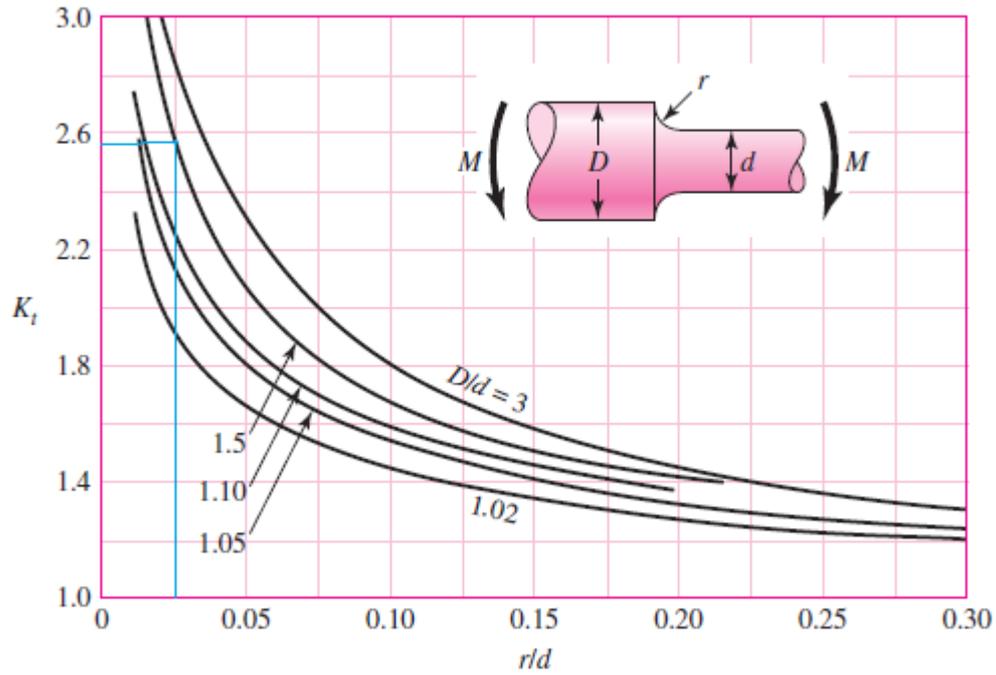
Anexo 13: Gráfico para determinar el factor de confiabilidad K_e



Anexo 14: Gráfico para determinar el factor K_{ts}



Anexo 15: Gráfico para determinar el factor q



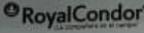
Anexo 16: Gráfico para determinar el factor Kt

