



Diseño, y construcción de una máquina cortadora de chifles para la fundación héroes de vida.

Espinosa Quillupangui, Miguel Ángel y Tipantuña Tarco, Cristian Javier

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Mecánica

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico

Ing. Olmedo Salazar José Fernando MSc.

24 de febrero del 2023



TESIS_ESPINOSA_TIPANTUÑA

7% Similitudes

< 1% Texto entre comillas
0% similitudes entre comillas

0% Idioma no reconocido

Nombre del documento: TESIS_ESPINOSA_TIPANTUÑA.pdf
ID del documento: b0aa842508ce2bc74c7fbf62ed28eb567347a7
Tamaño del documento original: 5,81 Mo

Depositante: DAVID CESAR LOZA MATOVELLE
Fecha de depósito: 27/2/2023
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 27/2/2023

Número de palabras: 15.932
Número de caracteres: 100.669

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.diariolibre.com Los beneficios del plátano verde para la salud - Diario Libre https://www.diariolibre.com/revista/los-beneficios-del-platano-verde-para-la-salud-GA17609680#:~:te... 1 fuente similar	3%		Palabras idénticas : 3% (531 palabras)
2	www.isotools.org Norma ISO 22000: Garantía de seguridad alimentaria https://www.isotools.org/2015/02/27/norma-iso-22000-garantia-de-seguridad-alimentaria/ 1 fuente similar	2%		Palabras idénticas : 2% (248 palabras)
3	www.maxionline.ec Maqueño, delicia nacional - Revista Maxi Online https://www.maxionline.ec/recetas/maqueño-delicia-nacional/ 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas : <1% (125 palabras)
4	repositorio.utn.edu.ec Diseño y construcción de una máquina rebanadora de ban... http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3754/16/04_MEC_045_TESIS.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : <1% (71 palabras)
5	repositorio.uide.edu.ec Desarrollo de la pequeña industria agrícola de plátano par... https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2010/3/T-UIDE-1516.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : <1% (57 palabras)

Fuente ignorada Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	TESIS_ESPINOSA_TIPANTUÑA - copia.pdf TESIS_ESPINOSA_TIPANTUÑA - co... #d40c51 El documento proviene de mi grupo	100%		Palabras idénticas : 100% (15.932 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://agraria.pe/noticias/platano-cavendish-esta-en-peligro-de>
- <https://www.primicias.ec/noticias/economia/banano-cavendish>
- https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/Correas_Dunlop.pdf
- <https://mejorconsalud.as.com/6-beneficios-del-platano-verde>
- https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/co_agricola.php?id=01313.00.01



Firmado electrónicamente por:
JOSE FERNANDO
OLMEDO SALAZAR



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecánica

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Diseño y construcción de una máquina cortadora de chifles para la fundación Héroes de Vida”** fue realizado por los señores **Espinosa Quillupangui, Miguel Ángel y Tipantuña Tarco Cristian Javier**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 23 de febrero del 2023

Firma:



.....
Ing. Olmedo Salazar, José Fernando

CI:1708186307



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Ingeniería Mecánica

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Espinosa Quillupangui, Miguel Ángel y Tipantuña Tarco Cristian Javier**, con cédulas de ciudadanía n° 1722903836 y n° 1724705122 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **"Diseño y construcción de una maquina cortadora de chifles para la fundación Héroes de Vida"** es de nuestra 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.

Sangolquí, 23 febrero 2023

Firma

Espinosa Quillupangui Miguel Ángel

C.C.: 1722903836

Firma

Tipantuña Tarco Cristian Javier

C.C.: 1724705122



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecánica

Autorización de Publicación

Nosotros **Espinosa Quillupangui, Miguel Ángel y Tipantuña Tarco Cristian Javier**, con cédulas de ciudadanía n° 1722903836 y n° 1724705122 autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: "Diseño y construcción de una maquina cortadora de chifles para la fundación **Héroes de Vida**" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Sangoique, 23 febrero 2023

Firma

Espinosa Quillupangui Miguel Ángel

C.C.: 1722903836

Firma

Tipantuña Tarco Cristian Javier

C.C.: 1724705122

Dedicatoria

Nunca me imaginé que podría estudiar en tan grande Institución y mucho menos llegar a este momento y es por eso que esta dedicatoria es para las personas que me han apoyado desde que este sueño inicio.

En primer lugar, a mi madre y mi padre quienes a pesar de los diferentes inconvenientes que se vive día a día jamás se olvidaron de mí y se han sacrificado de tal forma que yo pueda conseguir esta meta.

Mi dedicatoria también es para mí futura esposa Geovanna quien inicio conmigo este sueño y ha sido el apoyo incondicional que todo mundo quisiera tener, compartir junto a ella este momento es lo que más esperaba.

Miguel Ángel Espinosa Quillupangui

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a Dios que con su bendición me ha permitido llegar hasta este momento.

