



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Prototipado de una máquina peladora de caña automatizado mediante la implementación de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos para el mejoramiento de salubridad en la extracción de la corteza de la caña.

Chano Tipan, Byron Javier

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Electromecánica

Ing. Parreño Olmos, José Alfredo

3 de febrero del 2022

Latacunga



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

Certificación

Certifico que la monografía, **“Prototipado de una máquina peladora de caña automatizado mediante la implementación de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos para el mejoramiento de salubridad en la extracción de la corteza de la caña.”** fue realizado por el señor **Chano Tipan, Byron Javier** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 3 de febrero del 2022



Firmado electrónicamente por:
**JOSE ALFREDO
PARRENO OLMOS**

Ing. Parreño Olmos, José Alfredo

C.C.: 0502337181



TESIS FINAL_CHANO BYRON .pdf

Scanned on: 15:12 February 3, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	256
Words with Minor Changes	127
Paraphrased Words	245
Ommited Words	0



Firmado electrónicamente por:
**JOSE ALFREDO
PARRENO OLMOS**



DEPARTAMENTO ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

Responsabilidad de autoría

Yo, **Chano Tipan, Byron Javier**, con cédula de ciudadanía N° 1850429372, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Prototipado de una máquina peladora de caña automatizado mediante la implementación de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos para el mejoramiento de salubridad en la extracción de la corteza de la caña.”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 3 de febrero del 2022

Chano Tipan, Byron Javier

C.C.: 1850429372



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

Autorización de publicación

Yo **Chano Tipan, Byron Javier**, con cédula de ciudadanía N° 1850429372, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Prototipado de una máquina peladora de caña automatizado mediante la implementación de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos para el mejoramiento de salubridad en la extracción de la corteza de la caña.”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 3 de febrero del 2022

Chano Tipan, Byron Javier

C.C.: 1850429372

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico primeramente a Dios que con su bendición me ha dado fuerza para salir adelante y a la persona que más apoyo me ha brindado mi amada esposa Pamela Toapanta, la cual ha estado en los momentos más difíciles de mi vida y quien ha estado siempre a mi lado motivándome a cumplir mis objetivos.

A mi madre Tipan María la mujer que a pesar de las adversidades me ayudo a ser un hombre decidido y no darme por vencido, quien me enseñó que no debo bajar la cabeza ante ninguna situación.

A mi padre Chano Francisco forjador de mi camino quien nunca me dejó solo y con sus consejos y palabras de aliento siempre me levanta de mis continuos tropiezos.

Chano Tipan, Byron Javier

Agradecimiento

Agradezco a Dios y A mi querida morenita Virgen del Cisne por darme salud y vida para poder compartir este momento con mi familia, amigos y a mi esposa por su apoyo incondicional que a pesar de los momentos difíciles nunca me dejó solo y con su cariño y amor me ayudó a nunca darme por vencido

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" quien me abrió las puertas para seguir formándome como profesional y mis ingenieros quienes aportaron con sus conocimientos y experiencias profesionales y un grato agradecimiento a mi distinguido tutor Ing. Parreño José que me guió durante este proceso para poder culminar de mejor manera mi trabajo.

Chano Tipán, Byron Javier

Tabla de Contenido	
Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de verificación de contenido.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Tabla de Contenido.....	8
Índice de Tablas.....	13
Índice de Figuras.....	15
Resumen.....	18
Abstract.....	19
Problema de Investigación.....	20
Introducción.....	20
Antecedentes.....	21
Planteamiento del problema.....	21
Justificación.....	22
Objetivos.....	23
<i>Objetivo general.....</i>	23
<i>Objetivos específicos.....</i>	23
Alcance.....	23
Marco Teórico.....	25
Caña de Azúcar.....	25
Variedades de caña de azúcar.....	26

Corteza de la caña de azúcar	27
Máquina peladora de caña de azúcar	27
Tipos de máquinas peladoras de corteza caña de azúcar	27
<i>Raspador de caña de azúcar</i>	27
<i>Pelador de caña de azúcar basado en discos de púas</i>	28
Comparación de máquinas peladoras de caña de azúcar	29
Alternativas de selección y fabricación de materiales	29
Normativas	30
Materiales de la máquina peladora de corteza de caña de azúcar	32
<i>Motor eléctrico</i>	32
<i>Pulsadores</i>	33
<i>Luces piloto</i>	33
<i>Contactador</i>	34
<i>Interruptor termomagnético</i>	34
<i>Relé térmico</i>	35
<i>Conductores</i>	35
<i>Rodamiento</i>	36
<i>Poleas</i>	36
<i>Reductor de velocidad</i>	37
<i>Banda</i>	37
<i>Eje porta cuchillas</i>	38
<i>Cuchillas de corte</i>	38
<i>Sistema de arrastre</i>	39
<i>Sistema de limpieza de la caña</i>	39
<i>Estructura</i>	40

Tipos de mantenimiento para la máquina peladora de caña de azúcar	40
Mantenimiento Preventivo	41
Mantenimiento correctivo	41
Desarrollo del Tema	42
Diseño y cálculo del sistema de arrastre	42
<i>Diseño del sistema de arrastre</i>	42
<i>Características del sistema de arrastre</i>	42
<i>Cálculo analítico del sistema de arrastre</i>	43
<i>Cálculo de la potencia de los ejes del sistema de arrastre</i>	46
<i>Selección de rodamientos para rodillos del sistema de arrastre</i> ..	50
Características del rodamiento del sistema de arrastre.....	51
<i>Selección del resorte del sistema de arrastre</i>	51
Características del resorte	52
Diseño, cálculo y análisis del eje porta cuchillas	55
<i>Diseño del eje porta cuchillas</i>	55
<i>Cálculo analítico del eje porta cuchillas</i>	56
<i>Análisis del eje porta cuchillas</i>	59
<i>Selección de rodamientos para el eje porta cuchillas</i>	61
Características del rodamiento del eje porta cuchillas	62
Diseño, cálculo y análisis del sistema de corte.....	62
<i>Diseño del sistema de corte</i>	62
<i>Cálculo analítico del sistema de corte similar al torneado</i>	62
<i>Análisis de la cuchilla de corte</i>	68
Cálculo de Transmisión.....	70
<i>Diseño y cálculo de bandas de transmisión</i>	70

Selección de reductor de velocidad	78
Selección del pulidor de la caña de azúcar.....	82
Cálculo y selección de cadena de transmisión	83
<i>Características de entrada para cálculo y selección de cadena</i> ...	83
Soldadura de la estructura.....	84
Diseño y análisis de la estructura base en SolidWorks	88
Etapas de construcción.....	95
Selección de sistemas eléctricos y mecánicos	104
<i>Selección de pulsadores y de luces piloto</i>	104
<i>Selección de motores</i>	105
<i>Cálculo de corriente nominal del motor (In)</i>	106
<i>Selección del Contactor</i>	106
<i>Selección del Interruptor termomagnético</i>	106
<i>Selección del Relé térmico</i>	107
<i>Selección de conductor de alimentación a motor monofásico</i> ...	107
Diseño del sistema eléctrico	109
Funcionamiento de la máquina peladora de caña de azúcar.....	110
<i>Pruebas de funcionamiento</i>	112
Costos de energía eléctrica consumida	114
Manual de operación y seguridad	116
<i>Instrucciones de operación</i>	116
<i>Manual de seguridad</i>	116
Plan de mantenimiento.....	117
<i>Plan de mantenimiento preventivo</i>	117
<i>Plan de mantenimiento correctivo</i>	119

Estudio Económico de la maquina peladora de caña	120
<i>Comparación de máquinas.....</i>	122
Conclusiones y Recomendaciones.....	124
Conclusiones	124
Recomendaciones	125
Bibliografía.....	126
Anexos	127

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Propiedades de la caña de azúcar</i>	26
Tabla 2 <i>Alternativas de diseño</i>	30
Tabla 3 <i>Propiedades mecánicas del acero ASTM A36</i>	31
Tabla 4 <i>Propiedades del acero inoxidable AISI 304</i>	32
Tabla 5 <i>Resistencia de tensión mínima de alambres</i>	53
Tabla 6 <i>Esfuerzos de torsión máximos permisibles de resortes</i>	53
Tabla 7 <i>Propiedades de material del eje porta cuchillas</i>	59
Tabla 8 <i>Análisis estático de tensiones del eje porta cuchillas</i>	60
Tabla 9 <i>Análisis estático de desplazamientos del eje porta cuchillas</i>	60
Tabla 10 <i>Análisis del factor de seguridad del eje porta cuchillas</i>	61
Tabla 11 <i>Propiedades de material de la cuchilla de corte</i>	67
Tabla 12 <i>Análisis de tensiones de la cuchilla de corte</i>	68
Tabla 13 <i>Análisis de los desplazamientos de la cuchilla de corte</i>	69
Tabla 14 <i>Análisis factor de seguridad de la cuchilla de corte</i>	70
Tabla 15 <i>Características del pulidor de caña</i>	82
Tabla 16 <i>Características de la estructura</i>	84
Tabla 17 <i>Correspondencia en función al material y espesor</i>	85
Tabla 18 <i>Resistencia de los electrodos a la tensión</i>	86
Tabla 19 <i>Carga permisible para varios tamaños de soldadura de filete</i>	87
Tabla 20 <i>Análisis del sistema de corte</i>	91
Tabla 21 <i>Propiedades y componentes de la estructura</i>	92
Tabla 22 <i>Análisis de tensiones de la estructura metálica</i>	93
Tabla 23 <i>Análisis del desplazamiento de la estructura metálica</i>	94
Tabla 24 <i>Análisis factor de seguridad de la estructura metálica</i>	94

Tabla 25 <i>Características de pulsadores y luces piloto</i>	104
Tabla 26 <i>Características del motor</i>	105
Tabla 27 <i>Plan de mantenimiento preventivo</i>	118
Tabla 28 <i>Plan de mantenimiento correctivo</i>	119
Tabla 29 <i>Costos directos</i>	120
Tabla 30 <i>Costos de mano de obra</i>	121
Tabla 31 <i>Costos indirectos</i>	122
Tabla 32 <i>Costos totales</i>	122
Tabla 33 <i>Cuadro comparativo de precios</i>	123

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Caña de azúcar</i>	25
Figura 2 <i>Máquina manual de pelar caña</i>	28
Figura 3 <i>Sistema de pelado de cañas basado en discos de abrasión</i>	29
Figura 4 <i>Motor eléctrico</i>	32
Figura 5 <i>Pulsadores</i>	33
Figura 6 <i>Luces piloto</i>	33
Figura 7 <i>Contactor eléctrico</i>	34
Figura 8 <i>Interruptor termomagnético</i>	34
Figura 9 <i>Relé térmico</i>	35
Figura 10 <i>Conductores</i>	35
Figura 11 <i>Rodamientos</i>	36
Figura 12 <i>Poleas</i>	36
Figura 13 <i>Reductor de velocidad</i>	37
Figura 14 <i>Bandas</i>	37
Figura 15 <i>Eje porta cuchillas</i>	38
Figura 16 <i>Cuchillas</i>	38
Figura 17 <i>Sistema de arrastre</i>	39
Figura 18 <i>Sistema de limpieza</i>	39
Figura 19 <i>Diseño de la estructura metálica</i>	40
Figura 20 <i>Diseño del sistema de arrastre</i>	42
Figura 21 <i>Medición de caña</i>	43
Figura 22 <i>Ejes del sistema de arrastre</i>	46
Figura 23 <i>Posición de rodamientos en el sistema de arrastre</i>	50
Figura 24 <i>Resorte</i>	51

Figura 25 <i>Eje porta cuchillas</i>	55
Figura 26 <i>Ubicación de los rodamientos en el eje porta cuchillas</i>	61
Figura 27 <i>Sistema de corte</i>	62
Figura 28 <i>Posiciones de la cuchilla de corte</i>	63
Figura 29 <i>Herramienta de corte</i>	64
Figura 30 <i>Cuchilla de corte</i>	66
Figura 31 <i>Diámetro entre poleas</i>	72
Figura 32 <i>Ángulos del eje porta cuchillas</i>	74
Figura 33 <i>Tensiones de la faja</i>	76
Figura 34 <i>Esquema de reductor de velocidad</i>	78
Figura 35 <i>Datos del reductor de velocidad</i>	79
Figura 36 <i>Características del reductor de velocidad</i>	80
Figura 37 <i>Pulidor de caña</i>	82
Figura 38 <i>Soldadura a aplicar</i>	84
Figura 39 <i>Espesor de soldadura</i>	87
Figura 40 <i>Diseño de estructura base</i>	89
Figura 41 <i>Sistema de corte</i>	89
Figura 42 <i>Sistema de arrastre</i>	90
Figura 43 <i>Sistema de limpieza</i>	90
Figura 44 <i>Cargas de la estructura base</i>	91
Figura 45 <i>Fabricación de rodillos</i>	95
Figura 46 <i>Corte de rodillos</i>	95
Figura 47 <i>Ensamble de los rodillos de arrastre</i>	96
Figura 48 <i>Corte de base se sujeción del eje porta cuchillas</i>	96
Figura 49 <i>Perforación para los rodamientos</i>	97

Figura 50 <i>Fabricación del eje porta cuchillas</i>	97
Figura 51 <i>Ubicación de los rodillos de limpieza</i>	98
Figura 52 <i>Fabricación de la estructura metálica</i>	98
Figura 53 <i>Soldadura de las piezas de la estructura</i>	99
Figura 54 <i>Corte de tolvas</i>	99
Figura 55 <i>Ensamble de las tolvas en la máquina</i>	100
Figura 56 <i>Forrado total de la máquina</i>	100
Figura 57 <i>Pintado de las piezas mecánicas</i>	101
Figura 58 <i>Pintado de las tolvas</i>	101
Figura 59 <i>Diferencia y pintura</i>	102
Figura 60 <i>Instalación del circuito de potencia</i>	102
Figura 61 <i>Instalación del circuito de control</i>	103
Figura 62 <i>Instalación del motor</i>	103
Figura 63 <i>Instalación del tablero eléctrico</i>	104
Figura 64 <i>Datos del motor monofásico</i>	105
Figura 65 <i>Diagrama del sistema eléctrico</i>	109
Figura 66 <i>Sistema eléctrico</i>	110
Figura 67 <i>Funcionamiento de la máquina peladora de caña de azúcar</i>	111
Figura 68 <i>Primer resultado del pelado</i>	112
Figura 69 <i>Segundo resultado del pelado</i>	113
Figura 70 <i>Tercer resultado del pelado</i>	113
Figura 71 <i>Última prueba de pelado de caña de azúcar</i>	114

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo y construcción de una máquina peladora de caña de azúcar, que aumente la productividad del pelado y a la vez se mejore la salubridad de la misma teniendo en cuenta que en Ecuador en su mayoría este proceso se realiza de manera manual. Con la ayuda de los software SolidWorks y CadeSimu se realizarán los planos respectivos y las pruebas que ayuden en la fabricación de la máquina, se tomará en cuenta el estudio de diferentes máquinas existentes para establecer algunos requerimientos y características necesarias y a partir de ello optimizar una máquina que cumpla la función de pelar la caña sin que el hombre mantenga mayor contacto con el producto, además de priorizar que el montaje de la máquina implique un costo menor en comparación a otras máquinas que cumplen las mismas funciones. Finalizado el estudio y el diseño de las diferentes partes de la máquina se procederá a desarrollar la construcción y se realizará la debida instalación de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos de la máquina, una vez terminado el proyecto proceder a realizar las pruebas de funcionamiento de la máquina para pelar la caña de azúcar.

Palabras clave:

- **MÁQUINA PELADORA DE CAÑA DE AZÚCAR**
- **SOFTWARE SOLIDWORKS**
- **SISTEMA ELÉCTRICO**

Abstract

The objective of this project is the development and construction of a sugarcane peeling machine, which increases the productivity of the peeling and at the same time improves its salubrity, taking into account that in Ecuador this process is mostly carried out in a controlled manner, by hand or manual. With the help of the SolidWorks and CadeSimu software, the respective plans and tests that help in the manufacture of the machine will be carried out, the study of different existing machines will be taken into account to establish some requirements and necessary characteristics to optimize a machine that fulfills the function of peeling the cane without the man having greater contact with the product, in addition to prioritizing that the assembly of the machine implies a lower cost compared to other machines that fulfill the same functions. Once the study and design of the different parts of the machine have been completed, the construction will be carried out and the proper installation of the electrical, electronic and mechanical elements of the machine will be carried out, once the project is finished, proceed to carry out the operating tests of the machine for peeling sugar cane.

Keywords:

- **SUGARCANE PEELING MACHINE**
- **SOLIDWORKS SOFTWARE**
- **ELECTRIC SYSTEM**

Capítulo I

1. Problema de Investigación

1.1 Introducción

El proceso del pelado de la caña de azúcar siempre ha sido un tema de debate ya que se lo hace manual y eso implica que la caña no sea totalmente salubre, sin embargo, se han dado a conocer algunos instrumentos mecánicos que ayudan en este proceso, pero aún es insuficiente, tal es el caso de la raspadora de caña, que implica que el hombre tome la caña con las manos y estire o empuje contra las cuchillas.

La caña de azúcar en la ciudad de baños significa uno de los productos que más ingresos económicos deja a las personas que venden productos hechos a base de caña, agregado al factor económico se encuentra el factor de salubridad e higiene debido a que los trabajadores tienen contacto directo con el producto o pulpa de caña. (Alarcón Ramos, 2013 como se citó en Reyna, 2018)

Ahora este proceso se ira sustituyendo por una maquina automática desde la perspectiva de las tecnologías apropiadas, de bajo costo y orientadas a cubrir necesidades básicas que satisfaga a los proveedores y consumidores de la caña de azúcar, otro aspecto del uso de sistemas mecanizados o automatizados es la disminución del tiempo de preparación de los productos que es algo importante para todo tipo de empresa (Toapanta & Landeta, 2016).

Es así que una vez desarrollado el prototipo se ira experimentando la diferencia de un pelado tradicional manual a uno automático que mejorará la calidad y aumentará la cantidad del producto, demostrando su eficacia en la velocidad del pelado, siendo así los negocios y los consumidores los únicos beneficiarios, ya que se obtendrá un pelado de corteza de caña de azúcar más salubre e higiénico.

1.2 Antecedentes

Antiguamente la profesión de un pelador de cañas se llevaba a cabo únicamente con unos cuchillos especiales parecidos a los machetes, esto con el paso del tiempo fue cambiando y la tecnología a medida que iba avanzando se desarrollaron sistemas, más o menos mecanizados, que permitían agilizar el proceso de pelado.

Continuamente fueron apareciendo nuevos dispositivos y aparatos que de alguna manera mejoraban el proceso del pelado de la caña pero no resuelven totalmente el problema ya que siguen siendo manuales e implican un gran esfuerzo por parte del hombre, además todavía son poco salubres, un ejemplo claro de esto son las maquinas raspadoras de caña de azúcar que a pesar de estar hechas de material de acero inoxidable están implican que el hombre mantenga la caña con la mano durante el tiempo que demora en pelar la caña y es por esto que se consideran poco salubres.

En la actualidad se vive una crisis sanitaria por lo que hemos tenido que adaptarnos a diferentes situaciones entre estas esta mejorar la salubridad de los productos realizados a mano, la crisis ha causado varios cambios y transformaciones que ha traído consigo que los diferentes negocios que viven de vender productos a base de caña cierren y otros pierdan el producto.

1.3 Planteamiento del problema

En la ciudad de Baños la mayor fuente de ingreso se obtiene de los productos hechos a base de la caña de azúcar, lo que para los negocios que viven de esto ha sido uno de los principales problemas ya que los ingresos han ido bajando, debido a la falta de un instrumento adecuado que permita agilizar el proceso del pelado de la caña, además de obtener un mejor aprovechamiento del producto y finalmente este sea más puro y salubre.

A pesar del esfuerzo por mejorar este proceso y tener mejores resultados en el proceso de pelado, estos no han sido de mucha ayuda, en general se realiza manualmente utilizando machetes, cuchillos y en el mejor de los casos, se utiliza dispositivos artesanales que hacen el trabajo monótono y peligroso sin lograr alcanzar la productividad requerida, pero el avance de la tecnología ha ayudado a la creación de diversas máquinas automáticas y semiautomáticas que realizan ciertas tareas difíciles para el hombre.

Continuamente se viven cambios y la tecnología a medida que avanza no deja de sorprendernos, pero sin embargo no todo está solucionado, tal es el caso de los dispositivos y métodos tecnológicos para el pelado de la caña que no han sido muy eficientes como se debería ya que se busca mejorar la velocidad del pelado, pero también hoy en día un gran problema para esto es la salubridad y la higiene de los alimentos.

1.4 Justificación

El presente proyecto tiene como finalidad implementar una máquina peladora de caña automatizada que permita a los negocios de la ciudad de Baños mejorar el proceso de la extracción de corteza de caña, de esta manera incrementar ganancias y que el costo del mantenimiento sea bajo por obtener pocas partes móviles.