A	B	C	D	E
ANEXO 1: ESTRUCTURAS OCUPACIONALES - SALARIOS MÍNIMOS SECTORIALES Y TARIFAS				
COMISIÓN SECTORIAL No. 8 "METALMECÁNICA"				
RAMAS DE ACTIVIDAD ECONÓMICA:				
1-	INDUSTRIAS BÁSICAS DEL HIERRO, ACERO Y METALES NO FERROSOS			
2-	FABRICACIÓN DE MUEBLES Y ACCESORIOS METÁLICOS			
3-	FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS METÁLICOS (ENVASES, RECIPIENTES, UTENSILIOS DE USO DOMÉSTICO, PRODUCTOS DE TORNERILERA, CLAVOS, TUBERÍAS, ARTÍCULOS DE ALAMBRE), EXCEPTO MAQUINARIA Y EQUIPOS			
4-	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS ESTRUCTURALES			
CARGO / ACTIVIDAD	ESTRUCTURA OCUPACIONAL	COMENTARIOS / DETALLES DEL CARGO O ACTIVIDAD	CÓDIGO ISS	SALARIO MÍNIMO SECTORIAL 2019
JEFE DE PRIMER NIVEL DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	B1	INCLUYE: JEFE DE MANTENIMIENTO, JEFE DE DISTRIBUCIÓN Y LOGÍSTICA, JEFE DE CONTROL DE CALIDAD, JEFE DE RECURSOS HUMANOS, JEFE DE PRODUCCIÓN, JEFE DE BODEGA, JEFE DE PLANTA, JEFE DE PROYECTO, JEFE DE VENTAS, JEFE DE COMPRA.	081000000001	409,23
JEFE / COORDINADOR DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	B2	INCLUYE: JEFE DE SECCIÓN, JEFE DE INSTALACIÓN, JEFE DE TALLER, JEFE DE ENDEZADOR, JEFE DE MAESTRANZA, JEFE DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS, JEFE DE MATRIZEROS INCLUYE RODILLOS Y CAJAS DE LAMINACIÓN, JEFE DE TALLERES DE REPETIDORES, JEFE DE MANTENIMIENTO MECÁNICO Y ELÉCTRICO	0804289300002	409,11
ANALISTA / ESPECIALISTA / INSPECTOR / SUPERVISOR DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	B3	INCLUYE: SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN, SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO MECÁNICO, SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO, SUPERVISOR DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS, SUPERVISOR DE PATIOS Y MOVIMIENTO, SUPERVISOR DE ENDEZADORA, SUPERVISOR DE BODEGA, SUPERVISOR DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA, INSPECTOR DE CONTROL DE CALIDAD, INSPECTOR DE PALANQUILLA, INSPECTOR MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PREVENTIVO, INSPECTOR MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO	0830000000003	408,95
TÉCNICOS DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	C1	INCLUYE: OPERADOR OXCORTE DIGITAL, OPERADOR BANCADORA DIGITAL, ELECTROMECAÁNICO, ELECTRÓNICO, OPERADOR DE CORTE DE HILO, OPERADOR DE MÁQUINAS DE ELECTROEROSIÓN, PREPARADOR DE COLORES, OPERADOR DE SECCIÓN, TORNERO, SOLDADOR ESPECIALIZADO, ELECTRICISTA ESPECIALIZADO, MECÁNICO ESPECIALIZADO, OPERADOR SENOR.	0820000000006	408,84
OPERADOR GENERAL DE MAQUINARIA/EQUIPO DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	C2	INCLUYE: OPERADOR JUNIOR, CERNAVERO	0820000000003	408,58
ESMALTADOR Y ENLIZADOR DE UTENSILIOS DE USO DOMÉSTICO	C3		0804289900106	408,56
AUXILIAR / AYUDANTE DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	D2	INCLUYE: AYUDANTES EN GENERAL	0820000000009	406,04
AUXILIAR / AYUDANTE DEL SECTOR DE METALMECÁNICA SIN EXPERIENCIA	E2	INCLUYE: AYUDANTES SIN EXPERIENCIA PREVIA	0820000000010	403,49

Anexo 17: Tabla de sueldos mínimos sectoriales 2020



Anexo 18: Medición del diámetro de la cámara del cilindro



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS FUMIGADORAS MANUALES DE 20 L

	CLASICA	ALIADA	INTEGRA	ACTIVA
■ Capacidad del tanque	20 L :5.28 gal			
■ Sistema de inyección y presión	Presión hidráulica. Pistón y cámara externos			
■ Capacidad de la cámara	1 L, probada en fábrica a 300 psi			
■ Rango de trabajo	1 - 5 bar / 14.5 - 90 psi			
■ Palancazos por minuto	10 con una boquilla de 600 cc/min, 4 con una boquilla de 250 cc/min			
■ Peso neto	5.8 kg / 12 lb	5.8 kg / 11.6 lb	6 kg / 12 lb	5.7 kg / 11 lb
■ Dimensiones con empaque en cm Alto x Ancho x Largo	54x22x 43	55.3x24x 42	54.2x22x 43	56x23.8x 42.3

Anexo 19: Especificaciones técnicas de la fumigadora