Como no agradecer a mis padres quienes han sido el sostén las personas que más ánimo y confianza han tenido en mi durante este largo caminar, sin sus consejos y su apoyo incondicional no habría logrado culminar esta hermosa carrera.

Un agradecimiento a mis hermanos quienes de una u otra manera han contribuido con un granito de arena y nunca faltó unas palabras de aliento cuando los momentos difíciles se presentaron.

Como no agradecer a nuestra querida Institución La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE quien a través de sus docentes han impartido no solo conocimiento sino también vivencias y experiencias que para un joven sirven de mucho.

Miguel Ángel Espinosa Quillupangui

Dedicatoria

Este trabajo de titulación está dedicado a mi familia, por su amor incondicional y su apoyo incansable durante todo mi proceso de aprendizaje. Su infinita paciencia y comprensión han sido la fuerza motriz que me ha motivado a seguir adelante y seguir llevando mi trabajo de titulación a su éxito. Gracias por estar siempre ahí para mí

Cristian Javier Tipantuña Tarco

Agradecimientos

Quisiera agradecer a mis maestros y tutor de trabajo de titulación, así como a mi familia, por su apoyo, consejos y aliento mientras escribía este trabajo de titulación. Estoy muy agradecido por su apoyo incondicional durante todo el proceso. Agradezco también a mis compañeros de carrera que siempre estuvieron con una palabra de aliento para terminar con mi trabajo de titulación.

Cristian Javier Tipantuña Tarco

Índice de contenidos

Herramienta de similitud de contenidos	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimientos	7
Dedicatoria.....	8
Resumen	19
Abstract.....	20
Capítulo I Generalidades	21
Antecedentes	21
Planteamiento del Problema.....	21
Justificación e Importancia	22
Objetivos	22
<i>Objetivo general</i>	22
<i>Objetivos específicos</i>	22
Alcance	23
Capítulo II Marco teórico	25
Plátano en el Ecuador	25
Variedades de plátanos existentes en el Ecuador	26
<i>Banano Cavendish</i>	26
<i>Plátano Barraganete</i>	27
<i>Plátano Dominicó</i>	28
<i>Plátano maqueño</i>	29

Nutrición y beneficios del plátano verde	30
Los chips (Chifles).....	32
<i>Plátano que se utiliza en la elaboración de Chifles.</i>	33
<i>Características de elaboración del producto (Chifles de plátano).</i>	33
<i>Métodos del pelado del plátano</i>	33
<i>Métodos de rebanado de plátano para chifles que se presenta en nuestro medio.</i>	34
<i>Temperatura adecuada de elaboración.</i>	35
<i>Tipos de chifle.</i>	35
Producción de chifles en Ecuador	36
Tipos Cortadoras de plátano verde.....	38
<i>Cortador de Eje Vertical</i>	38
Determinación del tipo de maquina a diseñar y construir.....	40
Materiales y la industria alimenticia.	40
<i>La tecnología.</i>	40
<i>Materiales para la fabricación de máquinas destinado al procesado de alimentos.</i>	40
<i>Acero inoxidable.</i>	41
Norma aplicada para la elaboración del proyecto	41
<i>Normas ISO 22000</i>	41
<i>Estructura de un Sistema de Gestión e Inocuidad Alimentaria (SGIA) basada en la Norma ISO 22000:2005.</i>	42
<i>Rte inen 022</i>	42
Capítulo III Diseño de elementos y sistemas.....	43
Fuerza de corte	43
Esfuerzo cortante	46
<i>Análisis para la primera disposición (Chifle redondo)</i>	47
<i>Análisis para la segunda disposición (Chifle largo)</i>	48

	12
Torque requerido	49
Revoluciones por minuto requeridas para la rotación cuchillas.....	50
Cálculo de potencia y Selección del motor	52
<i>Selección y características del motor</i>	53
Relación de transmisión de poleas y bandas.....	55
Diseño del sistema de transmisión de potencia	56
<i>Diseño del eje</i>	56
<i>Conexión Porta cuchillas – eje</i>	57
<i>Diagramas de Fuerza cortante y momento flector</i>	58
<i>Límite de Resistencia a la fatiga</i>	62
Selección del tipo y numero de bandas	62
<i>Potencia corregida del motor</i>	63
<i>Selección del tipo de banda según el catalogo</i>	63
<i>Relación de transmisión</i>	64
<i>Diámetro primitivo de la polea</i>	64
<i>Verificación de distancia entre ejes</i>	65
<i>Longitud de la correa</i>	66
<i>Factor lineal</i>	67
<i>Área de contacto</i>	68
<i>Factor de ángulo de corrección para poleas acanaladas</i>	69
<i>Velocidad lineal</i>	69
<i>Prestación base</i>	70
<i>Potencia efectiva</i>	71
<i>Numero de bandas</i>	71
Sistema de corte	72
<i>Diseño de porta cuchillas</i>	72