El principal beneficiario de esta máquina serán los negocios que se dedican a la venta de productos hechos a base de la caña, con una velocidad de pelado aumentada y podrán abastecerse de más cañas de las que normalmente obtenían y entregara un producto de calidad libre de impurezas.

Finalmente, este prototipo será realizado con cuchillas, rodillos de arrastre de acero inoxidable, lo que permitirá a la caña estar libre de la corrosión de los elementos

de la peladora, así mismo la máquina tendrá una larga duración con sus respectivas protecciones eléctricas.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Prototipado de una máquina peladora de caña automatizado mediante la implementación de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos para el mejoramiento de salubridad en la extracción de la corteza de la caña.

1.5.2 Objetivos específicos

- Analizar la estructura y funcionamiento de una máquina peladora de caña de azúcar para la debida selección de componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos.
- Elaborar los planos mecánicos de la maquina mediante el software SolidWorks.
- Elaborar los planos eléctricos de la maquina mediante el software CadeSimu.
- Implementar la estructura mecánica de la máquina peladora de caña de azúcar con los componentes seleccionados.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la maquina peladora de caña de azúcar.

1.6 Alcance

El alcance de este proyecto es agilizar el proceso de pelado y su respectiva higiene, esto con la fabricación de un prototipo pelador de corteza de caña de azúcar en función de las diferentes especificaciones y la correspondiente elaboración de planos hasta la implementación de esta, en el negocio “El Paradero Dylan” ubicada en la ciudad de Baños

Para el respectivo desarrollo de este proyecto se realizarán los cálculos para elegir los componentes respectivos en cuanto al sistema eléctrico, además se analizará cual será el mantenimiento respectivo que se le tendrá que dar a la máquina.

Finalmente, cuando el prototipo esté terminado se procederá a realizar las pruebas necesarias dentro del negocio “El Paradero Dylan” para verificar la eficacia en el proceso de pelado y el funcionamiento de las protecciones eléctricas que ayudará que el producto sea más salubre.

Capítulo II

2. Marco Teórico

2.1 Caña de Azúcar

En Ecuador la caña es un cultivo de mucha importancia, ya que de este producto se extrae el azúcar y forma parte de la canasta básica de los ecuatorianos y es ingrediente fundamental de muchos alimentos elaborados y semi-elaborados de consumo masivo. Es una fuente importante de mano de obra en forma directa o indirecta a través de los ingenios azucareros, los cultivadores de caña y las industrias o pequeñas empresas que basan su producción en el azúcar y con productos, en todas las regiones del Ecuador (Castillo & Silva, 2004).

En la ciudad de Baños la caña de azúcar es de gran importancia ya que a base de este producto se preparan las tradicionales melcochas, alfeñiques, mermeladas, guarapo (jugo de caña con licor puro) y caña pelada, muchos consideran que la caña es un producto representativo de la ciudad ya que es de donde se obtiene los diferentes productos ya antes mencionados.

Figura 1

Caña de azúcar



Nota. La imagen muestra uno de los cultivos de caña de azúcar en Ecuador. Tomado de Ministerio de agricultura y ganadería, 2013.

Tabla 1*Propiedades de la caña de azúcar*

Humedad (%)	Resistencia al corte(N)	Diámetro (cm)	Longitud (m)	Espesor de cascara (mm)	Fuerza de corte específica (N/mm²)
65	10.4	3 - 5	1.5 – 3	1 - 2.5	3.64

Nota. En la tabla se muestra un rango de medida tomadas de diferentes cañas de azúcar.

2.2 Variedades de caña de azúcar

Existe una gran variedad de caña de azúcar en Ecuador, también “es uno de los cultivos más importantes, por el área sembrada y su importancia económica dentro de la industria en la producción de azúcar, alcohol y panela, actividad que genera trabajo para miles de ecuatorianos” (Avila, 2011).

En Ecuador la caña tiene nombres variados y en las diferentes provincias se las conoce como:

- ✓ **Limeña:** procedente de la Amazonia Ecuatoriana y por tanto es muy usada en el sector.
- ✓ **Caña blanca:** es la de mayor consumo por su distinguido sabor y sutileza.
- ✓ **Variedad POJ 28-78 (PIOJOTA):** usada en Cotopaxi y en el Valle de Yunguilla, tiene tallos largos, diámetro mediano y corpulento, color amarillo verdoso y entrenudos de extensión media, su rutina de crecimiento es semirecto con sus hojas abiertas.
- ✓ **Variedad Ragnar (en el sector del Guayas):** Es usado mayormente para los ingenios azucareros.

2.3 Corteza de la caña de azúcar

La corteza es una capa externa que protege a la caña de microorganismos, plagas y contaminantes que pueden afectar o deteriorar el producto que se encuentra dentro de la caña.

2.4 Máquina peladora de caña de azúcar

Esta máquina está compuesta por un conjunto de mecanismos que están destinados a arrancar la corteza de la caña, reduciendo así la mano de obra y aumentando el margen de ganancias para la empresa.

La función de la máquina es a través de un motor que hace girar el sistema de cuchillas, mientras la caña de azúcar pasa por un hueco giratorio permitiendo así el corte de la corteza de la caña, luego pasa por medio de cepillos de cerda que limpian los residuos que quedan en la caña y finalmente es empujada hacia el exterior.

2.5 Tipos de máquinas peladoras de corteza caña de azúcar

2.5.1 Raspador de caña de azúcar

Esta máquina está compuesta por un par de cuchillas de acero inoxidable, el método para realizar el pelado consiste en tomar la caña con las manos y empujarla contra las cuchillas constantemente hasta arrancar la corteza completamente.

Ventajas:

- ✓ No tiene gastos eléctricos.
- ✓ Su mantenimiento no es muy costoso.
- ✓ El tamaño es pequeño por lo que no ocupa mucho espacio en el lugar de trabajo.

Desventajas:

- ✓ Exige un esfuerzo mayor por parte del hombre para el proceso pelado.
- ✓ Tiene contacto con el hombre lo que hace el producto menos salubre.

- ✓ No agiliza el proceso de pelado.

Figura 2

Máquina manual de pelar caña



Nota. Tomado de AiExpress. <https://es.aliexpress.com/i/4000597437238.html>.

2.5.2 Pelador de caña de azúcar basado en discos de púas

Este tipo de máquina es más avanzada y está compuesta por discos de púas que funcionan por motores eléctricos y el pelado consiste o es causado por el desgaste que causa la fricción de la corteza de caña hasta desprender totalmente la corteza.

Ventajas:

- ✓ Agiliza el proceso de pelado.
- ✓ Desprende totalmente la corteza dejándola en residuos muy pequeños.
- ✓ El tamaño favorece para trasladarla fácilmente.

Desventajas:

- ✓ Sigue teniendo contacto con el hombre y el producto sigue siendo menos salubre.
- ✓ Los discos de púas tienden a desgastarse lo que implica un gasto.

- ✓ La oxidación y corrosión de los discos de púas afecta a la salubridad del producto final.

Figura 3

Sistema de pelado de cañas basado en discos de abrasión



Nota. En la imagen se muestra el sistema de pelado de caña basado en discos de púas. Tomado de Manuel Carvajal, España (Barcelona), 2014).

2.6 Comparación de máquinas peladoras de caña de azúcar

Una vez analizados los diferentes tipos de máquinas podemos decir que en el caso del rapador es un mecanismo que no cumple con las condiciones de salubridad porque la caña está en contacto con el hombre para funcionar y pelar, por otro lado, el pelador a base de discos de púas, aunque es semiautomática y agiliza el proceso de pelado sigue siendo existiendo un problema de higiene.

2.7 Alternativas de selección y fabricación de materiales

La construcción de la máquina requiere de materiales que sean de fácil acceso, además de los diseños respectivos para definir como es el proceso de arrastre de la caña y como se ubican los motores eléctricos para generar el movimiento mecánico, el

diámetro de los rodillos, velocidad de corte y la selección de material de acero inoxidable para la fabricación de las cuchillas y rodillos.

Una vez que se analiza los diferentes tipos de máquinas, se toma en cuenta las alternativas más convenientes para el diseño de la máquina las cuales se encuentran plasmadas en la Tabla 2.

Tabla 2

Alternativas de diseño

DESCRIPCIÓN	ALTERNATIVAS
SISTEMAS ELÉCTRICOS	Selección de motores eléctricos
	Sistema de encendido y apagado
	Protecciones
SISTEMAS MECÁNICOS	Cadenas
	Chumaceras
	Poleas
	Reductor de velocidad
	Bandas
DISEÑO	Eje de porta cuchillas
	Cuchillas de corte
	Sistema de arrastre
	Sistema de limpieza de la caña
	Estructura metálica

2.8 Normativas

Las normativas que están relacionadas y que se usaran para el Prototipado de la máquina peladora de caña de azúcar son las siguientes:

Normas ISO 12100-1 y 12100-2: tienen el propósito de que los diseñadores tengan una vista general de la fabricación de una máquina segura para el uso previsto, se ve reflejados conceptos en cuanto a la seguridad de la máquina para establecer las funciones reduciendo adecuadamente el riesgo, además la norma ISO 12100 en la

primera parte describe los peligros para facilitar al diseñador cuan relevantes y significativos son estos peligros.

Normas ISO 7919: se enfoca en el nivel de vibración de las máquinas que poseen ejes rotativos.

Norma ASTM A36: Esta norma aplica para estructuras de laminados en caliente, tiene una buena soldabilidad se lamina en acero rectangular, cuadrado, redondo, placa de acero y en diferentes secciones de acero.

Tabla 3

Propiedades mecánicas del acero ASTM A36

	Esfuerzo máximo de fluencia		Esfuerzo de fluencia		Elongación en 50 mm o 2 pulg.
	MPa	ksi	MPa	ksi	%
ASTM A36	400-500	58 - 80	220-250	32 - 36	23

Nota. En la tabla se muestra algunas de las propiedades del acero ASTM A36 y sus medidas. Tomado de Ciencia de materiales, Selección y Diseño, por Pat L. Mangonon.

Código de dibujo técnico – mecánico CPE INEN 003: este código hace referencia a la presentación de piezas mecánicas y sus conjuntos en dibujos. Establece las medidas de las láminas según los formatos, dimensiones de márgenes, plegado, rotulación, escalas, altura, espesor, líneas, etc.

Norma NEC: recoge varias normas que permiten establecer especificaciones técnicas y prevenir o eliminar los riesgos eléctricos ofreciendo condiciones de seguridad, es de cumplimiento obligatorio a nivel nacional, define principios básicos, establece parámetros de seguridad y calidad, optimiza mecanismos de control y mantenimiento, reduce el consumo de energía, y fija responsabilidades involucrados en la construcción.

Norma AISI 304: este tipo de acero es el más utilizado, en condición de recocido es no magnético, resistente a la corrosión, al calor y temperaturas bajas, es un tipo de aleación austeníticas.

Tabla 4

Propiedades del acero inoxidable AISI 304

	Condición	Dureza Rockwell	Esfuerzo de fluencia, desplazamiento de 0.2%		Esfuerzo máximo de fluencia		Elongación en 50.8mm o 2.0 pulg. %	Reducción de área %
			MPa	ksi	MPa	ksi		
AISI 304	Recocido	81 HRB	241	35	586	85	60.0	70.00

Nota. La dureza de rockwell representa la resistencia de un material a ser penetrado. Tomado de Ciencia de materiales, Selección y Diseño, por Pat L. Mangonon.

2.9 Materiales de la máquina peladora de corteza de caña de azúcar

2.9.1 Motor eléctrico

Es una máquina capaz de realizar el trabajo porque transforma la energía eléctrica en energía mecánica a través de un eje de movimiento.

Figura 4

Motor eléctrico



Nota. El motor mostrado es monofásico. Tomado de W22 Motor Eléctrico Monofásico, Catálogo Comercial, Mercado Latinoamericano, 2020.

2.9.2 Pulsadores

Los pulsadores son botones que tienen la función de cerrar o abrir un circuito dejando que la corriente pase o no a través de ellos.

Estos pulsadores funcionan y dejan pasar la corriente eléctrica cuando el usuario presiona y mantiene presionado el botón, sin embargo, existen varios tipos de pulsadores, los más comunes son: pulsadores de paro, de marcha y de doble cámara.

Figura 5

Pulsadores



Nota. Los pulsadores que se muestran en la fotografía son los más utilizados.

2.9.3 Luces piloto

Las luces son dispositivos que tienen la función de brindar un control visual de que el equipo o máquina está funcionando correcta o incorrectamente, además están mostradas por colores y cada una muestra el estado en el que se encuentra el equipo, los colores más utilizados son: rojo, amarillo y verde.

Figura 6

Luces piloto



Nota. En la fotografía se muestra los colores de luces piloto más comunes para usar.

2.9.4 Contactor

Un contactor sirve para impedir que la corriente pase o a su vez dejarla pasar, se considera que “es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de la corriente” (Chapoñan & Peralta, 2019).

Figura 7

Contactor eléctrico



2.9.5 Interruptor termomagnético

“Son dispositivos de disparo que incluyen modernos adelantos en tecnología en protección contra sobre corrientes para mayor seguridad de funcionamiento, adaptación y duración” (González, 2005).

Figura 8

Interruptor termomagnético



2.9.6 Relé térmico

Es un mecanismo de protección electromecánica para los motores en caso de que ocurra una sobrecarga, cuando la temperatura supera lo permitido el apasionamiento del relé consiste en desconectar el circuito, evitando que el bobinado se quemara.

Figura 9

Relé térmico



Nota. El relé mostrado muestra los diferentes accionamientos.

2.9.7 Conductores

Son cables que cumplen la función de transportar la corriente y el voltaje.

Figura 10

Conductores



2.9.8 Rodamiento

El rodamiento es el que se localiza entre dos piezas de anillos interno y externo y el eje que está acoplado entre ellas, su función es restar la fricción entre las mismas, está compuesto por dos cilindros que se encuentran separados por una corona de rodillos o bolas, que a la vez giran libremente.

Figura 11

Rodamientos



2.9.9 Poleas

Una polea es una rueda que tiene una ranura, canal o carril por el cual pasa una cuerda o una correa lo que reduce el trabajo y permite levantar objetos pesados, estas poleas pueden ser fijas, móviles y compuestas.

“Las poleas son discos con una parte acanalada o garganta por la que pasa un cable, correa o cadena que giran alrededor de un eje central” (Peña, 2018).

Figura 12

Poleas



Nota. En la ilustración se muestra diferentes poleas. Tomado de SFK, 2011.

2.9.10 Reductor de velocidad

“Los reductores son elementos mecánicos muy adecuados para el accionamiento de todo tipo de máquinas y aparatos de uso industrial, que se necesiten reducir su velocidad de una forma eficiente, constante y segura” (Villaba, 2015).

Este elemento es utilizado para diferentes intenciones y tienen diferentes tamaños, son importantes porque proporcionan un alto rendimiento de rotación, bajos niveles de vibración y excelentes resultados operativos.

Figura 13

Reductor de velocidad



Nota. En la ilustración se observa un reductor de velocidad con Ejes a 180°. Tomado de Industrias Fama, Catálogo, Grupos Motrices de Reducción.

2.9.11 Bandas

Son un instrumento que transmite potencia a el objeto que requiere moverse, el proceso se lo realiza en conjunto con otras piezas como la polea.

Figura 14

Bandas

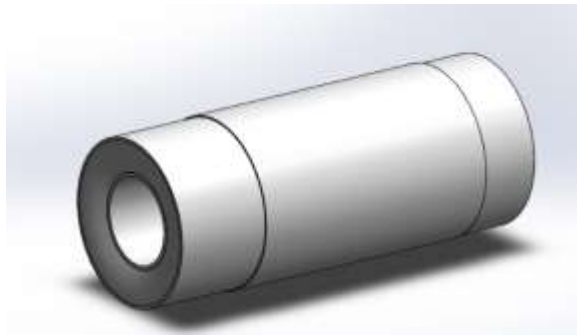


2.9.12 Eje porta cuchillas

Un eje se refiere a el soporte que sujetas a las cuchillas de corte y su fabricación depende del diámetro de la caña de azúcar.

Figura 15

Eje porta cuchillas



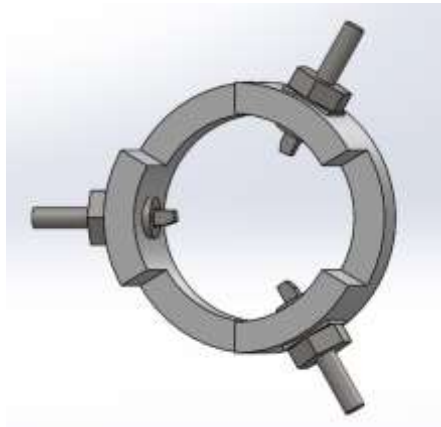
Nota. Se muestra el eje diseñado por el cual pasa la caña de azúcar.

2.9.13 Cuchillas de corte

Son un instrumento de la máquina que tienen un extremo afilado, generalmente son de metal o acero inoxidable, sirven para hacer cortes o rebanar cosas, su fabricación depende del grosor del producto o material que se requiera cortar.

Figura 16

Cuchillas



Nota. En la imagen mostrada se observa la posición de las cuchillas de corte.

2.9.14 Sistema de arrastre

Estos sistemas son realizados en material de acero inoxidable para impedir la proliferación de contaminantes biológicos, además es importante que este sea resistente a la fricción con el producto, debe ser desarmable para llevar una debida limpieza.

Figura 17

Sistema de arrastre

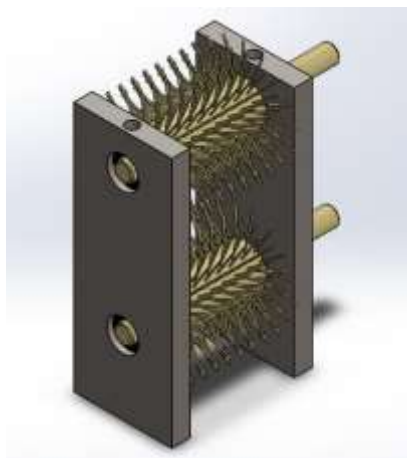


2.9.15 Sistema de limpieza de la caña

El sistema de limpieza está constituido por: poleas y ejes de transmisión y principalmente por los cepillos que se encuentran a la salida de la máquina para limpiar las impurezas que quedan después del pelado de la caña.

Figura 18

Sistema de limpieza



2.9.16 Estructura

El material para la fabricación de estructura es resistente capaz de soportar cargas cuando la maquina esté en funcionamiento, además para la unión de cada una de las piezas el tipo de soldadura tiene que adaptarse a partir de la unión y metal que se requiera utilizar, los tipos de soldadura que se pueden encontrar son: de cordón, semicircular, circular, de zigzag longitudinal y transversal.

Figura 19

Diseño de la estructura metálica



2.10 Tipos de mantenimiento para la máquina peladora de caña de azúcar

El mantenimiento es un conjunto de técnicas y maniobras que se aplica a los sistemas que permiten prevenir y corregir las averías o fallas que se presentan en los equipos para efectuar las revisiones y reparaciones correspondientes a fin de garantizar el buen funcionamiento de los equipos.

Permite observar y medir la eficiencia y eficacia de la máquina, mostrando la necesidad que tiene el equipo de mantener una instalación o de restablecer el funcionamiento.

2.11 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo corresponde a las labores que se realizan antes que ocurra un desperfecto a la maquinaria, bajo condiciones controladas de la empresa. (Valdivieso, 2010)

La ventaja de realizar este mantenimiento es que se puede garantizar una vida útil mayor, reducir el costo de reparaciones y la seguridad de que operen mejor todas las instalaciones.

2.12 Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento se pone en práctica cuando el sistema del equipo o el mismo equipo presente fallas que produzcan un paro de producción teniendo como ventaja que dicha falla sea simple como engrasar o limpiar y la desventaja es que si no se tiene los repuestos necesarios puede tratarse de una reparación costosa y que no se pueda realizar en corto tiempo.

De la misma manera se consideran dos tipos de mantenimiento correctivo:

- **Mantenimiento rutinario:** correspondiente a la corrección de fallas que no afectan al sistema del equipo.
- **Mantenimiento de emergencia:** corresponde a las fallas de un equipo que se requieren ser corregidos al instante o en un plazo corto.

Capítulo III

3. Desarrollo del Tema

En este capítulo del proyecto se realizará los cálculos, diseños y selección de medidas de los componentes por los que estará conformada la máquina peladora de corteza de caña de azúcar, tomando en cuenta todas las características de los componentes para su respectivo pelado de la corteza.

3.1 Diseño y cálculo del sistema de arrastre

3.1.1 *Diseño del sistema de arrastre*

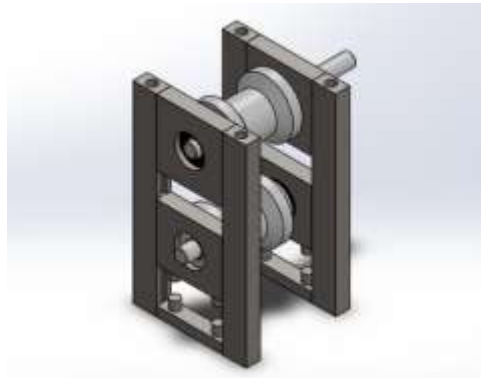
Para el diseño de sistema de arrastre se ha tomado en cuenta el material de acero inoxidable AISI 304, por el hecho de la resistencia a la corrosión y a la oxidación.