<i>Cálculo del diámetro exterior en el plato porta cuchillas De</i>	73
<i>Cálculo del espesor del disco</i>	75
Diseño de la cuchilla de corte	76
<i>Espesor de la cuchilla</i>	77
<i>Análisis de falla por fatiga en las cuchillas</i>	78
<i>Resistencia a la fatiga corregida</i>	78
<i>Factor de superficie ka</i>	78
<i>Factor de tamaño kb</i>	79
<i>Factor de modificación de carga kc</i>	81
<i>Factor de temperatura kd</i>	81
<i>Factor de confiabilidad ke</i>	82
<i>Análisis de los ciclos de vida de la cuchilla</i>	83
<i>Resistencia para vida infinita</i>	84
Capítulo IV Análisis estructural, modal y respuesta armónica.	85
Análisis estructural	85
Análisis de vibraciones	89
Modos de vibración	89
<i>Primer modo de vibración</i>	89
<i>Segundo modo de vibración</i>	89
<i>Tercer modo de vibración</i>	90
<i>Cuarto modo de vibración</i>	91
<i>Quinto modo de vibración</i>	91
<i>Sexto modo de vibración</i>	92
Respuesta armónica.....	93
Deformación total	95

Esfuerzo equivalente	96
Respuesta a la frecuencia	97
Capítulo V Ensamble y pruebas de funcionamiento	98
Construcción	98
Segunda Fase	102
Tercera Fase	107
Conclusiones	112
Recomendaciones	113
Bibliografía	114
Apéndices	116

Índice de tablas

Tabla 1 Tabulación de datos obtenidos en el ensayo	45
Tabla 2 Ficha técnica para plátano dominico.....	50
Tabla 3 Frecuencias naturales para los 6 tipos de vibración.....	93

Índice de figuras

Figura 1 <i>Preparación y selección del plátano verde para su posterior exportación.....</i>	26
Figura 2 <i>Banano tipo Cavendish ecuatoriano.....</i>	27
Figura 3 <i>Representación gráfica del plátano barraganete</i>	28
Figura 4 <i>Plátano verde dominico.....</i>	29
Figura 5 <i>Representación gráfica de un plátano maqueño</i>	30
Figura 6 <i>Porción de chifles largos</i>	32
Figura 7 <i>Representación del corte industrial de plátano verde</i>	34
Figura 8 <i>Chifles redondos ya preparados.....</i>	35
Figura 9 <i>Chifle con corte longitudinal ya frito.....</i>	36
Figura 10 <i>Análisis de mercado sobre productos vendidos en Ecuador.....</i>	37
Figura 11 <i>Maquina cortadora de plátanos de eje vertical</i>	38
Figura 12 <i>Máquina cortadora de chifles eje horizontal.....</i>	39
Figura 13 <i>Elementos de ensayo a cortante doble.....</i>	43
Figura 14 <i>Matriz realizada para el ensayo.....</i>	44
Figura 15 <i>Máquina de ensayo a cortante</i>	44
Figura 16 <i>Evidencia del corte del plátano.....</i>	45
Figura 17 <i>Diámetro del plátano seleccionado para el diseño.....</i>	47
Figura 18 <i>Cálculo del área para la disposición 2 chifle alargado</i>	48
Figura 19 <i>Motor adquirido para la construcción de la maquina.....</i>	53
Figura 20 <i>Características del motor Weg de 0.5 HP.....</i>	54
Figura 21 <i>Sistema de transmisión de potencia.....</i>	56
Figura 22 <i>Representación de fuerzas y dimensiones</i>	58
Figura 23 <i>Diagrama de fuerza cortante</i>	59
Figura 24 <i>Diagrama momento flector</i>	60

Figura 25 Selección del tipo de banda	63
Figura 26 Diámetros primitivos de las poleas	65
Figura 27 Longitud primitiva nominal de la correa	67
Figura 28 Factor de corrección lineal	68
Figura 29 Factor de corrección en función del ángulo	69
Figura 30 Prestación base.....	70
Figura 31 Plato porta cuchillas	73
Figura 32 Resistencia a la tensión de diferentes materiales	74
Figura 33 Esquema representativo de la cuchilla de corte	77
Figura 34 Factor de modificación lineal	79
Figura 35 Ecuación para determinar la dimensión efectiva.....	80
Figura 36 Ecuaciones para determinar el factor de tamaño.....	80
Figura 37 Valores para factor de modificación de carga.....	81
Figura 38 Factor de temperatura.....	82
Figura 39 Valores de confiabilidad de acuerdo al porcentaje.....	83
Figura 40 Fracción de resistencia a la fatiga f	84
Figura 41 Estructura completa de la maquina	86
Figura 42 Generación del mallado en la estructura	86
Figura 43 Ingreso de fuerzas y soportes fijos	87
Figura 44 Análisis de deflexión.....	87
Figura 45 Verificación del factor de seguridad.....	88
Figura 46 Análisis de Von Mises	88
Figura 47 Primer modo de vibración de la estructura	89
Figura 48 Segundo modo de vibración de la estructura.....	90
Figura 49 Tercer modo de vibración de la estructura.....	90
Figura 50 Cuarto modo de vibración de la estructura	91