3.1.2 *Características del sistema de arrastre*

- El material de la estructura del sistema de arrastre debe impedir la contaminación biológicos al producto.
- El material de los rodillos debe ser resistente a la fricción con el producto
- El sistema de arrastre debe ser desmontable para su respectiva limpieza y mantenimiento.
- El material del sistema de arrastre no debe reaccionar químicamente con la mezcla.

Figura 20

Diseño del sistema de arrastre



3.1.3 Cálculo analítico del sistema de arrastre

A. Características de la caña de azúcar

Se tomaron un rango de medidas entre diferentes tipos y tamaños de caña para establecer las características como se observa en la figura 21.

Figura 21

Medición de caña



$L_{caña} : 1600 \text{ mm}$

$D_{caña} : 36 \text{ mm}$

Con un peso promedio de la caña de: 1.7 kg

B. Cálculo del volumen y densidad de la caña a partir de las características tomadas.

Ecuación N. 1: Volumen de la caña

$$V_{caña} = l * \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

$V_{caña}$: Volumen de la caña (m^3).

l : Longitud de la caña (m).

D : Diametro de la caña(m).

$$V_{caña} = 1.6 * \frac{\pi * (0.036)^2}{4} = 0.00162 \text{ m}^3$$

Ecuación N. 2: Densidad de la caña

$$\rho_{caña} = \frac{m}{v}$$

Donde:

$\rho_{caña}$: Densidad de la caña (kg^3/m^3).

m : Masa de la caña (kg).

v : Volumen de la caña (m^3).

$$\rho_{caña} = \frac{1.7}{0.00162} = 1049.38 \text{ (kg}^3/\text{m}^3\text{)}$$

C. Cálculo del número de cañas / hora que se implantara por el sistema de arrastre con una capacidad máxima de la máquina 200kg/h.

Para determinar la capacidad de la máquina se tomó como referencia diferentes máquinas y se consideró lo necesario para un buen funcionamiento y una durabilidad del motor a trabajar.

Ecuación N. 3: Número de cañas / hora

$$N_{caña} = \frac{C_p}{W_p}$$

Donde:

$N_{caña}$: Número de cañas/hora (und/h).

C_p : Capacidad promedio de la máquina (kg/h).

W_p : Peso promedio de la caña(kg).

$$N_{caña} = \frac{200}{1.7} = 117.64(\text{und/h})$$

D. Cálculo de la velocidad lineal y rotación

Ecuación N. 4: Cálculo de la velocidad lineal

$$V_l = \frac{S}{t}$$

Donde:

V_l : Velocidad lineal (m/s).

S : Desplazamiento lineal total de la caña(m).

t : tiempo(s).

Multiplicación por número de cañas (unidades):

$$V_l = \frac{1.6 \text{ m} * 117.64 \text{ und}}{h} * \frac{1 \text{ h}}{3600s} = 0.0522 \text{ m/s}$$

Ecuación N. 5: Cálculo de la velocidad de rotación

$$w = \frac{V_l}{r}$$

Donde:

w : Velocidad angular (rad/s).

V_l : Velocidad lineal(m/s).

r : Radio del rodillo de la caña(m).

$$w = \frac{0.0522}{0.02} = 2.614 \frac{\text{rad}}{s}$$

Transformación a RPM:

$$\frac{2.614 \text{ rad}}{s} * \frac{1 \text{ vuelta}}{2\pi \text{ rad}} * \frac{60s}{1 \text{ min}} = 24.96 \text{ RPM}$$

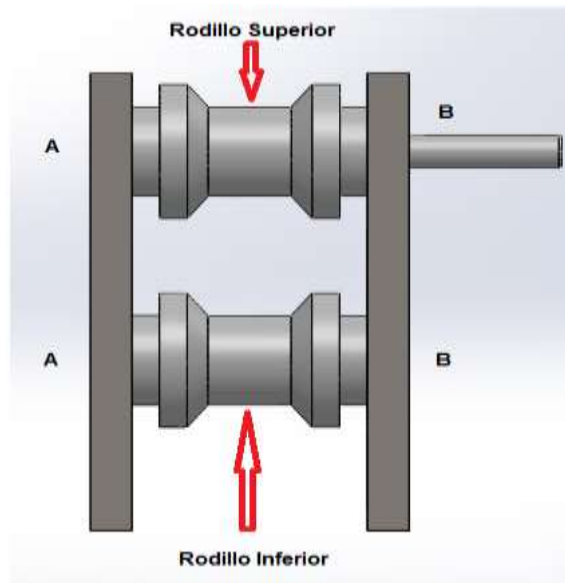
La velocidad de rotación requerida de los rodillos de arrastre es de 24.96 rpm, de acuerdo a relaciones de transmisiones por poleas o por cadenas se deberá llegar a la velocidad de rotación real de 25 rpm.

3.1.4 Cálculo de la potencia de los ejes del sistema de arrastre

Para realizar el cálculo y encontrar la potencia requerida se empieza sabiendo la fuerza que necesita la caña y se parte de parte del diámetro de rodillo que tiene un valor de 40mm.

Figura 22

Ejes del sistema de arrastre



A. Cálculo de la fuerza ejercida por la caña

Ecuación N. 6: Fuerza ejercida

$$F = m * g$$

Donde:

g: gravedad (9.8 m/s^2).

$$F_{caña} = 1.7 * 9.8$$

$$F_{caña} = 16.66 \text{ N}$$

Este resultado es la fuerza que actuará específicamente con las cuchillas de corte y a los rodillos de arrastre ya que estará en contacto directo para su debido pelado de la caña de azúcar.

B. Cálculo del torque de la caña

Ecuación N. 7: Torque de la caña

$$T = F * r$$

Donde:

r: radio del rodillo (m).

$$T_{caña} = 16.6 * 0.02 = 0.3332 Nm$$

C. Cálculo de la potencia requerida para mover el rodillo de acuerdo a la caña

La velocidad con la que se moverán los rodillos dependerá de la caña la cual tiene un valor de 35 rpm que se considera una velocidad apta para el proceso de pelado.

Ecuación N. 8: Potencia requerida

$$P = \frac{T * n * 2\pi}{60}$$

Donde:

n_{rodillo}: velocidad del rodillo (rpm).

$$P_{caña} = \frac{0.3332 * 25 * 2\pi}{60} = 0.872 W$$

D. Cálculo del volumen de los rodillos

Ecuación N. 9: Volumen del rodillo

$$v = \pi * r^2 * h \dots \dots \text{cilindro}$$

$$v = l * A = l * \frac{\pi}{4} * (D^2 - d^2) \dots \dots \text{cilindro hueco}$$

Donde:

v: Volumen del tambor (m^3).

A: Area (m^2).

l: longitud (m).

D: Diametro exterior (m).

d: Diametro interior (m).

*r*²: radio del cilindro (m).

h: Longitud de su altura (m).

E. Cálculo del volumen del arrastre del eje de movimiento (contacto directo de la caña de azúcar).

$$v_{eje\ 1} = \pi * 0.02^2 * 0.085$$

$$v_{eje\ 1} = 106.814 * 10^{-6}m^3$$

F. Cálculo del volumen del eje de movimiento (contacto directo con los rodamientos y polea).

$$v_{eje\ 2} = \pi * 0.0075^2 * 0.085$$

$$v_{eje\ 2} = 15.021 * 10^{-6}m^3$$

G. Cálculo del volumen de sujeción del eje de movimiento (Paredes de guía de la caña de azúcar).

$$v_{sujeción} = 0.0132 * \frac{\pi}{4} * (0.06^2 - 0.04^2)$$

$$v_{sujeción} = 20.7345 * 10^{-6}m^3$$

$$v_{sujeción\ total} = v_{sujeción} * 2 \dots \dots (dos\ paredes)$$

$$v_{sujeción\ total} = 20.7345 * 10^{-6} * 2$$

$$v_{sujeción\ total} = 41.469 * 10^{-6}m^3$$

H. Finalmente se suma todos los volúmenes obtenidos para obtener el volumen total del rodillo de arrastre.

$$v_{Total} = v_{eje 1} + v_{eje 2} + v_{sujeción total}$$

$$v_{Total} = 106.81 * 10^{-6} + 15.02 * 10^{-6} + 41.46 * 10^{-6}$$

$$v_{Total} = 163.29 * 10^{-6} m^3$$

Una vez calculado el volumen total del eje, se puede calcular la masa del rodillo teniendo en cuenta que la densidad del acero inoxidable austenítico es de $8000 \text{ kg} / \text{cm}^3$.

I. Cálculo de la masa del rodillo

Ecuación N. 10: Masa del material del tambor

$$m = \rho * v$$

Donde:

m : Masa (kg).

ρ : Densidad del material ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$).

v : Volumen del material (m^3).

$$m = 8000 * 163.29 * 10^{-6} = 1.30 \text{kg} \dots \dots \dots (\text{rodillo superior})$$

$$m = 1.23 \text{kg} \dots \dots \dots (\text{rodillo inferior})$$

J. Cálculo de la fuerza ejercida del rodillo

$$F = 1.30 * 9.8 = 12.74 \text{ N} \dots \dots \dots (\text{rodillo superior})$$

$$F = 1.23 * 9.8 = 12.05 \text{ N} \dots \dots \dots (\text{rodillo superior})$$

$$F_{rodillo} = 12.74 + 12.05$$

$$F_{rodillo} = 24.79 \text{ N}$$

K. Cálculo del torque del rodillo superior

$$T_{rodillo} = 12.74 * 0.02 = 0.49 Nm$$

L. Cálculo de la potencia requerida para mover el rodillo

La velocidad rpm de los rodillos está considerado de acuerdo a la caña de azúcar la cual es de 25 rpm.

$$P_{rodillo} = \frac{0.49 * 25 * 2\pi}{60} = 1.28 W$$

M. Cálculo de la potencia requerida para girar los rodillos

Potencia total de trabajo:

$$P_{T rodillo} = P_{caña} + P_{rodillo}$$

$$P_{T rodillo} = 0.872 + 1.28 = 2.152 W$$

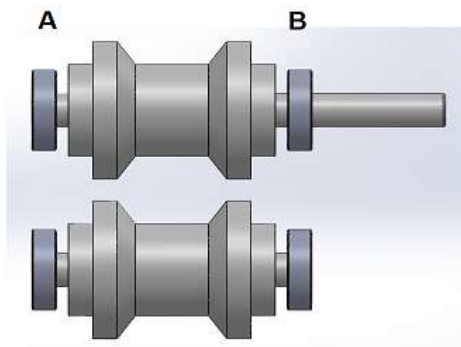
$$P_{T rodillo} = 2.152 W = 0.013 HP$$

3.1.5 Selección de rodamientos para rodillos del sistema de arrastre

Se puede apreciar rodamientos en los puntos A y B del diseño elaborado, como también se observa en la figura 23 tiene un diámetro de 15 mm y en base a estos datos se procede a la selección de rodamientos en los puntos establecidos del eje superior e inferior del sistema de arrastre que se muestran en el Anexo N°1.

Figura 23

Posición de rodamientos en el sistema de arrastre



Nota. En la ilustración se muestra la posición en la que están los rodamientos.

3.1.5.1 Características del rodamiento del sistema de arrastre

D: Diametro exterior del rodamiento = 35mm

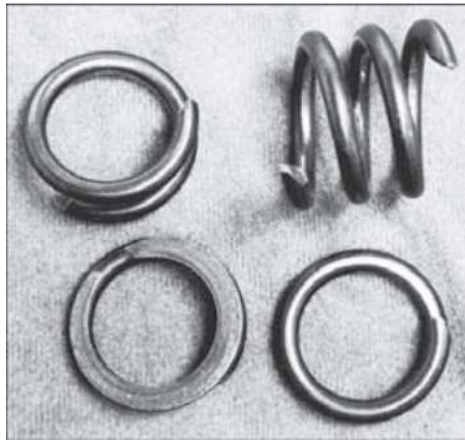
d: Diametro interior del rodamiento = 15mm

m: Masa del rodamiento = 0.045 kg

3.1.6 Selección del resorte del sistema de arrastre

Figura 24

Resorte



Nota. En la imagen se observa un resorte de válvula. Tomado de Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley octava Edición, 2008.

El desplazamiento lineal que tendrá el resorte será de 65mm se tendrá dos resortes a cada lado para trabajar en el sistema de arrastre, además se contará con cuatro resortes que soportarán una masa de: (0.54 kg), la sumatoria de las masas de (1.23 kg) del rodillo de arrastre inferior, (0.045x2 kg) de los rodamientos y un (0.42x2 kg) de los soportes de rodillo inferior, constituye a la fuerza de pre carga o F_i .

Adicionamos el peso de la caña de (1.7 kg) a la fuerza de operación o F que se calculara a (0.85kg).

$$F = 0.85 * 9.8 = 8.33 N$$

$$F_i = 0.54 * 9.8 = 5.9 N$$

$$F_{total} = F + F_i$$

$$F_{total} = 8.33 + 5.9 = 14.23 \text{ N}$$

3.1.6.1 Características del resorte

Material: Acero inoxidable(A313)

Extremos de resortes: Estan a escuadra

D_E: Diametro exterior del resorte = 18mm

D_{In}: Diametro interior del resorte = 14mm

Nv: numero de vueltas = 14 vueltas

Lr: Longitud del resorte = 63mm

A. Cálculo del resorte Helicoidales de compresión.

Ecuación N. 11: El Esfuerzo de fluencia del alambre.

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m}$$

Donde:

S_{ut}: Esfuerzo último

A: Constantes experimentales

d: diametro del alambre (mm)

m: Exponente del alambre (m)

Para realizar este cálculo es necesario tomar en cuenta el material que se va a utilizar para tomar los valores correspondientes los cuales se ven reflejados en el Anexo N°2 y para obtener el diámetro del alambre, se tiene como referencia la tabla 5 que en ella se encuentran los valores tanto de la constante y el exponente.

Tabla 5

Resistencia de tensión mínima de alambres

Material	ASTM núm.	Exponente <i>m</i>	Diámetro, pulg	<i>A₁</i> kpsi · pulg ^{<i>m</i>}	Diámetro, mm	<i>A₁</i> MPa · mm ^{<i>m</i>}	Costo relativo del alambre
Alambre de piano*	A228	0.145	0.004-0.256	201	0.106-5	2 211	2.6
Alambre T y R en aceite ¹	A229	0.187	0.020-0.500	147	0.5-12.7	1 855	1.3
Alambre estirado duro ²	A227	0.190	0.028-0.500	140	0.7-12.7	1 783	1.0
Alambre al cromo vanadio ³	A232	0.168	0.032-0.437	169	0.8-11.1	2 005	3.1
Alambre al cromo silicio ⁴	A401	0.108	0.063-0.375	202	1.6-9.5	1 974	4.0
Alambre inoxidable 302*	A313	0.146	0.013-0.10	169	0.3-2.5	1 867	7.6-11
		0.263	0.10-0.20	128	2.5-5	2 065	
		0.478	0.20-0.40	90	5-10	2 911	
Alambre de bronce forjado**	B159	0	0.004-0.022	145	0.1-0.6	1 000	8.0
		0.028	0.022-0.075	121	0.6-2	913	
		0.064	0.075-0.30	110	2.7-5	932	

Nota. En la tabla se observa los valores elegidos de constante y exponente del alambre para el cálculo respectivo. Tomado de Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley por Budynas & Nisbett (2008).

$$S_{ut} = \frac{1867}{1.4^{0.146}} = 1777.5 \text{ MPa}$$

Obtenido este resultado se procede a el cálculo de la cadencia.

Tabla 6

Esfuerzos de torsión máximos permisibles de resortes

Material	Porcentaje máximo de la resistencia a la tensión	
	Antes de la remoción de la deformación (incluye K_W o K_B)	Después de la remoción de la deformación (incluye K_s)
Alambre de piano y acero al carbono estirado en frío	45	60-70
Acero al carbono templado y revenido y acero de baja aleación	50	65-75
Aceros inoxidables, austeníticos	35	55-65
Aleaciones no ferrosas	35	55-65

Nota. En la tabla se observa los valores que se tomaron en cuenta para el cálculo de la cadencia. Tomado de Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley por Budynas & Nisbett (2008).

Ecuación N. 12: Resistencia a la cadencia

$$S_{sy} = K_{ss} * S_{ut}$$

Donde:

S_{sy} : Resistencia a la cadencia

K_{ss} : Factor maximo de la resistencia a la tensión

$$S_{sy} = 0.35 * 177.5 = 622 \text{ MPa}$$

Ecuación N. 13: Diámetro medio de la espira del resorte

$$D = D_E - d$$

Donde:

D : Diametro de la espira

D_E : Diametro exterior del resorte

$$D = 18\text{mm} - 1.4\text{mm} = 16.6\text{mm}$$

Ecuación N. 14: Índice del resorte

$$C = \frac{D}{d}$$

Donde:

C : Índice del resorte

$$C = \frac{16.6}{1.4} = 11.85$$

Ecuación N. 15: Factor de aumento de esfuerzo cortante

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3}$$

Donde:

K_B : Factor de aumento de esfuerzo cortante

$$K_B = \frac{4(11.85) + 2}{4(11.85) - 3} = 1.11$$

Ecuación N. 16: Fuerza de operación

$$F = \frac{\pi d^3 S_{sy}}{8K_B D}$$

Donde:

F: Fuerza de operación

$$F = \frac{\pi(1.4)^3 * (622 * 10^6)}{8 * 1.11 * 18.6} = 32.46 N$$

Se puede considerar que la fuerza de operación del resorte es superior a la fuerza total de carga y operación, por lo cual el resultado obtenido si es recomendado.

3.2 Diseño, cálculo y análisis del eje porta cuchillas

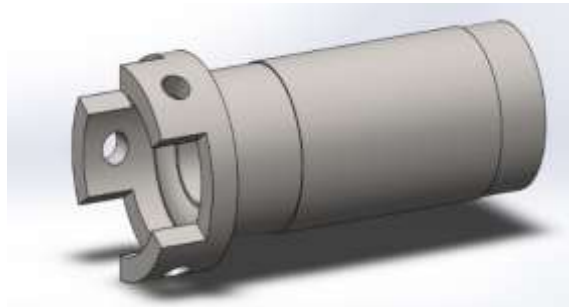
3.2.1 Diseño del eje porta cuchillas

El eje porta cuchillas está estipulado por un material de acero inoxidable AISI 304, Este eje permitirá el movimiento de las cuchillas las cuales procederán a realizar el corte de la corteza de caña de azúcar.

De acuerdo a su transmisión de movimiento el eje tendrá un diámetro exterior de 130mm y un diámetro interno de 52 mm con una longitud de 305 mm el cual será una guía en la que estarán sujetadas las cuchillas de corte, dejando espacios vacíos por los cuales caerá la viruta de la corteza de caña, todas las características del eje están consideradas de acuerdo al diámetro de la caña de azúcar.

Figura 25

Eje porta cuchillas



3.2.2 Cálculo analítico del eje porta cuchillas

A. Cálculo del volumen del tambor del eje porta cuchillas

Se calcula cuando existe (contacto directo con los rodamientos y polea).

$$v_{eje\ superior} = 0.25 * \frac{\pi}{4} * (0.1^2 - 0.088^2) = 442.9645 * 10^{-6} m^3$$

$$v_{eje\ inferior} = 0.25 * \frac{\pi}{4} * (0.057^2 - 0.052^2) = 107.0104 * 10^{-6} m^3$$

$$v_{eje\ 1} = v_{eje\ superior} + v_{eje\ inferior}$$

$$v_{eje\ 1} = 442.9645 * 10^{-6} + 107.0104 * 10^{-6} = 549.9749 * 10^{-6} m^3$$

Ahora se calcula el volumen de sujeción del eje de movimiento y su resta de vacíos del corte y taladro (cabeza de las cuchillas de corte).

$$v_{sujeción} = 0.02 * \frac{\pi}{4} * (0.13^2 - 0.1^2) = 108.3849 * 10^{-6} m^3$$

$$v_{cabeza} = 0.035 * \frac{\pi}{4} * (0.13^2 - 0.1^2) = 189.6736 * 10^{-6} m^3$$

Obtenido el volumen de la cabeza total se divide en 6 partes ya que 3 de ellas se eliminarán y los 3 sobrantes es el lugar donde estarán sujetadas las cuchillas de corte.

$$v_{corte} = \frac{v_{cabeza}}{2}$$

$$v_{corte} = \frac{189.6736 * 10^{-6} m^3}{2} = 94.8368 * 10^{-6} m^3$$

$$v_{taladro} = \pi * r^2 * h$$

$$v_{taladro} = \pi * 0.01^2 * 0.015$$

$$v_{taladro} = 4.7123 * 10^{-6} m^3$$

$$v_{eje\ 2} = v_{sujeción} + (v_{cabeza} - v_{corte} - v_{taladro})$$

$$v_{eje\ 2} = 108.3849 * 10^{-6} + (189.6736 * 10^{-6} - 94.8368 * 10^{-6} - 4.7123 * 10^{-6})$$

$$v_{eje\ 2} = 198.5093 * 10^{-6} m^3$$

$$v_{Teje} = v_{eje\ 1} + v_{eje\ 2}$$

$$v_{T\ eje} = 549.9749 * 10^{-6} + 198.5093 * 10^{-6}$$

$$v_{T\ eje} = 748.4842 * 10^{-6} m^3$$

Obtenido el volumen se procede a calcular la masa del tambor teniendo en cuenta que la densidad del acero inoxidable austenítico es de $8000\ kg/cm^3$

B. Cálculo de la masa del tambor del eje porta cuchillas

$$m = 8000 * 748.4842 * 10^{-6}$$

$$m = 5.98 kg$$

C. Cálculo de la fuerza ejercida del eje porta cuchillas

$$F_{porta\ cuchillas} = 5.98 * 9.8$$

$$F_{porta\ cuchillas} = 58.60\ N$$

D. Cálculo de la inercia del tambor del eje porta cuchillas

Ecuación N. 17: Cálculo del momento de inercia para un tubo hueco.

$$I_x = \frac{m}{2} (r_{Ext}^2 + r_{Int}^2)$$

Donde:

m : Masa (kg).

r_{Int} : Radio interior (m).

r_{Ext} : Radio exterior (m).

$$I_x = \frac{5.98}{2} (0.050^2_{Ext} + 0.026^2_{Int}) = 9.353 * 10^{-3} kgm^2$$

Considerando la velocidad angular de trabajo de la maquina se tiene un rango de velocidad entre 1000 rpm a 1090 rpm, para este caso se trabajará con 1090 rpm.

$$w = \frac{1090 rev}{min} * \frac{2\pi rad}{1 rev} * \frac{1 min}{60 s} = 114.14 \frac{rad}{s}$$

Al obtener el momento de inercia y la velocidad angular que trabajará, a continuación, se obtendrá la energía cinética.

E. Cálculo de la energía cinética del tambor del eje porta cuchillas

Ecuación N. 18: Energía cinética.

$$E_{Rot} = \frac{1}{2} I_x * \omega^2$$

Donde:

E_{Rot} : Energía cinética (Nm).

I_x : Momento inercia (kgm^2).

ω^2 : Velocidad angular ($\frac{rad}{s}$).

$$E_{Rot} = \frac{1}{2} 9.353 * 10^{-3} * 114.14^2 = 60.92 Nm(J)$$

Para este cálculo se debe considerar el tiempo en que se demorara el tambor en dar una revolución t_c , de acuerdo a la velocidad angular de trabajo de la máquina.

Donde girará a 1090 rpm el tambor se debe calcular en segundos en dar una revolución en el eje, de la siguiente manera:

$$60s \rightarrow 1090 rev = 1090rpm$$

$$t_c(s) \rightarrow 1 rev = 1 rps$$

$$t_c = \frac{60s * 1rev}{1090 rev}$$

$$t_c = 0.055 s$$

Teniendo en cuenta la potencia que se va a requerir para poder girar el tambor con un corte de 1 mm de cortea de caña de azúcar se calculará de la siguiente manera.

F. Cálculo de la potencia requerida para girar el tambor

Ecuación N. 19: Potencia requería para girar el tambor.

$$P_g = \frac{E_r}{t_c}$$

Donde:

P_g : Potencia del tambor (W).

E_r : Energía de rotación (J).

$$P_g = \frac{60.92J}{0.055s} = 1107.63 W$$

Potencia total de trabajo:

$$P_{TT} = 1107.63 W + 73W$$


$$P_{TT} = 1180.63W = 1.18KW = 1.6 HP$$

3.2.3 Análisis del eje porta cuchillas

Para poder analizar se realiza el diseño del eje porta cuchillas y con la ayuda del software SolidWorks encontramos las tensiones, desplazamientos y el factor de seguridad de la pieza mecánica, datos que se encuentran reflejados en la tabla 8, tabla 9 y tabla 10.

Tabla 7

Propiedades de material del eje porta cuchillas

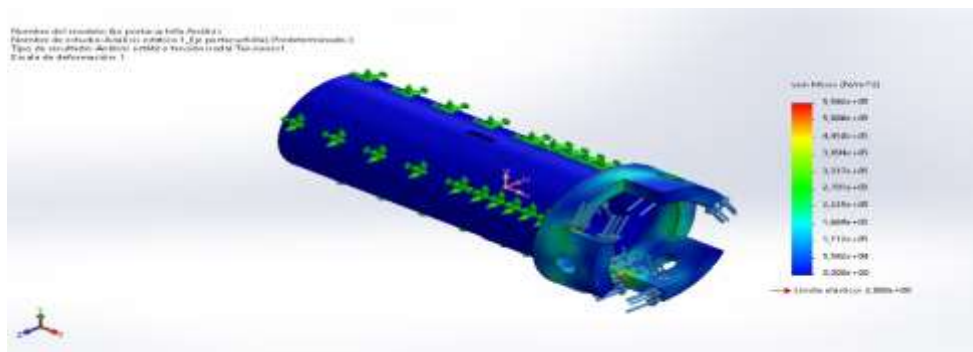
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes	
	Nombre:	AISI 304	Sólido
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal	2(Redondeo2) (Eje porta cuchilla
	Criterio de error predeterminado:	Desconocido	Análisis),
	Límite elástico:	2,06807e+08 N/m ²	Sólido 4(Cortar-
	Límite de tracción:	5,17017e+08 N/m ²	Extruir17) (Eje porta cuchilla
	Módulo elástico:	1,9e+11 N/m ²	Análisis)
	Coefficiente de Poisson:	0,29	
	Densidad:	8.000 kg/m ³	
	Módulo cortante:	7,5e+10 N/m ²	
	Coefficiente de dilatación térmica:	1,8e-05 /Kelvin	

De la tabla 8 podemos analizar que las tensiones de Von Mises oscila máxima de $5.562 * e^5 N/m^2$, para un límite elástico de 206 MPA, por lo que se puede apreciar que el eje no tendrá problemas.

Tabla 8

Análisis estático de tensiones del eje porta cuchillas

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones	VON: Tensión de von Mises	0,000e+00N/m ² Nodo: 1	5,562e+05N/m ² Nodo: 4530



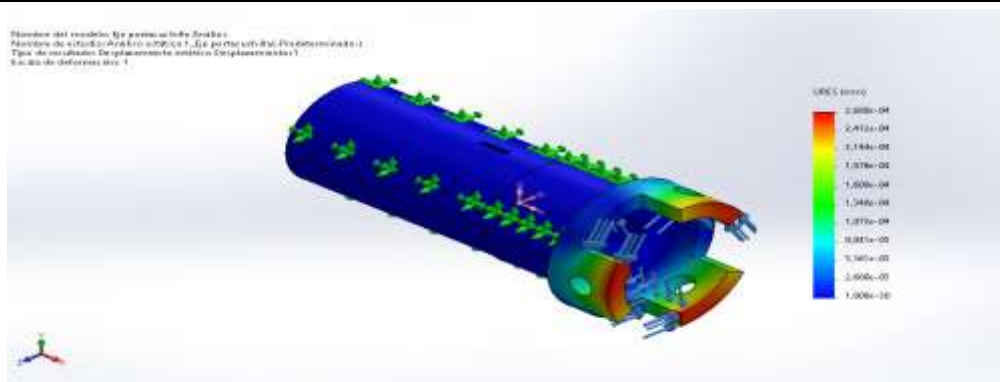
Eje porta cuchilla Análisis-Análisis estático Eje portacuchilla-Tensiones-Tensiones1

El siguiente análisis mostrado en la tabla 9 refleja que el desplazamiento resultante mínimo y máximo es de $2.680 * e^{-4} mm$ por lo que se deduce que el eje porta cuchillas no fallará por su residencia mecánica.

Tabla 9

Análisis estático de desplazamientos del eje porta cuchillas

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos	Desplazamientos resultantes	0,000e+00mm Nodo: 1	2,680e-04mm Nodo: 10356



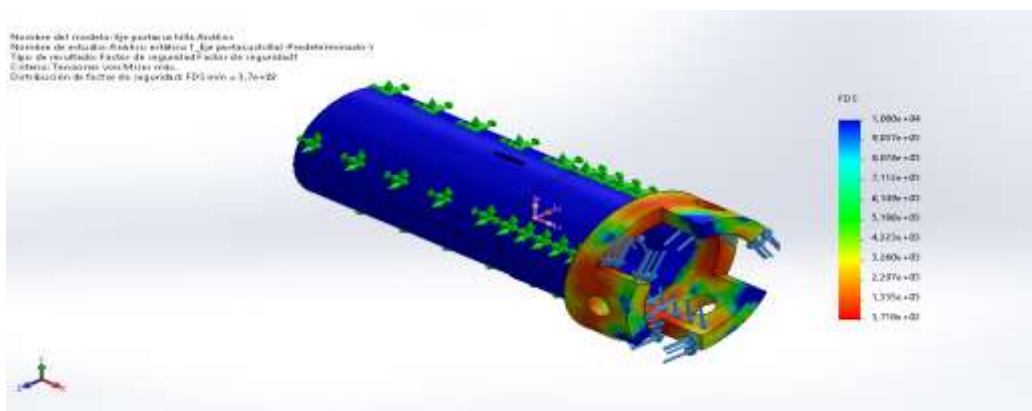
Eje porta cuchilla Análisis-Análisis estático Eje porta cuchilla-Desplazamientos Desplazamientos1

El análisis del factor de seguridad mostrado en la tabla 10 nos da su mínima y máxima deformación que sufre el eje, tomando en cuenta que su factor de seguridad mínimo está arriba de 2, se puede concluir que la pieza mecánica está garantizada.

Tabla 10

Análisis del factor de seguridad del eje porta cuchillas

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad	Tensión de von Mises máx.	3,718e+02 4530	Nodo: 1,000e+16 Nodo: 1



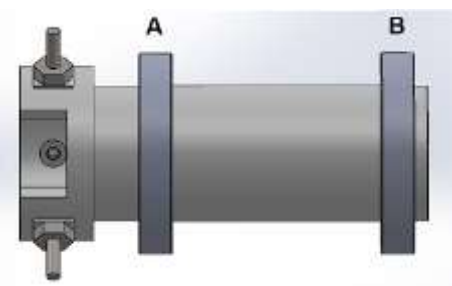
Eje porta cuchilla Análisis-Análisis estático 1_Eje porta cuchilla-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

3.2.4 Selección de rodamientos para el eje porta cuchillas

Se puede apreciar rodamientos en los puntos A y B del diseño como se observa en la figura 26 y tiene un diámetro de 100 mm, en base a estos datos se procede a la selección de rodamientos que se encuentran en el Anexo N°3.

Figura 26

Ubicación de los rodamientos en el eje porta cuchillas



3.2.4.1 Características del rodamiento del eje porta cuchillas

d: Diámetro interior del rodamiento = 100mm

m: Masa del rodamiento = 1.5 kg

3.3 Diseño, cálculo y análisis del sistema de corte

3.3.1 Diseño del sistema de corte

Compuesto por cuchillas que estarán sujetas en el eje porta cuchillas que permitirá adaptarse a el diámetro de la caña de 120° (2.0944 rad) cada una y que el corte de la corteza sea de 1mm

Figura 27

Sistema de corte



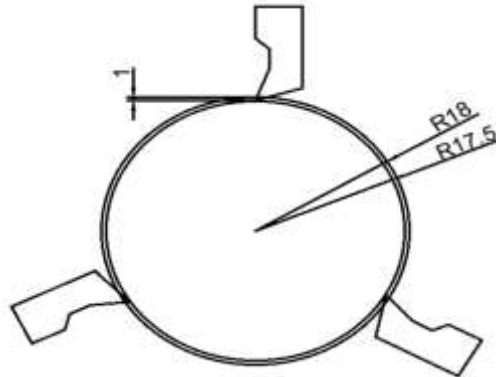
3.3.2 Cálculo analítico del sistema de corte similar al torneado

Para proceder al cálculo se procede primero a calcular los valores de los parámetros de mecanizado para obtener la velocidad de husillo y de corte ya que este resultado es importante para seguir con los demás cálculos. Para calcular el torneado general se utiliza fórmulas adecuadas para obtener el resultado preciso.

De esta manera se tiene en cuenta que el proceso de corte de la viruta de corteza de la caña se asemeja a la de un torno con tres herramientas, cada uno ubicado a 120° distribuidas por lo cual la herramienta girara cortando alrededor del material.

Figura 28

Posiciones de la cuchilla de corte



A. Cálculo del paso real

Se adjudicó de acuerdo a la velocidad de rotación del eje porta cuchilla que se consideró de 1090 min^{-1} .

$$N = \frac{1090}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 18.166 \text{ s}^{-1}$$

Considerando que la línea de alimentación de la caña de azúcar es de = $0.0522 \text{ m/s} = 52.2 \text{ mm/s}$.

Ecuación N. 20: Paso real de la profundidad de la herramienta de corte.

$$P_r = \frac{V_l}{N}$$

Donde:

V_l : Velocidad lineal de alimentación (mm/s).

l_m : Longitud mecanizada (mm).

N : Velocidad del tambor (rps).

$$P_r = \frac{52.2}{18.166} = 2.87 \text{ mm/r}$$

B. Cálculo del paso aparente

$$P_a = \frac{P_r}{n}$$

Donde:

P_a : Paso aparente (mm).

P_r : Paso real (mm).

n : Número de netradas (mm).

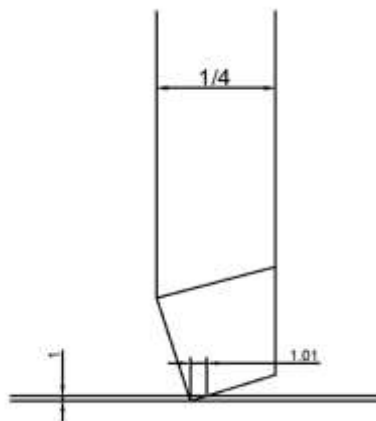
$$P_a = \frac{2.87 \text{ mm}}{3} = 1 \text{ mm}$$

Tanto el paso real y el aparente nos sirven para determinar los ángulos mínimos de los filos de la herramienta de corte de la misma manera nos ayuda a determinar la profundidad de corte con una distancia recomendada.

Se diseñó la herramienta de corte con ayuda del software AutoCAD con los resultados obtenidos como se muestra:

Figura 29

Herramienta de corte



Esta herramienta se puede ajustar al corte requerido que es de 1mm de profundidad.

C. Cálculo de la velocidad de corte

Ecuación N. 21: Velocidad de corte en relación m/min

$$V_c = \frac{D_m * \pi * n}{1000}$$

Donde:

V_c : Velocidad de corte (m/min).

D_m : Dimetro mecanizado (mm).

n : Velocidad del tambor (rpm).

$$V_c = \frac{36 * \pi * 1090}{1000} = 123.27 \text{ m/min}$$

D. Cálculo de la velocidad de arranque de viruta de corteza

Ecuación N. 22: Velocidad de arranque de viruta de corteza de la caña en relación cm^3/min .

$$Q = v_c * a_p * f_n$$

Donde:

Q : Regimen de arranque de viruta (cm³/min).

v_c : Velocidad de corte (m/min).

a_p : Profundidad de corte = P_r (mm).

f_n : Avance de revolución (mm/r).

$$Q = 123.27 * 1 * 2.87 = 353.78 \text{ cm}^3/min$$

E. Cálculo de la potencia neta P_c en kW para una cuchilla

Ecuación N. 23: Potencia neta de la cuchilla

$$P_c = \frac{V_c * a_p * f_n * k_c}{60 * 10^3}$$

Donde:

P_c : Potencia neta (KW).

V_c : Velocidad de corte (m/min).

a_p : Profundidad de corte (mm).

f_n : Avance de revolución (mm/r).

K_c : Fuerza de corte específica (N/mm²).

$$P_c = \frac{123.27 * 1 * 2.87 * 3.64}{60 * 10^3} = 0.0215kW$$

Potencia total de trabajo de corte:

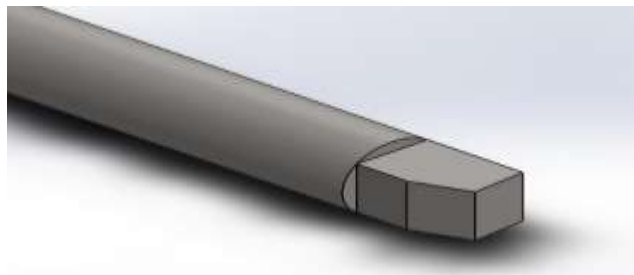
$$P_{ct} = P_c * 3 = 0.0215 * 3 = 0.073kW = 73W \approx 0.10HP$$

F. Cálculo de la fuerza que ejerce las cuchillas

El sistema de corte está conformado por 3 cuchillas en material de acero inoxidable AISI 304 las cuales estarán ubicadas de manera que faciliten el pelado.

Figura 30

Cuchilla de corte



Nota. En la imagen se puede observar la cuchilla de corte que realizara el corte de la corteza de caña.

Ecuación N. 24: Fuerza de corte producida por el peso de la caña

$$F_c = \frac{W_c * g}{n_a * n_c}$$

Donde:

F_c : Fuerza producida por el peso de la caña (N) .

W_c : Peso de la caña (kg).

g : Gravedad (m/s^2).

n_a : Número de apoyos (2 rodillos – Und).

n_c : Número de cuchillas (Und).

$$F_c = \frac{1.7 * 9.81}{2 * 3} = 2.77N$$

Ecuación N. 25: Fuerza de corte

$$F_c = a_p * f_n * k_c$$

Donde:

F_c : Fuerza de corte (N) .


a_p : Profundidad de corte (mm).

f_n : Avance de revolución (mm/r).

$$F_c = 1 * 2.87 * 3.64 = 10.44 N$$

Tabla 11

Propiedades de material de la cuchilla de corte

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes	
	Nombre:	AISI 304	Sólido 1(Cortar- Extruir5) (Herramienta de corte)
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal	
	Criterio de error predeterminado:	Tensión de von Mises máx.	
	Límite elástico:	2,06807e+08 N/m ²	
	Límite de tracción:	5,17017e+08 N/m ²	
	Módulo elástico:	1,9e+11 N/m ²	
	Coefficiente de Poisson:	0,29	
	Densidad:	8.000 kg/m ³	
	Módulo cortante:	7,5e+10 N/m ²	
	Coefficiente de dilatación térmica:	1,8e-05 /Kelvin	

3.3.3 Análisis de la cuchilla de corte

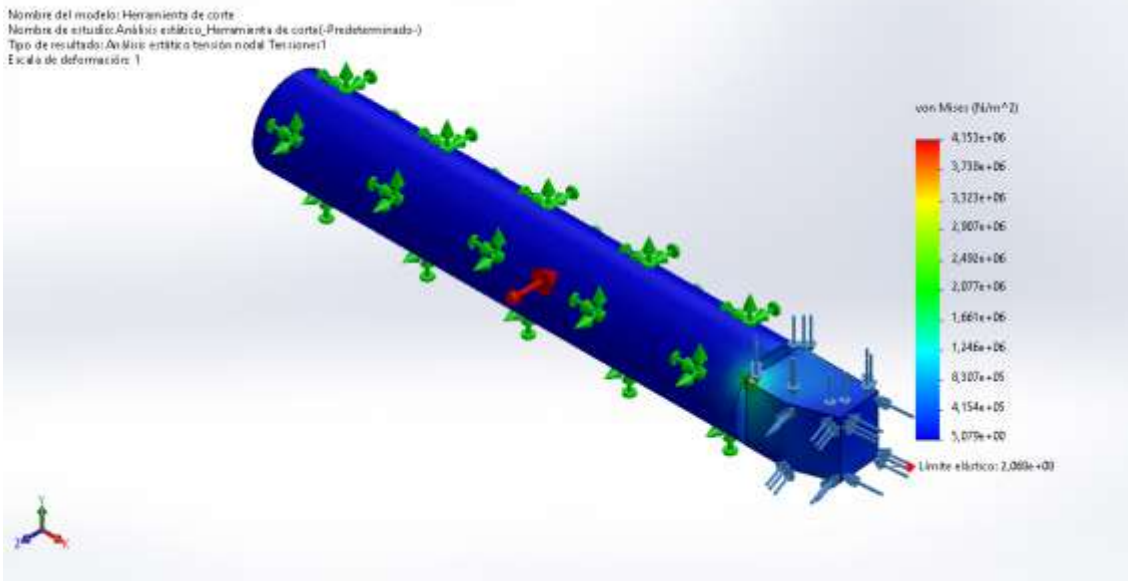
Para proceder analizar la herramienta de corte se procedió a su diseño luego a su respectivo análisis utilizando el software SolidWorks mostrado en la tabla 11 que nos muestra las propiedades y componentes del material a utilizar.