Figura 51 <i>Quinto modo de vibración de la estructura</i>	91
Figura 52 <i>Sexto modo de vibración de la estructura</i>	92
Figura 53 <i>Deformación de la estructura</i>	96
Figura 54 <i>Esfuerzo de Von Misses</i>	96
Figura 55 <i>Respuesta del sistema a la frecuencia</i>	97
Figura 56 <i>Toma de medida de altura de patas de cocina</i>	98
Figura 57 <i>Toma de medida de ancho de cocina</i>	99
Figura 58 <i>Toma de medida de altura</i>	100
Figura 59 <i>Toma de medida de profundidad de cocina</i>	101
Figura 60 <i>Marca de medida en tubos de sección cuadrada</i>	102
Figura 61 <i>Corte de tubos para la estructura</i>	103
Figura 62 <i>Estructura de la máquina cortadora de verde</i>	104
Figura 63 <i>Proceso de torneado para disco porta cuchillas</i>	105
Figura 64 <i>Proceso de fresado del disco porta cuchillas</i>	105
Figura 65 <i>Proceso de Torneado para el eje de transmisión</i>	106
Figura 66 <i>Matriz de bastecimiento para corte longitudinal</i>	106
Figura 67 <i>Ensamblaje de estructura –eje –chumaceras –motor</i>	107
Figura 68 <i>Ensamblaje disco porta cuchillas- cuchillas</i>	107
Figura 69 <i>Ensamblaje Final</i>	108
Figura 70 <i>Pruebas de funcionamiento</i>	109
Figura 71 <i>Corte del plátano verde</i>	110
Figura 72 <i>Pruebas de funcionamiento obtención del chifle</i>	111

Resumen

El trabajo de titulación Diseño y construcción de una máquina de chifles para la fundación Héroes de vida, basa su principio en satisfacer la necesidad de dicha fundación presenta con el fin de obtener recursos para seguir con su funcionamiento en bien de la sociedad.

Para el diseño de la maquina se realizará un análisis que permita determinar el modelo más óptimo que se acople a las instalaciones de la fundación, así como la elaboración del CAD mediante el uso de SOLIDWORKS y mediante este software obtener los planos requeridos con las dimensiones adecuadas para la posterior construcción.

Determinar los materiales más idóneos a ser utilizados tanto para la estructura como para el sistema de corte, ya que al ser una máquina para la elaboración de productos alimenticios es necesario basar su diseño en materiales que garantice su funcionamiento. Los cálculos matemáticos serán aplicados para el diseño de las cuchillas considerando la fuerza de corte, haciendo relación al torque requerido y determinando la potencia del motor a utilizar.

El diseño de la maquina deber permitir la producción de chifles tanto redondos como largos, y para esto se determinará un sistema intercambiable de matrices que permitan la disposición del plátano verde para la elaboración de estos dos tipos de chifles.

Mediante el Software ANSYS se realizará la simulación del sistema de corte y se validará el diseño para finalmente realizar la construcción de la máquina.

Palabras clave: construcción, necesidad, diseño.

Abstract

The titling work Design and construction of a chifles machine for the Héroes de vida foundation, bases its principle on satisfying the need of said foundation in order to obtain resources to continue its operation for the good of society.

For the design of the machine, an analysis will be carried out to determine the most optimal model that is coupled to the foundation's facilities, as well as the preparation of the CAD through the use of SOLIDWORKS and through this software obtain the required plans with the appropriate dimensions. for later construction.

Determine the most suitable materials to be used both for the structure and for the cutting system, since being a machine for the production of food products, it is necessary to base its design on materials that guarantee its operation. The mathematical calculations will be applied for the design of the blades considering the cutting force, relating the required torque and determining the power of the motor to be used.

The design of the machine must allow the production of both round and long chifles, and for this an interchangeable system of dies will be determined that allow the arrangement of the green banana for the elaboration of these two types of chifles.

Using the ANSYS Software, the simulation of the cutting system will be carried out and the design will be validated to finally carry out the construction of the machine.

Keywords: construction, need, desing.

Capítulo I

Generalidades

Antecedentes

La industria ecuatoriana tiene un sector que va en incremento día a día, especialmente en la región costa el chifle se posiciona como uno de los productos más consumidos. El chifle es un producto de fácil elaboración, económico, considerando como un alimento que brinda muchas energías a los consumidores ya que posee gran cantidad de hidratos de carbono, fibras minerales, potasio, calcio y vitamina C.

La producción del chifle en mayor porcentaje es elaborada en locales artesanales los cuales basan su proceso de producción muy sencillo basado en un chuchillo, que permite el corte de los chifles y un sartén con aceite caliente para la cocción de verde, este principio es utilizado en la fundación Héroes de Vida lo cual impide una mayor cantidad de chifle producido y por ende un mayor ingreso económico.