El análisis realizado en la tabla 12 se puede concluir que los esfuerzos de Von Mises oscila desde los 5.079 N/m^2 y $4.153 * 10^6 \text{ N/m}^2$, para un límite elástico de 206.8 MPA, lo que se puede concluir que el diseño de la herramienta de corte es adecuado para el pelado de la caña de azúcar.

Tabla 12

Análisis de tensiones de la cuchilla de corte

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	5,079e+00N/m ² Nodo: 5582	4,153e+06N/m ² Nodo: 10736



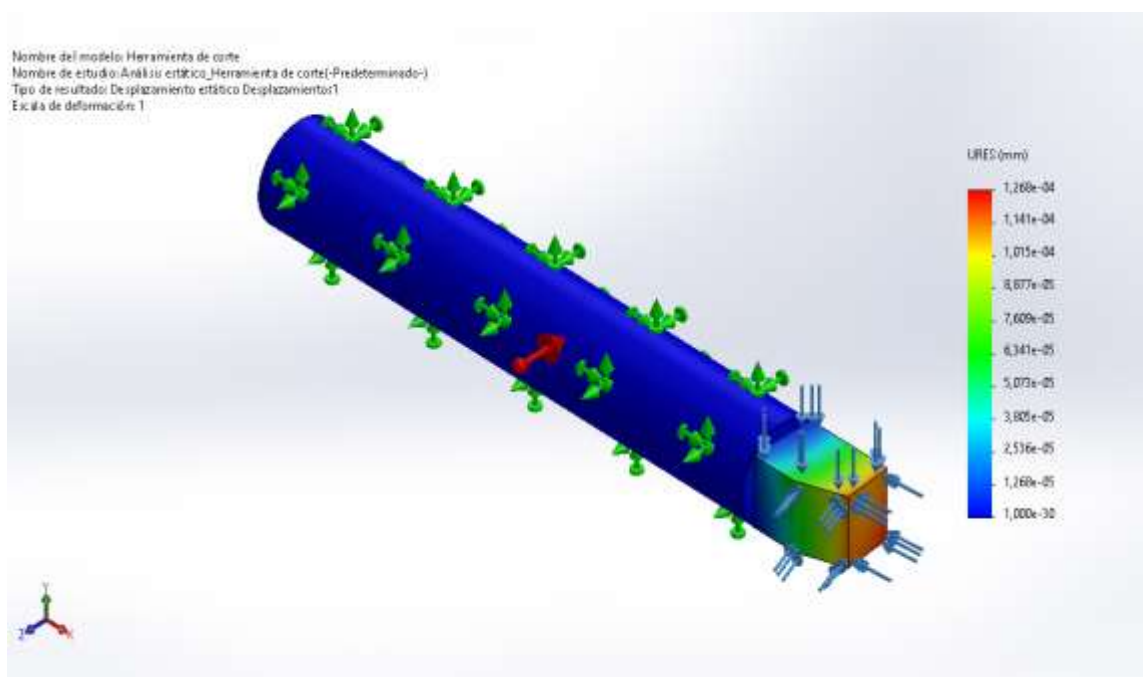
Herramienta de corte-Análisis estático_Herramienta de corte-Tensiones-Tensiones1

Para el siguiente análisis se utilizará la tabla 13 en la que se puede observar el desplazamiento máximo de $1.268 * e^{-4} \text{ mm}$, considerando que no fallara por resistencia mecánica considerando que tiene un factor de seguridad mayor de 1, por lo que se puede concluir que no afectara a nuestra herramienta.

Tabla 13

Análisis de los desplazamientos de la cuchilla de corte

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00mm Nodo: 1	1,268e-04mm Nodo: 474



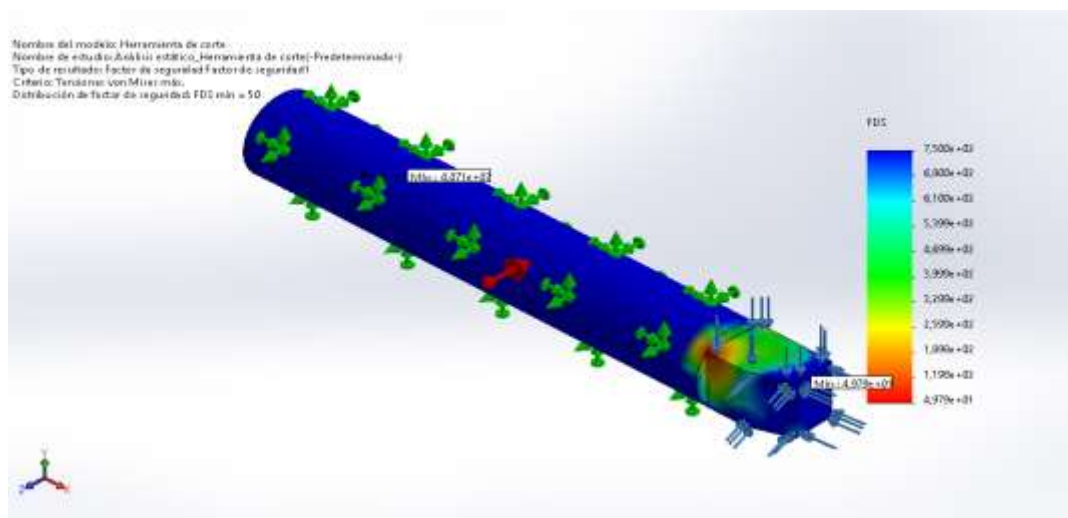
Herramienta de corte-Análisis estático_Herramienta de corte-Desplazamientos-Desplazamientos1

Finalmente se puede concluir que el factor de seguridad es 50 lo cual es factible para esta herramienta de corte, por lo que se considera que si es menor de 2 comienza a fallar la pieza mecánica y no falla si es igual o mayor de 2.

Tabla 14

Análisis factor de seguridad de la cuchilla de corte

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Tensión de von Mises máx.	4,979e+01 Nodo: 10736	4,071e+07 Nodo: 5582



Herramienta de corte-Análisis estático_Herramienta de corte-Factor de seguridad

3.4. Cálculo de Transmisión

Una vez ya obtenido los resultados de la velocidad (rpm) en que deben girar tanto en el sistema de arrastre, sistema de corte y sistema de limpieza, además de saber la potencia total que se requiere la máquina, se tendrá entonces que el motor a utilizar es un motor monofásico de 4 polos teniendo en cuenta que es fácil de conseguir.

3.4.1. Diseño y cálculo de bandas de transmisión

A. Relación de transmisión del eje porta cuchilla

Ecuación N. 26: relación de transmisión

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

Donde:

i : Relación de transmisión .

n_1 : Velocidad angular de motor (rpm) .

n_2 : Velocidad angular de polea conducida (rpm).

$$i_{\text{parte 1}} = \frac{1720}{1090} = 1.57$$

B. Potencia de diseño del eje porta cuchilla

Se debe considerar el factor de servicio y accionamiento por el motor eléctrico tomando en cuenta el trabajo y naturaleza de carga, que se encuentra en el Anexo N°4.

$$F_{\text{serv}} = 1.2$$

Ecuación N. 27: Potencia de diseño

$$Pd = Pm * F_{\text{serv}}$$

Donde:

Pd : Potencia de diseño (Hp) .

Pm : Potencia del motor (Hp).

F_{serv} : Factor de servicio o coeficiente de corrección de potencia.

$$Pd = 2Hp * 1.2 = 2.4 Hp$$

C. Selección de correa del eje porta cuchilla

Considerando la potencia de diseño a transmitir corregida y al tomar en cuenta que existen varios tipos de bandas Z, A, B, C, D, E, F y G cada una con diferentes dimensiones y secciones, se considera que la mejor opción es utilizar una correa en V de sección A, para esto observar el Anexo N°5.

Donde:

n_1 : rpm de la polea menor = 1720 RPM

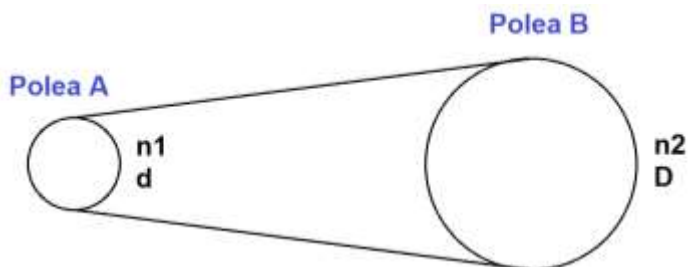
Pd : Potencia de diseño = 2.4HP

D. Selección de los diámetros mínimos de las poleas del eje porta cuchilla

Teniendo en cuenta los diámetros mínimos de las poleas pequeñas se procede a calcular los diámetros mayores de las poleas.

Figura 31

Diámetro entre poleas



Nota. En la imagen se puede observar la distancia que existe entre una polea y otra

Ecuación N. 28: Diámetro y revoluciones de poleas

$$n_1 * d = n_2 * D$$

Donde:

n_1 : rmp de la polea menor.

d : Diámetro de la polea menor (mm).

n_2 : rmp de la polea mayor.

D : Diámetro de la polea mayor (mm).

$$D = n_1 * d / n_2$$

$$D = 1720 * 90 / 1090 = 142 \text{ mm}$$

E. Distancia entre centro de poleas del eje porta cuchilla

Se calcula cuando no están previamente establecidas de acuerdo a la instalación, se considera los siguientes criterios.

Ecuación N. 29: Distancia entre centro de poleas

Para $1 \leq i < 3$

$$I \geq \frac{(i + 1) * d}{2} + d(\text{mm})$$

Para $i \geq 3$

En este caso se cumple que: $I \geq D$

Donde:

i : relación de transmisión.

d : Diámetro de la polea menor (mm).

I : Distancia entre ejes (mm).

$$I_{min} = \frac{(1.57 + 1) * 90}{2} + 90 = 205.6mm$$

Considerando que la distancia entre poleas del eje de la máquina conducida y conductora debe ser de: $I_{min} \geq 205.6mm$ esta debe sobresalir a su diámetro de la polea mayor para lo que se selecciona como longitud primitiva una banda de 535 mm de acuerdo a su espacio y fácil mantenimiento de la máquina

F. Longitud primitiva de correa del eje porta cuchilla

La longitud primitiva de las correas se calcula mediante la siguiente fórmula.

Ecuación N. 30: Longitud primitiva de la banda hacia el motor

$$L = 2I + \frac{\pi}{2}(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4I}$$

$$L = 2 * 535 + \frac{\pi}{2}(142 + 90) + \frac{(142 - 90)^2}{4 * 535} = 1435.68mm$$

De acuerdo a los valores calculados de la distancia entre centros y la sección utilizada podemos identificar la correa adecuada.

G. Distancia efectiva entre eje porta cuchilla

Calculamos la distancia efectiva I_e entre ejes, según la selección de la correa A-55 con una longitud primitiva $L_n = 1429 mm$ con estos datos procedemos a calcular la distancia efectiva entre ejes, observar el Anexo N°6.

Ecuación N. 31: Distancia efectiva entre ejes

$$I_e = I \pm \frac{L - L_n}{2}$$

Signo(+) cuando $L < L_n$

Signo(-) cuando $L > Ln$

Donde:

Ie : Distancia efectiva entre ejes (mm).

L : Longitud primitiva(mm).

Ln : Longitud normalizada(mm).

I : Distancia entre ejes (mm).

$$Ie = 535 + \frac{1435.68 - 1429}{2} = 538mm$$

H. Arco de contacto del eje porta cuchilla

Desde la polea se trasmite la potencia a la correa por fricción. Mientras sea mayor el contacto entre la polea y correa más eficiente es la transmisión de potencia.

Ecuación N. 32: Arco de contacto

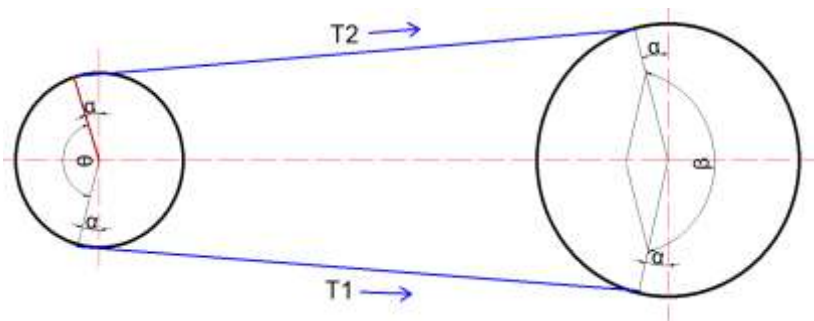
$$Arc = 180^\circ - 60^\circ \frac{(D - d)}{Ie}$$

$$Arc = 180^\circ - 60^\circ \frac{(142 - 90)}{538} = 174.20^\circ$$

I. Ángulos de abrazamiento del eje porta cuchilla

Figura 32

Ángulos del eje porta cuchillas



Nota. En la ilustración se muestra el ángulo que existe ente la polea y el eje porta cuchilla.

Ángulo α

Se calcula el ángulo α con el ángulo Arc que es igual al ángulo θ

$$2 \alpha = 180^\circ - \theta$$

$$\alpha = \frac{180^\circ - Arc}{2}$$

$$\alpha = \frac{180^\circ - 174.2^\circ}{2} = 2.9^\circ$$

Ángulo β

Se calcula en ángulo de abrazamiento β para la polea mayor utilizando el ángulo α

$$\beta = 180^\circ + 2\alpha$$

$$\beta = 180^\circ + 2(2.9^\circ) = 185.8^\circ$$

J. Velocidad de la correa del eje porta cuchilla

Para que no disminuya la capacidad tractiva de las correas siempre es recomendado que la velocidad de las correas nunca debe superar la velocidad máxima.

$$V_c < V_{max}$$

$$V_c < 30 \text{ m/s}$$

Ecuación N. 33: Velocidad de la correa del tambor

$$V_c = \frac{N1 * \pi * d}{6000}$$

Donde:

N1 : Velocidad de giro del motor (rad/s).

d : Diámetro de la polea menor (mm).

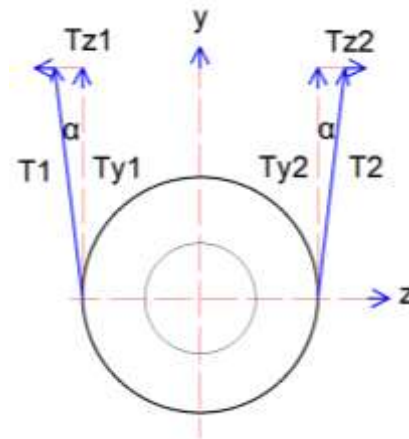
$$V_c = \frac{114.14 * \pi * 90}{6000} = 5.37 \text{ m/s}$$

K. Cálculo de las tensiones que ejercen en la faja.

Para los cálculos de las tensiones producidas en las fajas se procede a calcular mediante la ecuación de Euler.

Figura 33

Tensiones de la faja



Ecuación N. 34: Tensión de la faja del tambor

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\frac{f\beta}{\sin(\frac{\gamma}{2})}}$$

Donde:

T_1 y T_2 : Tensiones (N).

f : Coeficiente de fricción entre faja y polea = 0.28.

β : ángulo de abrazamiento.

γ : Ángulo de garganta de la correa = 34°.

$$\beta = 185.8 * \frac{2\pi}{360} = 3.24$$

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\frac{0.28 * 3.24}{\sin(\frac{38}{2})}}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 22.26$$

$$T_1 = 22.26 * T_2 \dots (1)$$

L. Cálculo de la tensión estática mediante la potencia

Ecuación N. 35: Tensión estática

$$Pd = \frac{(T_1 - T_2) * V}{33000}$$

Donde:

Pd : Potencia de diseño (Hp).

V : Velocidad de la correa(ft/min).

Para encontrar las tensiones se puede tomar la potencia del motor de 2 Hp y considerar la velocidad de la correa que tiene un valor de de 5.37 m/s = 1057.08 ft/min.

$$T_1 - T_2 = \frac{Pd * 33000}{V}$$

$$T_1 - T_2 = \frac{2 * 33000}{1057.08}$$

$$T_1 - T_2 = 62.43 \dots (2)$$

Resolviendo las ecuaciones (1) y (2) obtenemos:

$$22.26 * T_2 - T_2 = 62.43$$

$$T_2 = 2.93 \text{ lbf} \approx 13.03 \text{ N}$$

$$T_1 = 65.36 \text{ lbf} \approx 290.74 \text{ N}$$

M. Tensiones resultantes del eje porta cuchilla

Considerando que: $\alpha = 2.9^\circ$

$$T_y = (T_1 - T_2) * \text{sen } \alpha$$

$$T_y = (290.74 - 65.36) * \text{sen}(2.9) = 2.02 \text{ N}$$

$$T_z = (T_1 + T_2) * \text{cos } \alpha$$

$$T_z = (290.74 - 65.36) * \text{cos}(2.9) = 232.41 \text{ N}$$

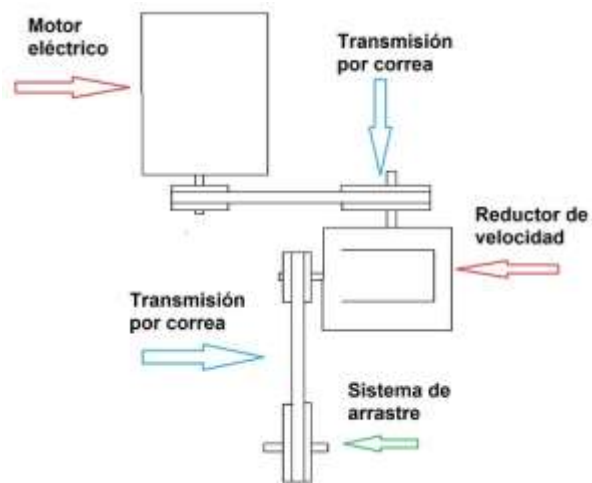
3.5. Selección de reductor de velocidad

A. Reductor de velocidad para el sistema de arrastre

Como su significado lo indica los reductores de velocidad sirven para reducir la velocidad, lo que la máquina requiere para variar las revoluciones por minutos (r.p.m) ya que las velocidades de los motores son muy altas, En la figura 34 se puede observar el esquema que cumple el reductor para obtener una velocidad requerida.

Figura 34

Esquema de reductor de velocidad



Nota. En el esquema se refleja el sistema de transmisión que tiene un reductor de velocidad

Para la selección del reductor de velocidad se debe considerar primero la velocidad angular recomendada, que es muy baja para poder utilizar un motor directamente. Por tal motivo se procede a buscar un reductor de velocidad de acuerdo a las necesidades de estudio.

Donde:

n_1 : rpm del motor (1720 rpm).

d : Diámetro de la polea menor del motor (65 mm).

n_2 : rpm de ingreso al reductor (rpm) .

D : Diámetro de la polea mayor de ingreso al reductor (175 mm).

$$n_2 = 1720 * 65/175 = 638.85 \text{ rpm} \approx 650 \text{ rpm}$$

Encontrado las revoluciones de entrada del reductor de velocidad se pudo obtener datos de un reductor mediante el software cat4cad.

Figura 35

Datos del reductor de velocidad

Tipo	Velocidad salida [r.p.m.]	Par de salida M_2 [Nm]	Factor de servicio f_B	Etapas de reducción	Relación de reducción i	Potencia motor P_N [kW]	η	Potencia térmica máx. permanente a +40°C y (modo) de operación S1 P_{t2ul} [kW]	Comparación P_N to P_{t2ul}
H 55A 3C 90S/L-02E	75	192	1.45	2	46.94	1.5	IE3	2.4	✓
H 50A 3C 90S/L-04F	74	194	0.95	2	23.80	1.5	IE3	2.2	✓
H 50A 3C 90S/L-04F	74	194	0.95	2	23.80	1.5	IE3	2.2	✓
H 50S 3C 100L-06E	73	197	0.95	2	15.85	1.5	IE3	2.2	✓
K033-14P-90S/L-04F	72	198	0.85	3	24.38	1.5	IE3	3	✓
K033-11P-90S/L-04F	72	199	0.85	3	24.38	1.5	IE3	3	✓
H 60S 3C 90S/L-04F	72	198	2.05	2	24.38	1.5	IE3	3.7	✓
H 60S 3C 90S/L-04F	72	199	2.00	2	24.38	1.5	IE3	3.7	✓
H 60A 3C 90S/L-02E	72	198	2.05	2	48.61	1.5	IE3	3	✓
H 65A 3C 90S/L-02E	71	203	2.80	2	49.73	1.5	IE3	4	✓
H 55A 3C 100L-06E	71	203	1.35	2	16.36	1.5	IE3	3	✓
K033-11P-90S/L-02E	70	204	1.00	3	49.88	1.5	IE3	2.4	✓

Nota. La imagen presentada muestra los datos que se necesitan para el reductor de velocidad. Tomado del software Cat4Cad versión 6.0.2458.404
<https://cat4cad.wattdrive.com/cat4cad4/>

Una vez insertado la potencia y la velocidad angular el programa como podemos observar en la figura 35 nos da un listado de reductores, seleccionamos el reductor de acuerdo a nuestras necesidades.