Es por esto que el diseño y construcción de una maquina rebanadora de chifles permitirá acelerar el proceso de producción, facilitando la cocción ya que la maquina arrojará directamente el chifle cortado sobre el aceite caliente.

Planteamiento del Problema

La optimización tanto del tiempo como de la materia prima permite incrementar la eficiencia de un proceso e incrementa la producción y ganancias sobre un producto. Este principio no se ejecuta en la producción de chifles dentro de la fundación Héroes de Vida, ya que su sistema de elaboración no cuenta con un sistema que les permita facilitar los trabajos, la elaboración está basada en el trabajo manual desde quitar la cascara al plátano verde, posteriormente cortar de uno en uno las rebanadas las mismas que no son uniformes en espesor ni tamaño, en el caso de los chifles largos el corte es mucho más imperfecto generando desperdicios. Es por esto que uno de los objetivos de este trabajo es mejorar el

proceso de corte disminuyendo el tiempo de corte, incrementando la cantidad con cortes uniformes y reduciendo los desperdicios.

Justificación e Importancia

La fundación Héroes de Vida es una entidad sin fines de lucro, la misma que basa su sustento en donaciones y en actividades que la misma fundación promueva a través de sus colaboradores, es así que nosotros como estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica y con ayuda de nuestro tutor creemos conveniente el desarrollar un proyecto que permita a la fundación tener un medio sustentable de ingreso económico mediante la producción y venta chifles. Es así que la construcción de la maquina cortadora de plátano verde permitirá la producción de los chifles mediante un sistema de alimentación del banano verde dominico manteniendo el espesor que va entre 1 a 2 mm para cada corte.

La máquina cortadora de plátano verde es un bien necesario para la fundación ya que permitirá una producción rápida y continua de chifles para su posterior comercialización

Objetivos

Objetivo general

Diseñar y construir una maquina cortadora de plátano verde dominico para la fundación Héroes de Vida que permita realizar cortes tanto transversal como longitudinal permitiendo la elaboración de dos tipos de chifles, redondos y largos.

Objetivos específicos

Establecer las especificaciones de la máquina cortadora de plátano verde, así como los sistemas que la conforman.

Diseñar y construir el sistema de abastecimiento (matriz), que permita realizar el corte transversal, así como el longitudinal.

Diseñar y construir el sistema de corte considerando la normativa adecuada para la manipulación de productos alimenticios.

Diseñar y construir la estructura que se adecue a las necesidades tanto del diseño como del lugar en donde se colocara la máquina.

Realizar el ensamble de los diferentes sistemas que componen la máquina y someterlo a pruebas de funcionamiento.

Alcance

El presente trabajo de titulación consta de una investigación bibliográfica de los diferentes tipos de máquinas cortadoras de plátano verde de donde se seleccionará la más adecuada en base a su funcionamiento características y componentes.

Una vez seleccionada el tipo de máquina se procede a realizar el diseño de los siguientes sistemas:

- Sistema de Abastecimiento
- Sistema de Corte
- Sistema de Transmisión de Potencia
- Diseño de la Estructura

Actividades a realizar en cada sistema:

- Diseño conceptual
- Selección de materiales
- Planos de fabricación
- Diseño CAD
- Simulación numérica
- Pruebas de funcionamiento.

Entregables:

- Memoria del proyecto “Diseño y construcción de una máquina cortadora de plátano verde para la fundación Héroes de Vida”
- Máquina cortadora de plátano verde dominico en la fundación Héroes de Vida garantizando su funcionalidad para corte liso transversal y longitudinal

Capítulo II

Marco teórico

En el presente capítulo se presenta la información general sobre la historia del plátano verde en nuestro país, los diferentes tipos, así como la información sobre la industria del chifle, y los diferentes tipos de máquinas destinadas para esta actividad.

Plátano en el Ecuador

El plátano forma parte de la alimentación diaria en un gran porcentaje de las familias ecuatorianas, su cultivo se realiza en las zonas cálidas de nuestro país y es así que existen bananeras en la mayoría de las provincias de la costa y ciertos lugares del oriente. (Perez, 2013)

El Ecuador, es un país agrícola, es decir es un país donde el sector agropecuario es el motor productivo de la economía ecuatoriana. Cuenta con importantes productos agrícolas, y entre ellos uno de los más significativos es el plátano en sus distintas variedades, representando un 32% del comercio en el mundo. Las zonas de mayor producción de plátano son Manabí, Santo Domingo y Los Ríos. El cultivo de plátano tiene una gran importancia para la economía del Ecuador, tanto para el consumo del productor, como de los pobladores; genera fuentes de empleo, ayuda a que el nivel ocupacional de los productores y de su familia mejore. Vale la pena señalar que es preocupante la logística de distribución del plátano debido a que los productores al vender su producto a los intermediarios reciben un precio menor al de los exportadores. (Articles, 2020)

La industria del plátano en el Ecuador es una actividad fundamental en la economía del país ya que con este producto se realizan diferentes platos típicos, la Figura 1 nos muestra cómo se selecciona el mejor plátano para ser exportado.

Figura 1

Preparación y selección del plátano verde para su posterior exportación.



Nota. Tomado de *El plátano ecuatoriano es considerado uno de los mejores del mundo cuyo valor es elevado en los países que importan este producto*, por Armijos, 2022, Portafuticula.com.

Variedades de plátanos existentes en el Ecuador

Banano Cavendish

El Ecuador es el principal exportador de este tipo de banano, para el año 2018 nuestro país exportó 6.5 millones de toneladas según el Ministerio de Comercio Exterior, lo que representó para los ingresos del estado una suma de USD 3.103 millones (Coba, s.f.)

La banana Cavendish Valery, presenta un pseudotallo de color verde con manchas oscuras y alcanza en promedio una altura de 2,10 m y un diámetro en su base de 20 cm. El racimo, a la madurez comercial, tiene 170 dedos con un peso de 180 g por dedo en promedio. A la madurez fisiológica el fruto es de color verde amarillento, de menor longitud que el del "seda" y de ápice romo. (Coba, s.f.)

La Figura 2 nos muestra la forma y como se almacena el banano Cavendish para su distribución

Figura 2

Banano tipo Cavendish ecuatoriano.



Nota. Tomado de *El Ecuador es el principal exportador del banano de tipo Cavendish*, García, 2017, Agraria.com.

Plátano Barraganete

Este Especie no es dulce y contiene un bajo porcentaje de agua en su pulpa (por ellos el fruto es duro) además su cascara es de color verde o café, es uno de los productos más exportado en Ecuador por ser un acompañante de platillos que reemplaza a la papa y es preparado en los hogares hervido al vapor o frito, en ocasiones lo elaborado en tostones, patacones o en chifles. El fruto tiene 23 cm de largo (9 pulgadas) y 4,5 cm de ancho preseleccionado para exportación, y 22 a 44 dedos, una representación de este tipo de banano se puede visualizar en la Figura 3 (Rodriguez, 2022)

Figura 3

Representación gráfica del plátano barraganete



Nota. Tomado de *El plátano barraganete es el de mayor longitud y cantidad de dedos por racimo*, por Rodríguez, 2022, Elconsumidor.com.

Plátano Dominicano

Es una de las especies más pequeñas de los plátanos con una característica de ser amargo cuando se lo consume sin cocinar, pero suave, blando y mantecoso al prepararlo. Este producto es muy consumido por el ecuatoriano en platillos tradicionales como acompañante ya sea patacones para el chicharrón, en sopas y cazuela entre otros. Su fruto tiene 22 a 30 cm de largo y de 2 a 4 cm de ancho con 23 dedos por mano aproximadamente, se adaptan bien en condiciones de la zona alta por encima de los 1500 hasta los 1900 m.s.n.m la Figura 4 muestra como es el plátano dominico. (Soy Campo, 2019)

Figura 4

Plátano verde dominico



Nota. Tomado de *El plátano verde dominico es el más adecuado para la fabricación de chifles.*

Tomado de Martínez, 2019, Soycampo.com.

Plátano maqueño

Este fruto tiende a caracterizarse por ser uno de los más gordos entre su especie, su pulpa es dulce y sus puntas son casi redondas, este tipo de plátano es uno de los más consumidos por el ecuatoriano y exportado. Esta especie tiene de 20 a 25 cm de largo y 2 a 4 cm de ancho su fruta. De intenso color amarillo, textura gruesa y con un sabor levemente dulce, perfecto para todo tipo de recetas. (Revista maxi Online, 2021). El maqueño es un alimento base en la cocina de nuestra Costa y se luce como postre, guarnición o snack. Es una de las variedades más apetecidas entre los plátanos que se cosechan en el país.

El principal aporte del maqueño son los carbohidratos de buena calidad. Comerlo es ideal, ya que proporciona energía al organismo y, además, provee un elevado poder de saciedad. Por otro lado, es rico en diversidad de vitaminas como la A y algunas del grupo B, además de minerales como el potasio y magnesio. Todos estos nutrientes se encargan del desarrollo de diversidad de funciones internas en el cuerpo (Revista maxi Online, 2021)

Figura 5

Representación gráfica de un plátano maqueño



Nota. Tomado de *El plátano maqueño encanta por su versatilidad en la gastronomía ecuatoriana*, por Armijos, 2021, Revista maxi online.

Una vez que nos hemos familiarizado con los diferentes tipos de plátanos existentes en el país, es necesario enfocarnos a los plátanos, ya que estos son los utilizados en la elaboración de chifles.