Figura 36

Características del reductor de velocidad

Configuración total Versión 6.0.2458.404 **cat4CAD**

Tipo: IHU 50S 3C 100L-05E-TH-TF

Ejecución: U. Tipo Unblock con eje de salida

Forma montaje: B3

Posición caja bromos: Lado A entrada cable lado I

Bride salida: Sin

Eje de salida: Ø 25 x6 x 50

General Reductor Motor Freno/encoder Hoja de datos

Copiar PDF hoja de datos

Características reductor:

Potencia térmica máx. permanente a +40 °C y servicio S1:	2.2	[kW]
Velocidad de salida:	73	[r.p.m.]
Par de salida:	197	[Nm]
Factor de servicio:	0.95	
Gear stages:	2	
Relación de reducción:	15.85	
Juego circunferencial (min-máx):	9' - 23'	
Juego circunferencial reducido (min-máx) (OPCION):	9' - 14'	
Par de entrada admisible IB1:	11.4	[Nm]
Velocidad entrada máx. perm.:	6000	[r.p.m.]
Forma montaje:	B3	
Eje de salida:	Ø 25 x6 x 50	[mm]
Chavetero:	DIN6885.1	
Pintura:	LC1 - Instalación interior, atmósfera neutra NDFT 60 µm (C1 - DIN EN ISO 12944-5)	
Color:	RAL 7011 (Gris hierro)	

Nota. La imagen muestra algunas características para seleccionar el motor correctamente. Tomado del software Cat4Cad versión 6.0.2458.404.

<https://cat4cad.wattdrive.com/cat4cad4/>

A continuación, nos detalla las configuraciones totales del reductor es decir nos facilita la ficha técnica como se muestra en la figura 36.

Características del reductor de velocidad

Donde:

Series: Boston Reductor_581772

Modelo: T – 24(Corona Sin Fin)

Factor de servicio: 0.95

Potencia del motor: 1.5(kW) = 2HP

Velocidad nominal: 1720(r. p. m)

Velocidad de salida: 73 (r. p. m)

Capacidad maxima del reductor: 1000 rpm

Ratio: 10: 1

Par de salida: 470 (Nm)

B. Reductor de velocidad para el sistema de Limpieza

Para la selección del reductor de limpieza se dedujo que no necesita mucha fuerza ya que su proceso es limpiar las impurezas de la caña de azúcar con los rodillos de fibra.

Donde:

n_1 : rpm del motor (1720 rpm).

d : Diámetro de la polea menor del motor (110 mm).

n_2 : rpm de ingreso al reductor (rpm) .

D : Diámetro de la polea mayor de ingreso al reductor (150 mm).

$$n_2 = 1720 * \frac{110}{150} = 1261.33 \text{ rpm} \approx 1270 \text{ rpm}$$

Esta velocidad calculada de 1270 rpm se consideró de acuerdo a varias pruebas de funcionamiento por lo cual seleccionamos un reductor con las siguientes características:

Características del reductor de velocidad

Donde:

Series: Metrasa

Modelo: (Engranajes cónicos)

Potencia del motor: 1.5(kW) = 2HP

Velocidad nominal: 1720(r. p. m)

Velocidad de salida: 1270 (r. p. m)

Capacidad maxima del reductor: 1500 rpm

Ratio: 1: 1

3.6. Selección del pulidor de la caña de azúcar

Para el pulido de la caña de azúcar se debe seleccionar un pulidor que va a estar ubicado a la salida del eje de porta cuchillas, que servirá para limpiar las impurezas que quedan en la caña después del pelado y para esto se considera las siguientes características:

Tabla 15

Características del pulidor de caña

CARACTERÍSTICAS DEL PULIDOR DE CAÑA
Dimensiones generales
Diámetro interno del eje: 15mm
Diámetro externo del eje: 35mm
Diámetro externo de la fibra: 95mm
Material de plástico y fibra.
Propiedades Mecánicas
Velocidad de trabajo: 2000 rpm
Condición de trabajo: Pulido
Masa total de los rodillos: 0.14 kg

Figura 37

Pulidor de caña



3.7. Cálculo y selección de cadena de transmisión

Se tomo en cuenta la selección de cadenas ya que se pueden configurar a la longitud deseada a diferencia de una correa que no se pudo seleccionar porque la distancia entre centros es menor.

3.7.1. Características de entrada para cálculo y selección de cadena

Potencia a transmitir : 1.49 KW (2HP)

Fuente de potencia : Motor eléctrico

Numero de revoluciones de entrada : 1270 rpm

Distancia entre centros : 115mm

De acuerdo a las características considerando una velocidad de 1270 rpm y una potencia de 1.49 kw se necesitará una cadena simple de 06A–1 dato que se obtuvo del Anexo N°7.

Considerando el eje del motor de 15 mm, se toma un piñón tipo C de $Z = 14$ dientes.

A. Longitud de la cadena aproximada

Ecuación N. 36: Longitud de cadena.

$$L = 2C + \frac{P}{2}(N_1 + N_2)$$

Donde:

C : Distancia entre centros (mm).

L : Longitud de la cadena(mm).

Z : Número de dientes del piñon(mm).

P : Paso de la cadena(mm).

$$L = 2 * 115 + \frac{9.525}{2}(14 + 14)$$

$$L = 726 \text{ pulg} \cong 18.5 \text{ mm}$$

De acuerdo a los cálculos realizados se necesita una cadena de longitud de 363.35mm.

3.8. Soldadura de la estructura

A. Propiedades del material a utilizar

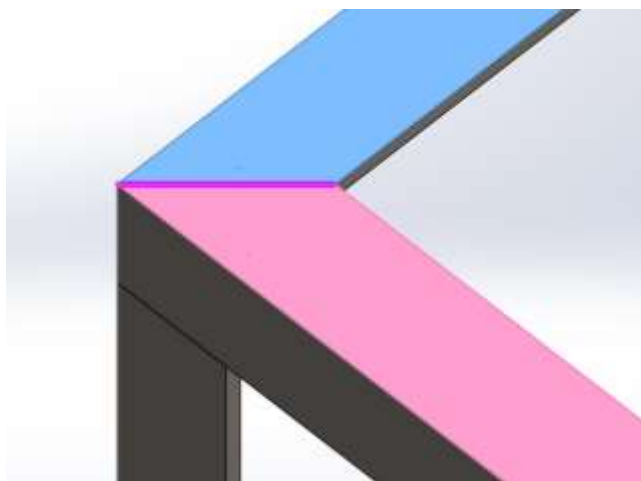
Tabla 16

Características de la estructura

CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA
Dimensiones generales
Largo: 700 mm
Ancho: 650 mm
Alto: 550 mm
Material de construcción de acero ASTM A36
Ángulo estructural: 30 mm x 30 mm x 4 mm
Propiedades Mecánicas
Límite de fluencia: 250 MPa
Resistencia a la tracción: 400-550 MPa

Figura 38

Soldadura a aplicar



Nota: En la figura se puede observar la configuración de la soldadura que se aplicará.

B. Selección del diámetro del electrodo

Tabla 17

Correspondencia en función al material y espesor

Tabla de correspondencias			
Material a soldar:	Espesor del material en mm:	Intensidad necesaria (en Amperios):	Diámetro del electrodo (en mm):
Acero dulce			
	1,5	40 a 60	1,6
	2 y 3	60 a 70	2
	2 a 5	80 a 100	2,5
	3 a 10	100 a 130	3,2
	>5	130 a 160	4
Acero inoxidable			
	>1,5	80 a 100	2,5
Hierro			
	>3	80 a 100	2,5

Nota. Selección del diámetro del electrodo de acuerdo al material y espesor a soldar. Tomado de Soldadura por arco eléctrico, 2015 como se citó en Chapoñan & Peralta, 2019.

Para proceder a realizar la soldadura al arco con electrodo recubierto, se dispone de variedades de tipos de electrodos, para lo cual se debe tomar en cuenta el material y espesor de lo que se requiere soldar, para la selección se debe considerar el material y el tipo de electrodo de recubrimiento y diámetro de electrodo. La AWS (American Welding Society) han normalizado su utilidad y su diseño.

Tabla 18

Resistencia de los electrodos a la tensión

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

Nota. En la presente tabla se aprecia los valores que nos permitirán realizar diferentes cálculos con respecto a la soldadura. Tomado de Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley por Budynas & Nisbett (2008).

C. Cálculo considerando esfuerzo cortante:

De acuerdo a las propiedades mecánicas tanto de la estructura como del material de acero ASTM A36 del ángulo 30mm x 30mm x 4mm y la resistencia de la soldadura se realiza uniones soldadas de 3.2 mm alrededor, por lo cual calculamos el soporte de la fuerza permisible (F_{perm}) y comparamos con la fuerza que soporta la estructura.

Ecuación N. 37: Esfuerzo cortante de la soldadura

$$\tau = \frac{F_{perm}}{A}$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante admisible de la soldadura (Pa)

F_{perm} : Fuerza máxima permisible(N)

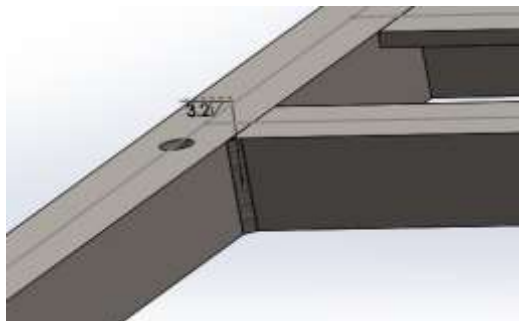
A : Sección cortante de soldadura(m^2)

Se debe considerar la magnitud de $F = 155.03 N$

$$A = 2(0.0032)(0.030) = 0.00019m^2$$

Figura 39

Espesor de soldadura



Nota. En la figura se puede observar el tipo de soldadura filete

Tabla 19

Carga permisible para varios tamaños de soldadura de filete

Programa A: carga permisible para varios tamaños de soldadura de filete							
Nivel de resistencia del metal de aporte (EXX)							
	60*	70*	80	90*	100	110*	120
Esfuerzo cortante permisible en la garganta, ksi (1 000 psi) de soldadura de filete o soldadura de muesca con penetración parcial							
$\tau =$	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0
Fuerza unitaria permisible en soldadura de filete, kip/pulg lineal							
$t_f =$	12.73h	14.85h	16.97h	19.09h	21.21h	23.33h	25.45h
Tamaño del cateto h, pulg	Fuerza unitaria permisible para varios tamaños de soldaduras de filete kip/pulg lineal						
1	12.73	14.85	16.97	19.09	21.21	23.33	25.45
7/8	11.14	12.99	14.85	16.70	18.57	20.41	22.27
3/4	9.55	11.14	12.73	14.32	15.92	17.50	19.09
5/8	7.96	9.28	10.61	11.93	13.27	14.58	15.91
1/2	6.37	7.42	8.48	9.54	10.61	11.67	12.73
7/16	5.57	6.50	7.42	8.35	9.28	10.21	11.14
3/8	4.77	5.57	6.36	7.16	7.95	8.75	9.54
5/16	3.98	4.64	5.30	5.97	6.63	7.29	7.95
1/4	3.18	3.71	4.24	4.77	5.30	5.83	6.36
3/16	2.39	2.78	3.18	3.58	3.98	4.38	4.77
1/8	1.59	1.86	2.12	2.39	2.65	2.92	3.18
1/16	0.795	0.930	1.06	1.19	1.33	1.46	1.59

Nota. En la tabla se puede observar los valores de la carga seleccionados para el cálculo. Tomado de Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley por Budynas & Nisbett (2008).

Para continuar con los cálculos de la tabla 18 se selecciona el valor de la fuerza constante admisible de la soldadura para un electrodo E60 XX que da un valor de 18 kpsi (124.106 MPa) y se reemplaza en la formula.

$$F_{perm} = 124.106 * 10^6 Pa * 0.00019 m^2$$

$$F_{perm} = 23580.14 N$$

El resultado obtenido de la fuerza permisible es sumamente superior a la fuerza máxima cortante por lo cual soporta la estructura que tiene una magnitud de $F=155.03N$.

D. Cálculo considerando esfuerzo de tensión

Considerando la Fuerza permisible de tensión para la soldadura de filete de 3.2 mm para un tamaño de cateto de 1/8 es decir de 1.59 klb/pulg de soldadura, tenemos una longitud de dos lados de 30 mm en total de 60 mm o 2.3622 pulg es decir:

$$F_{perm_tensión} = 1.59l$$

$$F_{perm_tensión} = 1.59 * (2.3622) = 3.7558 klb = 16706.54 N$$

3.9. Diseño y análisis de la estructura base en SolidWorks

La estructura base sujeta los sistemas de arrastre, porta cuchillas y de limpieza es necesario tener en cuenta algunos aspectos para el proceso de fabricación. Se debe considerar todos los pesos necesarios que estarán encima de la estructura, la máquina está pensada para una expansión a futuro, en base a diferentes ideas de máquinas relacionadas al pelado de la caña que sirven como guía para el diseño, se ha optado por una maquina con diseño más preciso que ayuda a facilitar el proceso rápido del pelado.

Figura 40

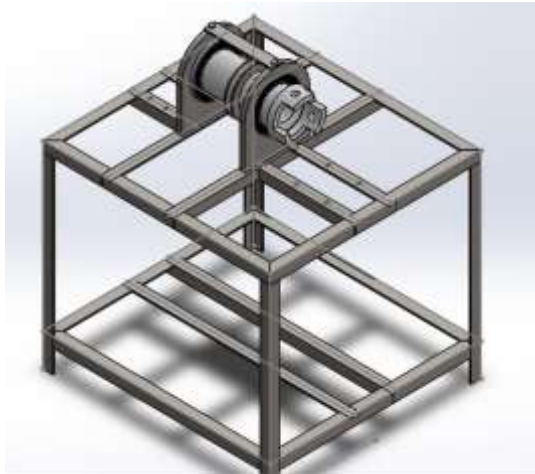
Diseño de estructura base



Realizado el diseño se concluyó que la estructura es resistente para colocar partes exteriores e interiores que ayudarán al proceso del pelado de la caña de azúcar. También está diseñada para que sea fácil de colocar sus sistemas de proceso.

Figura 41

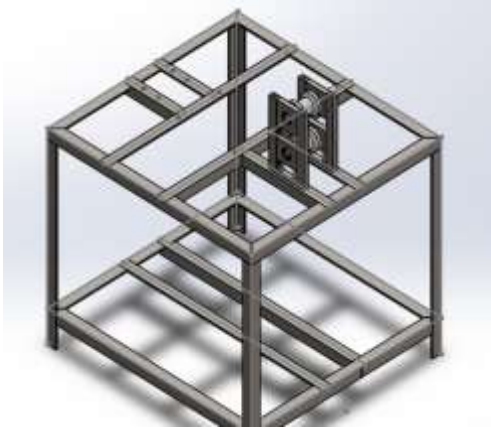
Sistema de corte



Uno de los componentes principales de la maquina es el sistema de corte para el pelado de la caña como se muestra en la figura 41 que está compuesto por su eje de porta cuchillas y sus tres cuchillas de corte.

Figura 42

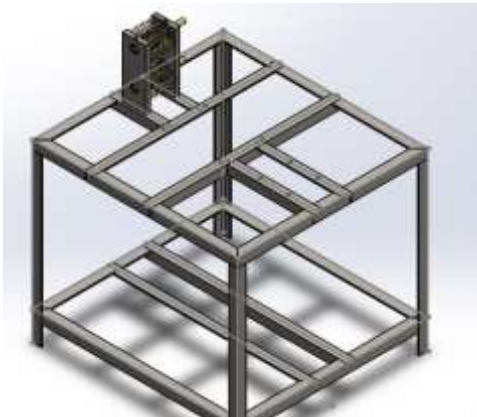
Sistema de arrastre



Se aplicó rodillos de arrastre los cuales sujetarán y empujarán con las respectivas revoluciones calculadas y evitarán que el hombre tenga contacto con la caña de azúcar y también se agregó una bandeja recolectora que ayudará con la recolección de viruta

Figura 43

Sistema de limpieza

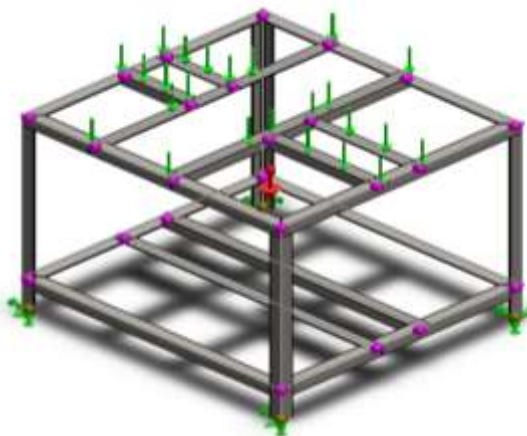


Finalmente se puede observar el sistema de limpieza de la caña de azúcar considerando estos tres parámetros importantes para el proceso del mismo se diseñó la estructura.

Se utilizó para el diseño de la estructura de base un ángulo ASTM A36 de 30 x30 x 4 mm, se puede apreciar a continuación las cargas que van ejercer sobre la estructura.

Figura 44

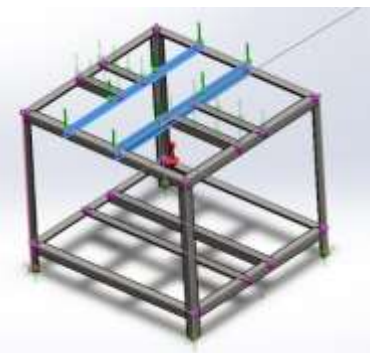
Cargas de la estructura base

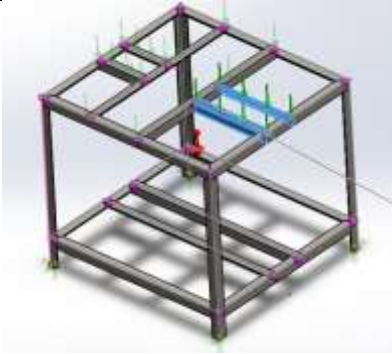
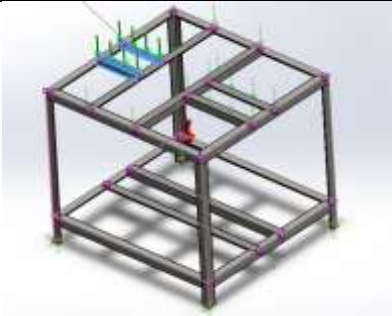


En el análisis presentado en la tabla 20 se puede observar sus fuerzas en cada una de sus ubicaciones de la carga teniendo en cuenta el tipo de fuerza que se va aplicar.

Tabla 20

Análisis del sistema de corte

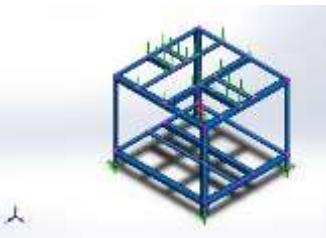
Nombre de carga	Ubicación de la carga	Detalles de las cargas	
Sistema de corte (Fuerza 1)		Entidades:	2 Viga(s)
		Plano:	Planta
		Tipo:	Aplicar fuerza
		Valores:	155.03 N

Nombre de carga	Ubicación de la carga	Detalles de las cargas	
Sistema de arrastre (Fuerza 2)		Entidades:	2 Viga(s)
		Plano:	Planta
		Tipo:	Aplicar fuerza
		Valores:	67.15 N
Sistema de limpieza (Fuerza 2)		Entidades:	2 Viga(s)
		Plano:	Planta
		Tipo:	Aplicar fuerza
		Valores:	38.8 N

El análisis que se presenta en la tabla 21 nos proporciona información sobre las propiedades del material de la estructura base, teniendo en cuenta el tipo de material.