Nutrición y beneficios del plátano verde

Es una fuente de carbohidratos complejos, que le aportan energía y saciedad al organismo. También contiene fibra, que favorece al sistema digestivo, magnesio, calcio y potasio, que le ayudan a contrarrestar la hipertensión, favorecen su sistema óseo y cuidan al sistema nervioso. Su alto contenido de vitaminas A, B6 y B9 intervienen en el correcto funcionamiento del sistema inmunológico. (Garcia, 2022)

Además, los plátanos verdes son una extraordinaria opción para controlar los niveles de azúcar ya que contienen un menor porcentaje que los plátanos maduros. También disminuye su aporte en almidón, que conforme va madurando más normalmente se convierte en sacarosa, glucosa y fructosa (azúcares simples). (Garcia, 2022)

Se destaca por ser una fruta con un gran contenido en hidratos de carbono, que brindan energía de calidad para el organismo.

Es un alimento que se destaca por su alto contenido en fibra, potasio, magnesio, vitamina C y ácido fólico en forma de betacarotenos. Pero, más allá de su rico sabor, hay razones medicinales para consumir plátano verde que te mostramos a continuación:

Una de las grandes cualidades de los plátanos verdes se encuentra en su extraordinario aporte en potasio, el cual resulta indispensable para controlar los altos niveles de presión arterial. A la vez esto beneficia el funcionamiento del sistema cardiovascular, de tal manera que se previenen infartos y accidentes cerebrovasculares. (Garcia, 2022)

El destacado aporte en potasio de los plátanos verdes también es un gran aliado de todo el funcionamiento muscular, su riqueza mineral interviene en diversas reacciones químicas como es el caso de la contracción muscular, la síntesis de los músculos y la permeabilidad de las membranas. El organismo necesita del potasio para prevenir complicaciones como es el caso de la debilidad muscular, los calambres, los trastornos neuromusculares, la hipotensión y taquicardias. (Garcia, 2022)

Una de las grandes cualidades del consumo de plátanos verdes se encuentra en su capacidad de regular y mejorar el tránsito intestinal, esto se debe a su contenido en almidones e hidratos de carbono. Son un buen alimento para la recuperación de diarreas y deshidratación; también se destacan por ser un alimento que contiene inulina que se destaca por sus grandes beneficios sobre el tránsito intestinal. (Garcia, 2022)

Los plátanos verdes contienen altos niveles de vitamina B6 que resulta indispensable para mantener las funciones neurológicas normales, también resultan un buen aliado para mantener estables los niveles de azúcar en la sangre, interviene en la producción de hemoglobina y descompone las proteínas, con el fin de producir anticuerpos. (Garcia, 2022)

Su aporte en fibra dietética y almidones brinda una buena sensación de saciedad que interviene de manera positiva en la pérdida de peso, evita los antojos y comer de más. A la vez los plátanos verdes son la mejor opción para aquellas personas que quieran perder peso, esto se debe a su menor aporte en azúcares. (Garcia, 2022)

Los plátanos verdes son un alimento ideal para brindar buenos niveles de energía al organismo, consumir uno al inicio del día es ayuda a mejorar el rendimiento físico y mental, también son buenos para el consumo de atletas y deportistas. (Garcia, 2022), La fibra es especialmente importante porque promueve la regularidad intestinal. La fibra suaviza las heces y aumenta su tamaño y peso. Las heces voluminosas son mucho más fáciles de pasar y, por lo tanto, evitan el estreñimiento. (Garcia, 2022)

Los chips (Chifles)

Los chips o chifles se elaboran con plátano verde, también se los suele conocer como platanitos, plata nutres, o mariquitas en otros países latinos, los chifles suelen ser utilizados como un acompañante para sopas, ceviches entre otros.

Figura 6

Porción de chifles largos



Nota. Tomado de *El chifle en su presentación alargada es utilizado como un acompañante en la comida*, por Pujor, 2021, lchif.com.

Plátano que se utiliza en la elaboración de Chifles.

Pese a la gran variedad de especies de banano y productos derivados que se obtiene del fruto las industrias alimenticias utilizan el plátano barraganete verde (*Musa Paradisiaca*) en la elaboración de hojuelas, debido a su gran tamaño, poca azúcar y su alto porcentaje de almidón dotándola como una de las especies para la preparación de este bocadillo tan peculiar que es expandida y consumida nacional e internacionalmente. (Perez, 2013)

Características de elaboración del producto (Chifles de plátano).

Las hojuelas de plátano son conocidas de diferentes maneras por el hombre como platanitos, banana chips o chifles, dependiendo de la preparación, presentación y sabor (salado o dulce). Los chips de plátano son rodajas del fruto freídas en aceite a altas temperaturas entre 160 a 170°C que luego de su cocción este se enfría para su consumo. El proceso de elaboración del bocadillo es realizado mediante un rebanador que lo corta en rodajas de 1,2 mm aproximadamente para la preparación del platillo, otros autores asumen que el rebanado es de 1,5 mm. (Perez, 2013)

Métodos del pelado del plátano

Para elaborar los chifles es necesario en primer lugar pelarlos, este pelado consiste en retirar la cascara exterior que el plátano tiene, en los hogares este proceso se realiza de forma manual, sin embargo, ya en la industria se debe tener métodos que permitan acelerar este proceso ya que la alta producción no permite que el pelado sea manual.