Tabla 21

Propiedades y componentes de la estructura

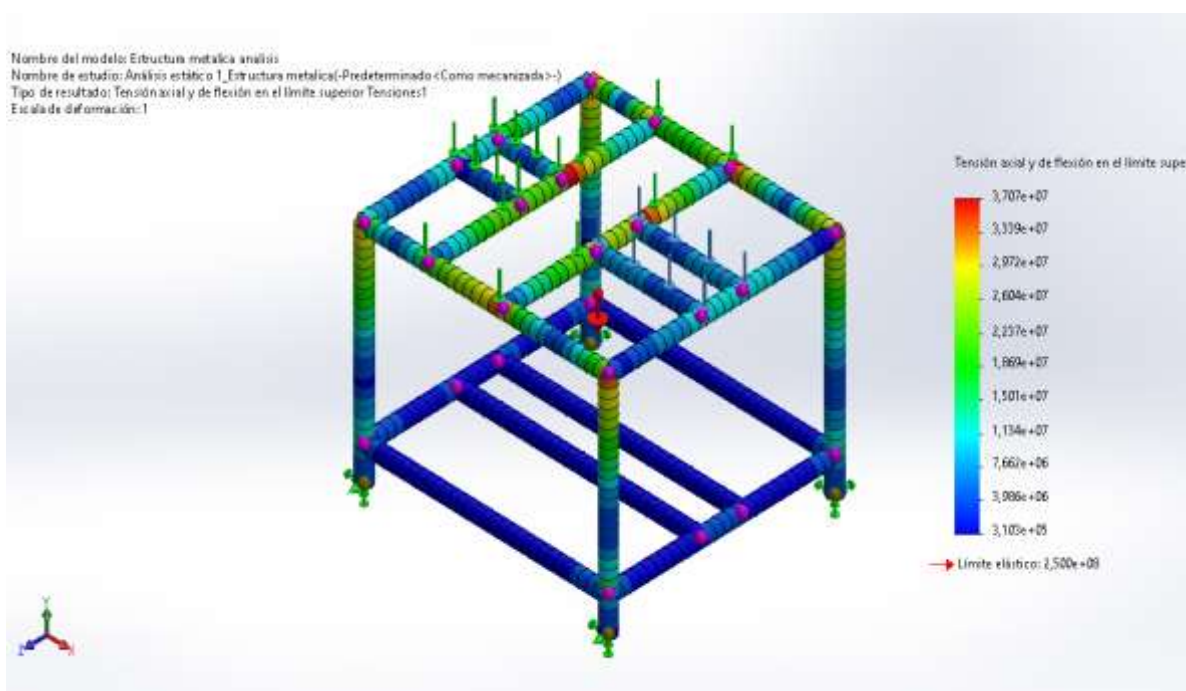
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes	
	Nombre:	ASTM A36 Acero	
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico	
	Criterio de error predeterminado:	Tensión de von máx.	
	Límite elástico:	2,5e+08 N/m ²	Sólido 1(Hierro angular 30 X 30 X
	Límite de tracción:	4e+08 N/m ²	4(Estructura metálica análisis)
	Módulo elástico:	2e+11 N/m ²	
	Coefficiente de	0,26	
	Densidad:	7.850 kg/m ³	
	Módulo cortante:	7,93e+10 N/m ²	

En la tabla 22 se muestra el análisis realizado en cuanto a las tensiones de la estructura y en esta, se puede apreciar la tensión axial y de flexión en el límite superior con sus datos mínimo y máximos que es de $3.707 * e^7 N/m^2$.

Tabla 22

Análisis de tensiones de la estructura metálica

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	Tensión axial y de flexión en el límite superior	0,000e+00N/m ² Elemento: 485	3,707e+07N/m ² Elemento: 177



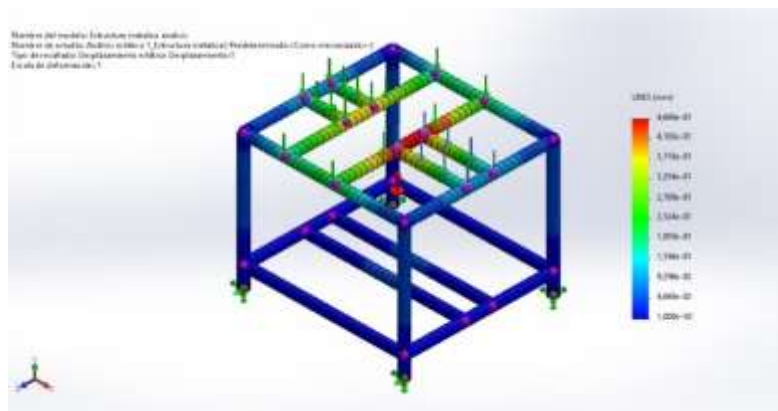
Estructura metálica análisis-Análisis estático 1_Estructura metálica-Tensiones-Tensiones1

En el análisis mostrado en la tabla 23 se puede observar que el desplazamiento máximo de la estructura es de $4.648 * e^{-01} mm$ lo cual demuestra y se considera que la estructura diseñada no fallará

Tabla 23

Análisis del desplazamiento de la estructura metálica

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00mm Nodo: 115	4,648e-01mm Nodo: 154



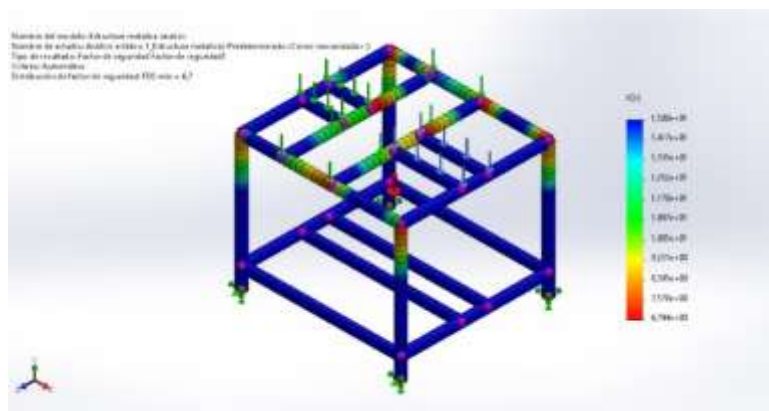
Estructura metálica análisis-Análisis estático 1_Estructura metálica-Desplazamientos-Desplazamientos1

La estructura metálica tiene un factor de seguridad máxima elevado de 2 que garantiza que no fallará para sus cargas del sistema de arrastre, corte y limpieza.

Tabla 24

Análisis factor de seguridad de la estructura metálica

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	6,744e+00 Nodo: 180	5,656e+02 Nodo: 76



Estructura metálica análisis-Análisis estático 1_Estructura metálica-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

3.10. Etapas de construcción

Una vez realizado el diseño, cálculo y análisis del sistema de la máquina tanto en lo mecánico, eléctrico y electrónico se procede a la fabricación del mismo, se recomienda realizarlo por etapas ya que consta de varias partes.

A. Sistema de arrastre

En la figura 45, figura 46 y figura 47 se puede observar el proceso de fabricación de las partes del sistema de arrastre.

Figura 45

Fabricación de rodillos



Figura 46

Corte de rodillos



Figura 47

Ensamble de los rodillos de arrastre

**B. Sistema de corte**

En la figura 48, figura 49 y figura 50 se observa el proceso de la construcción del eje porta cuchillas y el sistema de corte.

Figura 48

Corte de base se sujeción del eje porta cuchillas



Figura 49

Perforación para los rodamientos



Nota. En la fotografía se observa la base de sujeción del eje porta cuchillas en la cual se hace la perforación considerando el diámetro de los rodamientos.

Figura 50

Fabricación del eje porta cuchillas



C. Sistema de limpieza

En la figura 51, se puede apreciar la ubicación del sistema de limpieza en la estructura.

Figura 51

Ubicación de los rodillos de limpieza



D. Estructura de la maquina

En la figura 52 y figura 53, se puede observar el proceso de la fabricación de la estructura con sus respectivas bases para los sistemas del mismo.

Figura 52

Fabricación de la estructura metálica



Figura 53

Soldadura de las piezas de la estructura



E. Fabricación de las tolvas

En la figura 54, figura 55 y figura 56 se puede observar el proceso para el forrado de la máquina.

Figura 54

Corte de tolvas



Figura 55

Ensamble de las tolvas en la máquina

**Figura 56**

Forrado total de la máquina



F. Pintado de la maquina

En la figura 57, figura 58 y figura 59 se puede observar el proceso para el pintado de la máquina.

Figura 57

Pintado de las piezas mecánicas

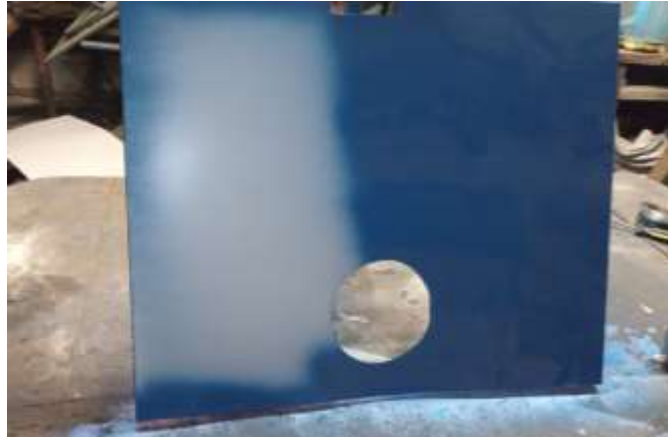
**Figura 58**

Pintado de las tolvas



Figura 59

Diferencia y pintura



Nota. En la fotografía se observa que para el pintado se usó una base de fondo.

G. Instalación del sistema eléctrico

En la figura 60, figura 61, figura 62 y figura 63 se puede observar la instalación del sistema eléctrico en la máquina.

Figura 60

Instalación del circuito de potencia



Figura 61

Instalación del circuito de control

**Figura 62**

Instalación del motor



Figura 63*Instalación del tablero eléctrico***3.11. Selección de sistemas eléctricos y mecánicos****3.11.1. Selección de pulsadores y de luces piloto**

Selección de pulsadores para su respectivo paso y cierre de corriente con un control visual de luces pilotos.

Tabla 25*Características de pulsadores y luces piloto*

Color	Contactores auxiliares	Tensión
Pulsadores para seleccionar con o sin retención		
Verde	NA	120V/220V- AC/DC
Rojo	NA	120V/220V- AC/DC
Pulsador para parada de emergencia		
Rojo	NC	120V/220V- AC/DC
Pilotos de señalización		
Verde	Piloto compacto, LED incluido	120V/220V- AC/DC
Rojo	Piloto compacto, LED incluido	120V/220V- AC/DC
Amarillo	Piloto compacto, LED incluido	120V/220V- AC/DC

3.11.2. Selección de motores

Consideramos primero la potencia total que necesita la máquina de acuerdo a los cálculos realizados podemos considerar que necesitamos 1.1KW para el buen funcionamiento de la misma, procedemos a seleccionar un motor monofásico con las siguientes características:

Figura 64

Datos del motor monofásico



Tabla 26

Características del motor

Motor	M1-monofasico
Potencia	2 HP /1.50 KW
Tensión nominal	220 V
Corriente nominal	13.80 A
Numero de polos	4
Factor de potencia	0.64 (100%)

3.11.3. Cálculo de corriente nominal del motor (I_n)

$$I_n = \frac{P}{V \times \text{COS}\varphi}$$

Donde:

I_n : Corriente nominal (A)

P : Potencia (watts)

$\text{COS}\varphi$: Factor de potencia

$$2 \text{ HP} \times \frac{746 \text{ W}}{1 \text{ HP}} = 1492 \text{ W}$$

$$I_n = \frac{1492 \text{ W}}{220 \times 0.64} = 10.59 \text{ A}$$

3.11.4. Selección del Contactor

$$I_k \geq I_n$$

$$I_k \geq 10.59 \text{ A}$$

Obtenida la corriente nominal seleccionamos un contactor de 13 Amperes, pero de acuerdo a la marca y a sus capacidades, seleccionar un contactor de 18 A con una bobina de 220V/60HZ como se observa en el Anexo N°8.

3.11.5. Selección del Interruptor termomagnético

$$I_{termog} \geq I_k$$

$$I_{termog} \geq 18 \text{ A}$$

Seleccionamos un Interruptor termomagnético de 20 Amperios, para lo cual se procede a ver en el Anexo N°9.

3.11.6. Selección del Relé térmico

Para la selección del relé térmico se toma en cuenta la corriente nominal del motor monofásico, Por lo cual la corriente debe estar en una regulación mínima y máxima comprendida en el punto medio del relé térmico.

➤ **Regulación mínima**

$$I_{\min} = I_n * 0.8 = 10.59 * 0.8 = 8.5 \text{ A}$$

➤ **Regulación máxima**

$$I_{\max} = I_n \div 0.8 = 10.59 \div 0.8 = 13.23 \text{ A}$$

Donde:

I_{\min} : Corriente mínima (A)

I_{\max} : Corriente máxima (A)

I_n : Corriente nominal(A)

Por lo tanto, con el resultado mínimo y máximo tendremos el relé térmico con un rango de 8.5 13.2 A, pero de acuerdo a la marca y a sus capacidades se observa en el Anexo N°10 para seleccionar un relé térmico de 9 - 13 Amperios.

3.11.7. Selección de conductor de alimentación a motor monofásico.

Es de gran importancia conocer el calibre del conductor de acuerdo al trabajo que lo va a realizar, ya que si se conecta un conductor de menos corriente producirá un calentamiento y se terminará quemando.

Para considerar que conductor utilizar se selecciona el calibre del cable (AWG) como lo estipula la normativa NEC, para seleccionar debemos calcular la caída de tensión máxima lo que se debe considerar que no de superar al 3% de la tensión de la línea, considerando que para la resistividad del cobre es de $0.0172 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$, para el aluminio de $0.028 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$.

$$\Delta V = \frac{2 * \rho * \Sigma I * L * \cos\varphi}{S}$$

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V} * 100$$

Donde:

ρ : resistividad del conductor ($\Omega \text{mm}^2/\text{m}$).

ΣI : Total de la corriente (A).

S : Sección del conductor (mm^2).

L : Distancia a instalar (m).

$\cos\varphi$: Factor de potencia.

ΔV : Caída de tensión máxima (V)

$\% \Delta V$: Caída de tensión máxima (3%)

V : Tensión de alimentación (V).

De acuerdo al Anexo N°11 tomamos las secciones de 5.25 mm^2 con un conductor AWG 10 para su debida caída de tensión.

$$\Delta V = \frac{2 * 0.0172 * 10.59 * 6 * 0.64}{5.25}$$

$$\Delta V = 0.26 \text{ V}$$

$$\% \Delta V = \frac{0.26}{220} * 100 = 0.12\%$$

$$\% \Delta V = 0.12\% < 3\%$$

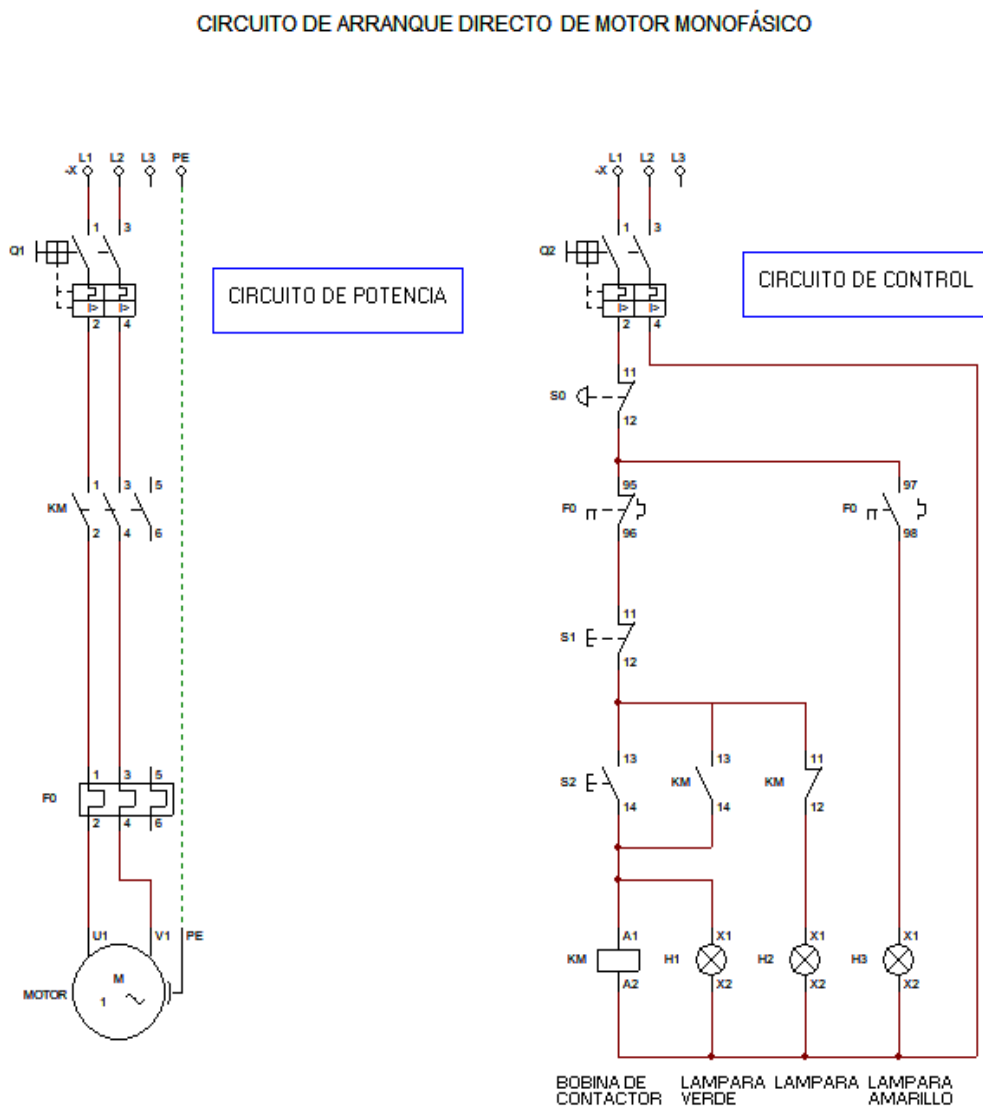
Considerando la caída de tensión podemos seleccionar que para el cable de alimentación principal se considera un calibre 10 AWG para alimentar al motor monofásico de 220 V un calibre de 10-12 AWG y finalmente para los componentes eléctricos y electrónicos de control de tablero un calibre de 16-18 AWG.

3.12. Diseño del sistema eléctrico

Uno de las principales características para un arranque de un motor es la red y la carga que aplica, en la figura 65 se puede observar el diagrama unifilar del circuito de potencia y control.

Figura 65

Diagrama del sistema eléctrico

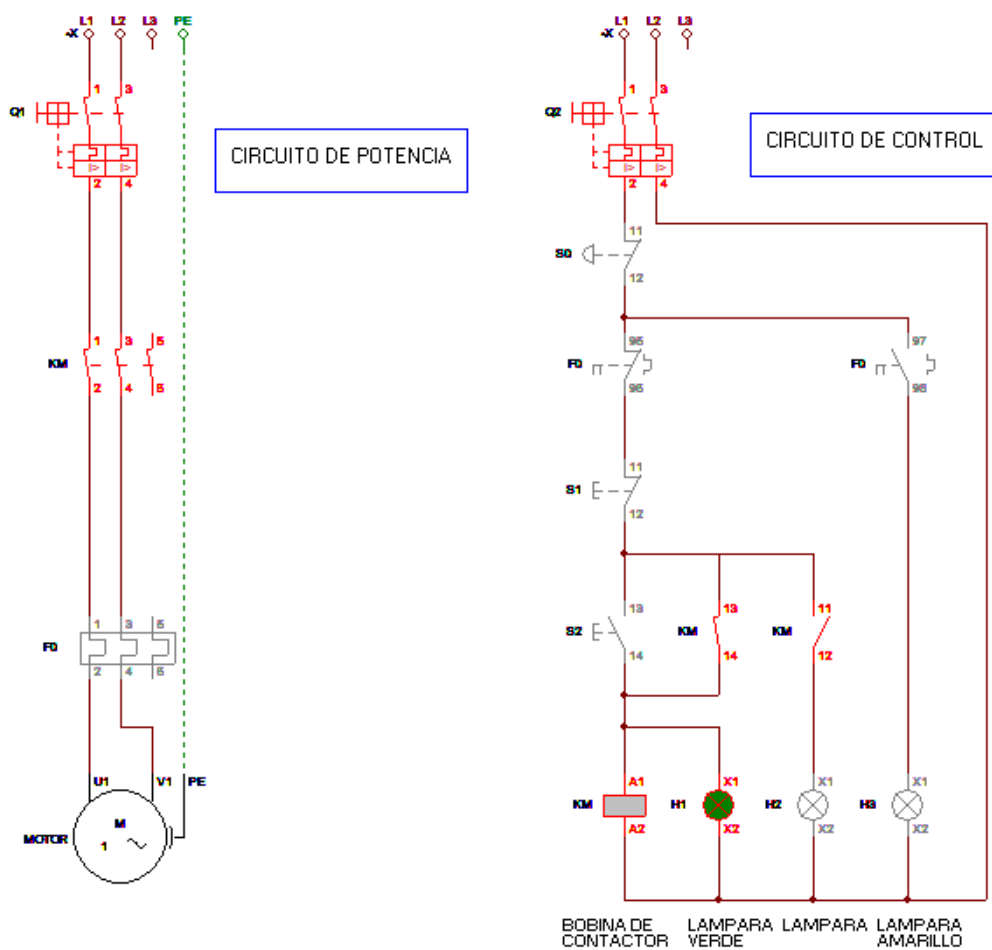


Considerando sus capacidades calculadas se procede a su simulación en el programa CadeSimu.

Figura 66

Sistema eléctrico

CIRCUITO DE ARRANQUE DIRECTO DE MOTOR MONOFÁSICO



Nota. En esta figura se puede observar el funcionamiento de la simulación de motor monofásico de acuerdo al trabajo que se lo va a realizar en la maquina tomando en cuenta al volteje y la corriente que va a trabajar.

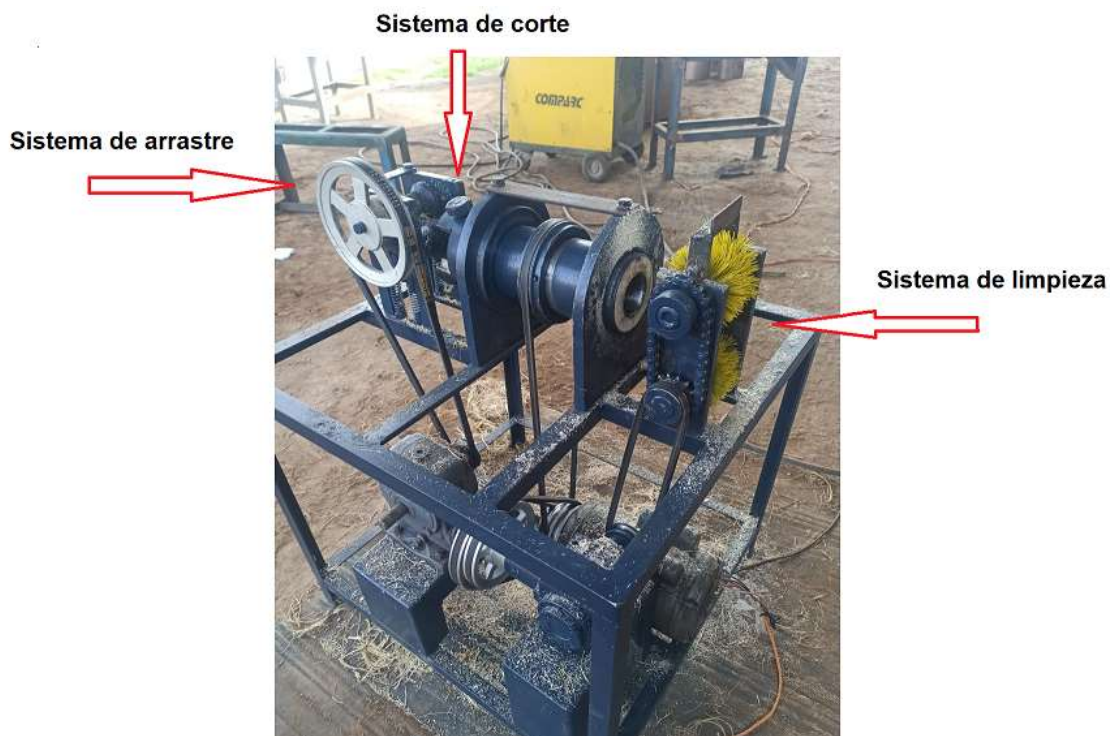
3.13. Funcionamiento de la máquina peladora de caña de azúcar

Para el funcionamiento de la máquina peladora de caña se pone en marcha el motor para que de esta manera procedan a funcionar las tres etapas de pelado: sistema

de arrastre, sistema de eje porta cuchillas y sistemas de limpieza, la caña de azúcar se inserta en la entrada de los rodillos de arrastre que está estipulado con una velocidad considera para el pelado, luego entra en contacto con las cuchillas de corte (eje porta cuchillas) procediendo así a pelar la caña y que la viruta por gravedad caiga a la bandeja recolectora, después la caña pelada es arrastrada por el interior del eje porta cuchillas hacia los rodillos de limpieza que están realizados de plástico y fibra, finalmente la caña sale limpia, libre de impurezas y evitando el mayor contacto humano posible, a continuación se presenta el funcionamiento de la máquina.

Figura 67

Funcionamiento de la máquina peladora de caña de azúcar



Nota. La figura presentada muestra el proceso de pelado que empieza en el sistema de arrastre, luego sistema de corte y finalmente por el sistema de limpieza.

3.13.1. Pruebas de funcionamiento

Prueba N.- 1

Se realizaron varias pruebas de funcionamiento para detectar y corregir fallas en las cuchillas de corte y el sistema de arrastre, en cuanto a la primera prueba como se muestra en la figura 68, la corteza salió completamente, pero afecto a la caña (producto de consumo), por lo que se dedujo que existía una falla en las cuchillas al no tener un buen afilado y la otra razón es porque el eje porta cuchillas no tenía los rpm adecuados.

Figura 68

Primer resultado del pelado



Prueba N.- 2

En esta etapa de pruebas como se observa en la figura 69, el pelado mejoro ya que los rpm del eje porta cuchillas en esta ocasión fueron los adecuados y no afecto tanto al producto de consumo debido a que a las cuchillas de corte aún le faltaba afilado y se detectó una nueva falla en el sistema de arrastre con el eje de rodillos ya que no estaban sirviendo como una guía lo que causaba que la caña mientras era arrastrada se mueva de un lado al otro y no permitía el correcto pelado.

Figura 69

Segundo resultado del pelado

**Prueba N.- 3**

En esta prueba se corrigieron los rodillos para que la caña no se mueva hacia a los lados cuando es arrastrada, como se muestra en la figura 70 se obtuvo un mejor pelado, y la falla que aún seguía teniendo era que se tenía que hacer un último afilado de las cuchillas de corte.

Figura 70

Tercer resultado del pelado



Prueba N.- 4

Se realizó una última prueba de funcionamiento en el “Paradero Dylan”, se muestra en la figura 71 que el sistema de arrastre estaba correcto, el afilado de las cuchillas fue el adecuado y la caña salió correctamente pelada por lo que se comprobó el buen funcionamiento de la máquina.

Figura 71

Última prueba de pelado de caña de azúcar



3.14. Costos de energía eléctrica consumida

Para calcular la energía eléctrica consumida por la máquina se tiene en cuenta el motor monofásico que es de 2 HP y de una potencia de 1,5 Kw.

Tiempo de trabajo = 5 h/día

Se procede a calcular de la siguiente manera

Ecuación N. 38: Consumo diario de energía eléctrica

$$E_{diario} = P_{motor} * t$$

Donde:

E_{diario} : Consumo diario(KW/h)

P_{motor} : Consumo del motor (KW)

t : Tiempo diario de consumo (horas)

Se reemplaza los datos en la ecuación y obtenemos

$$E_{\text{día}} = 1.492 \text{ KW} * 4 = 5.97 \text{ KW/h}$$

Ahora se calcula el consumo mensual, de acuerdo a los días de trabajo que son 16 días al mes.

Ecuación N. 39: Consumo mensual de energía eléctrica

$$E_{\text{mes}} = E_{\text{días}} * \text{Días}$$

Donde:

E_{mes} : Consumo mensual (KW/h)

$E_{\text{día}}$: Consumo diario (KW/h)

Días : días de consumo

$$E_{\text{mes}} = 5.97 * 16 = 95.5 \text{ KW/h}$$

Luego de obtener este resultado tomamos el costo de energía promedio en Ecuador que es de 0.10 centavos y calculamos.

Ecuación N. 40: Costo mensual de energía

$$C_{\text{mes}} = E_{\text{mes}} * \text{Costo}$$

Donde:

C_{mes} : Costo mensual (dolares)

E_{mes} : Consumo diario (KW/h)

Costo : Valor en dólares (KW/h)

$$C_{\text{mes}} = 95.5 * 0.10 = 9.55 \text{ dólares}$$

3.15. Manual de operación y seguridad

3.15.1. Instrucciones de operación

A continuación, se pone a consideración el procedimiento para poner en marcha el pelado de la caña de azúcar.

- a) Antes de poner en marcha el funcionamiento se debe supervisar que la máquina esta fija y no produzca vibraciones.
- b) Conectar la máquina a la fuente eléctrica.
- c) Colocar la bandeja recolectora para la viruta de la caña de azúcar en la parte inferior de la máquina.
- d) Presionar el pulsador de marcha para encender la máquina.
- e) Verificar que todo esté en orden y que la luz piloto muestre que este encendido.
- f) Insertar la caña y direccionarla hacia el sistema de arrastre.
- g) Evitar colocar cañas superiores a 50 mm de diámetro.
- h) Inspeccionar el estado de las cuchillas de corte y si es necesario ajustar.
- i) Recibir la caña totalmente pelada y sin impurezas a la salida de la máquina.

3.15.2. Manual de seguridad

a) Área de trabajo:

- ✓ No manipular los componentes eléctricos y electrónicos de la máquina.
- ✓ No poner en marcha la máquina mientras no se tenga las protecciones adecuadas.

b) Cuando esté en funcionamiento la maquina:

- ✓ No utilizar la máquina para otras funciones.
- ✓ Para más salubridad utilizar guantes al introducir y recibir la caña.

- ✓ Mantener una distancia de seguridad.
- ✓ Introducir la caña con cuidado y de la manera en la que se especifica en el manual ya que puede ocurrir un daño debido a que las cuchillas están en funcionamiento.
- ✓ En el caso de atasco la maquina desenchufe la línea de alimentación.
- ✓ Recordar al operario utilizar todas las medidas de seguridad y salubridad.

c) Cuando no esté en funcionamiento la maquina:

- ✓ Evitar desarmar la máquina sin tener conocimiento.
- ✓ No desconectar la línea de alimentación bruscamente para apagar la máquina.

3.16. Plan de mantenimiento

3.16.1. Plan de mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento permitirá detectar fallas que pueden suceder a futuro y a su vez corregir estas fallas para evitar el daño de la máquina, por eso se ha programado una tabla que muestra el debido mantenimiento que se le debe dar a cada uno de los componentes de la máquina.

Tabla 27

Plan de mantenimiento preventivo

Partes de la máquina	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Observación
Rodillos de arrastre		X			Limpiar los rodillos sirve para evitar un posible atasco de la máquina.
Eje porta cuchillas	X				Limpiar diario el eje porta cuchillas evitara la corrosión.
Cuchillas	X				Una limpieza diaria hará que la viruta adherida no afecte en un próximo proceso de pelado
Cepillos de Fibra		X			Limpiar los cepillos sirve para tener una mejor salubridad en el producto
Bandeja recolectora	X				La limpieza diaria de la bandeja evitara posibles corrosiones y acumulación de microorganismos.
Estructura			X		Limpiar la estructura para evitar la corrosión del material
Ajuste de pernos del eje porta cuchillas			X		Se recomienda verificar los pernos del eje porta cuchillas para evitar que en el proceso tenga fallas.
Ajuste de pernos totales de la máquina				X	Verificar y si es necesario ajustar los pernos para evitar una des calibración en la máquina.
Reductor de velocidad				X	Verificar, limpiar y cambio el estado de aceite para evitar el desgaste de los engranajes mecánicos internos.

3.16.2. Plan de mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento permitirá estar preparados y actuar adecuadamente en fallas, averías o daños en los componentes de la máquina.

Tabla 28

Plan de mantenimiento correctivo

Partes de la máquina	Frecuencia			Observación
	Trimestral	Anual	2 a 3 años	
Rodillos de arrastre			X	Afilado de rodillos para tener una buena sujeción de la caña.
Cuchillas	X			Afilado de cuchillas para obtener un buen pelado.
Rodamientos del eje porta cuchillas			X	Verificación de los rodamientos y si se observa fallas cambio.
Rulimanes		X		Verificación de rulimanes para evitar fallos y si es necesario cambiarlos.
Cepillos de fibra	X			Cambiar los cepillos para mejorar la limpieza.
Pernos del eje porta cuchillas			X	Cambiar o ajustar los pernos para mantener la posición de las cuchillas.
Bandas			X	Ajuste y cambio de bandas a su determinado tiempo de uso.
Poleas		X		Ajuste y cambio de poleas a su determinado tiempo de uso.
Reductor de velocidad			X	Cambio de aceite y si es necesario una reparación.
Motor			X	Cambio de rodamientos y si es necesario cambio de motor.
Tablero eléctrico			X	Verificación de funcionamiento o cambio de elementos.
Cable de alimentación		X		Verificación del estado del calibre o su cambio total de cableado.

3.17. Estudio Económico de la maquina peladora de caña

Los costos de la máquina peladora de caña de azúcar fueron tomados en cuenta para cada una de sus partes.

Costo Directos

Los costos directos de la maquina son aquellos que actúan de manera directa como: mano de obra, herramientas y elementos eléctricos.

Tabla 29

Costos directos

COSTOS DE MATERIALES DIRECTOS				
Elemento	Unidad de medida	Cantidad	Precio c/u	Precio total
Plancha de Acero ASTM A36	Kilogramos	15	\$4,00	\$60,00
Ángulos metálicos	Unidad	2	\$14,50	\$29,00
Rulimanes (62-01)	Unidad	4	\$1,50	\$6,00
Rulimanes (62-02)	Unidad	4	\$1,60	\$6,40
Rulimanes (60-20)	Unidad	2	\$110,00	\$220,00
Resortes	Unidad	4	\$2,00	\$8,00
Pernos N.- 22	Unidad	3	\$2,30	\$6,90
Pol/alum 4,1/2 x 3,1/2 x 2,1/2	Unidad	1	\$6,70	\$6,70
Pol/alum 5,7/8" (d=15)	Unidad	1	\$9,60	\$9,60
Pol/alum 2,3/8" (d=6)	Unidad	2	\$3,20	\$6,40
Pol/alum 3" (d=7,5)	Unidad	1	\$4,15	\$4,15
Pol/alum 6,7/8" (d=17,5)	Unidad	1	\$10,50	\$10,50
Pol/metal 4,7/8" (d=12,5)	Unidad	1	\$15,50	\$15,50
Pol/metal 2" (d=5)	Unidad	1	\$6,00	\$6,00
Engranajes (d=6)	Unidad	2	\$5,00	\$10,00
Bandas Tipo A	Unidad	5	\$6,00	\$30,00
Varilla de acero AISI 304	Metros	1	\$5,86	\$5,86
Tubo de acero AISI 304	Kilogramos	15	\$4,50	\$67,50
Rodillos AISI 304	Kilogramos	8	\$4,50	\$36,00
Cadena (0,50m)	Unidad	1	\$5,00	\$5,00
Reductor (1000 rpm)	Unidad	1	\$250,00	\$250,00
Reductor (1500 rpm)	Unidad	1	\$180,00	\$180,00
Tol galvanizado metálico	Unidad	2	\$23,50	\$47,00
Cepillos de limpieza	Unidad	2	\$25,00	\$50,00

Elemento	Unidad de medida	Cantidad	Precio c/u	Precio total
Luces piloto	Unidad	3	\$1,20	\$3,60
Paro de emergencia	Unidad	1	\$2,80	\$2,80
Pulsador metálico	Unidad	2	\$1,80	\$3,60
Terminales tipo U	Unidad	1	\$3,75	\$3,75
Amarras plásticas	Unidad	1	\$0,80	\$0,80
Espiral de dexion	Unidad	1	\$3,60	\$3,60
Caja metálica	Unidad	1	\$37,55	\$37,55
Contactador LS	Unidad	1	\$17,10	\$17,10
Relé térmico LS	Unidad	1	\$27,44	\$27,44
Breaker Schneider	Unidad	2	\$7,25	\$14,50
Riel Dim	Metros	1	\$1,50	\$1,50
Cable concéntrico 2 x 8 AWG	Metros	5	\$0,85	\$4,25
Enchufe pata de gallina	Unidad	1	\$7,50	\$7,50
Cable THHN flexible #18	Metros	10	\$0,20	\$2,00
Cable THHN solido #10	Metros	6	\$0,85	\$5,10
Motor eléctrico Monofásico	Unidad	1	\$230,00	\$230,00
Materiales adicionales	No aplica	1	\$20,00	\$20,00
			PRECIO TOTAL	\$1.461,60

Tabla 30*Costos de mano de obra*

MANO DE OBRA DIRECTA		
Responsable	Actividades	Costo total
Personal de taller	Corte de material	\$300,00
	Pulida	
	Doblado de planchas	
	Soldadura	
	Pintura	
	Ensamble	
Personal del torno	Instalación eléctrica	\$600,00
	Perforaciones	
	Manufactura de ejes	
	Desbaste de eje	
Personal de fresa	Rectificación de ejes	\$60,00
	Desbaste de piezas	
TOTAL		\$960,00

Costos Indirectos

Los costos indirectos son aquellos gastos que no se reflejan en la construcción de la máquina pero que son sumamente necesarios:

Tabla 31

Costos indirectos

COSTOS INDIRECTOS				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio c/u	Precio Total
Diseño	Horas	3	\$30,00	\$90,00
Mantenimiento	Horas	2	\$30,00	\$60,00
TOTAL				\$150,00

Costo Total

El costo total que se empleó en la máquina es la suma de los costos directos, mano de obra e indirectos

Tabla 32

Costos totales

COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA	
Costos	Precio total
Costos directos	\$1.461,60
Mano de obra directa	\$960,00
Costos indirectos	\$150,00
TOTAL	\$2.571,60

3.17.1. Comparación de máquinas

A partir del costo obtenido para nuestra máquina se tomaron otras máquinas con las mismas funciones y realizar un cuadro comparativo de precios y observar la diferencia que existe.

Tabla 33*Cuadro comparativo de precios*

Modelo	Origen	Voltaje	Potencia	Capacidad de pelado	Precio
OLGZ-200	China	220 V	750 w	220 – 300 kg/h	\$3.441,00
Distribuidora "Burgos"	Perú	220 V	373 w	200 kg/h	\$4.126,00
Propio	Ecuador	220 V	1492 w	200 kg/h	\$2.471,70

Como se puede observar en la tabla N. - 33 los precios comparados se tiene la conclusión de que en otros países la maquina llega a costar casi el doble como es el caso de Perú, esto debido a que en el estudio realizado esta máquina tenía tres motores y en el caso de la máquina de origen chino el precio es bajo, pero al considerar trasladarla de China a Ecuador se eleva el precio.

Capítulo IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Para iniciar con el proyecto se diseñaron los componentes del prototipo con ayuda del software SolidWorks el cual nos permite hacer comprobaciones mediante simulaciones y de esa manera tomar decisiones en cuanto a la mejora del diseño, para luego proceder a la construcción del prototipo.
- Para la mejora de salubridad en el proceso de pelado de la caña de azúcar se tomó en cuenta que el componente que estará en contacto con la caña son las cuchillas, por lo que se las realizó en acero inoxidable AISI 304, ya que este material evita la corrosión y de esta manera se evita que el producto sufra algún tipo de insalubridad.
- En cuanto avanzaba el proyecto se ha ido desarrollado el prototipo de la máquina para el cual hizo un estudio de las diferentes máquinas de pelado de caña de azúcar, y el avance que han tenido para plantear los requerimientos deseados por la maquina como: tiempo y peso.
- Una vez finalizado la construcción del prototipo y realizadas las pruebas de funcionamiento se concluyó que la maquina cumple con las características principales que se propusieron al principio del proyecto, dado que mejoro el tiempo en el proceso de pelado y en cuanto a salubridad, el que la maquina sea automatizada hace que la caña de azúcar no tenga mayor contacto con el hombre.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar el mantenimiento establecida para que la vida útil de la maquina sea más larga.
- Se recomienda el afilado de las cuchillas y su debida sujeción en el eje porta cuchillas.
- Se recomienda un voltaje de 220V para un buen funcionamiento y rendimiento del motor eléctrico.
- Se recomienda utilizar material de acero inoxidable en las piezas que tienen contacto directo con el producto para mejorar el estado de salubridad.

Bibliografía

- Avila, I. (2011). *El aguardiente de caña, procesos y tradición en el Valle de Yunguilla*. Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3327>
- Castillo, R., & Silva, E. (2004). *Fisiología, floración y mejoramiento genético de la caña de azúcar en Ecuador*. Publicación Técnica No. 3, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE), Guayaquil-Ecuador.
- Chapoñan, J. H., & Peralta, H. (2019). *Diseño de una máquina peladora de corteza de caña de azúcar con la capacidad de 200 kg/h para la distribuidora "Burgos" - Lambayeque*. Pimentel. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/5462>
- González, E. M. (2005). *DISEÑO DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE EN INSTALACIONES DE BAJO VOLTAJE*. Trabajo de Graduación. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0120_ME.pdf
- Peña, S. (2018). *Maquina Simples*. Obtenido de <https://penasamuel803.blogspot.com/>
- Reyna, M. Á. (2018). *Diseño de una máquina peladora de caña de azúcar de 300 kg/h para la empresa Canai S.A.C. Trujillo, Perú: Universidad César Vallejo*. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/36512/reyna_rm.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Valdivieso, T. J. (2010). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa extruplas S.A. Cuenca*.
- Villaba, A. F. (2015). *Diseño y construcción de una máquina automática pulverizadora de pintura en chapas galvanizadas para la empresa contrsucciones metalmecánicas*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería en Mecatrónica. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10378>

Anexos