- Pelado Manual:

Se lo realiza con la ayuda de un cuchillo cortando los extremos y posteriormente se realiza un corte no tan profundo a lo largo del plátano y se procede a retirar la cascara.

- Calor:

Se realiza bañando el fruto en agua caliente o vapor a (95°C) por un lapso de tiempo de 2 a 3 minutos para que se facilite la separación de la cascara del fruto, finalmente se procede a remover la cascara manualmente.

Métodos de rebanado de plátano para chifles que se presenta en nuestro medio.

El rebanado de los plátanos verdes es sumamente importante para que el producto final sea de calidad, este proceso en un inicio se lo ha realizado de manera manual sin embargo para una producción industrial este método no es recomendable ya que por más experiencia que se tenga los cortes no serán uniformes en el espesor y esto al momento de la fritura hará que los cortes delgados se quemen y que los cortes gruesos queden crudos. Por esta razón las industrias necesitan de maquinaria que ayuden con este proceso como se puede evidenciar en la Figura 7

Figura 7

Representación del corte industrial de plátano verde



Nota. Tomado de El chifle en su presentación alargada es utilizado como un acompañante en la comida, por Pujor, 2021, lchif.com.

Temperatura adecuada de elaboración.

La temperatura es un factor que depende la calidad del producto, este debe estar entre 160 a 170°C. Si es muy baja, las hojuelas no se freirían, sino que se cocinarían o sancocharan, provocando que absorban aceite en su parte interna, ocasionando que las hojuelas no sean crujientes. (La vanguardia, 2016)

Tipos de chifle

En la industria del chifle pese a la variedad de vegetales (yuca, camote, zanahoria, papa, plátano, etc.) que son usados para realizar este producto existen dos formas más conocidas por los consumidores.

• Chifles redondos:

Estos chifles se obtienen al realizar un corte transversal a los plátanos verdes, es necesario que los cortes tengan un espesor lo más constante posible para que de esta manera al momento de freír obtengamos un producto adecuado. La Figura 8 muestra como son este tipo de chifle.

Figura 8

Chifles redondos ya preparados



Nota. Tomado de *El chifle en su presentación alargada es utilizado como un acompañante en la comida*, por Pujor, 2021, Ichif.com.

- **Chifles largos:**

EL chifle largo al contrario del anterior se prepara cortando el plátano verde a todo lo largo que este nos dé, como un promedio de medida se tiene entre 15 y 20 cm, su corte es más complicado de obtenerlo constante ya que por la forma física del plátano no todas las tiras resultan iguales la Figura 9 nos muestra como son los chifles largos.

Figura 9

Chifle con corte longitudinal ya frito



Nota. Tomado de *El chifle en su presentación alargada es utilizado como un acompañante en la comida*, por Pazos, 2002, Ichif.com.

Producción de chifles en Ecuador

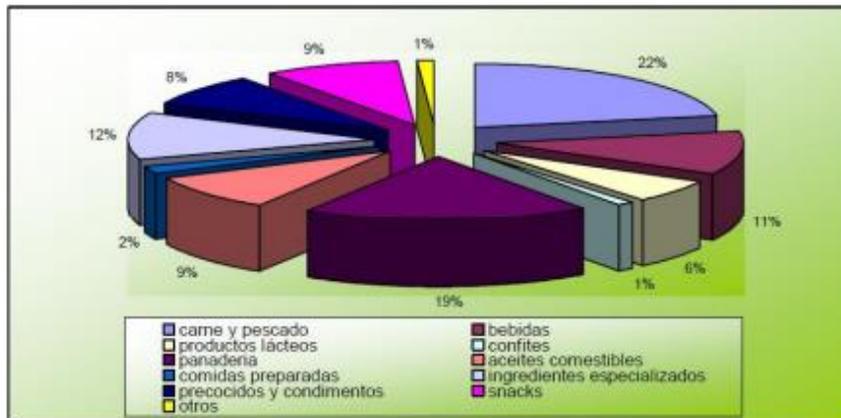
En el Ecuador actualmente una parte de la producción del banano es de consumo interno, la que es utilizada para la producción de diferentes productos derivados también conocidos como productos no tradicionales, entre ellos esta los chifles de plátano que es un

snack a mediano plazo proyectado situarse entre los snacks en general como un producto de calidad y de preferencia del consumidor. (Tacuri, 2022)

Cabe señalar que el país el subsector de snack se encuentra entre los principales del sector de alimentos procesados, aunque solo obtenga una participación de 9% del total, como lo señala la Figura 10 pero es un sector que cuenta con gran acogida en el mercado ecuatoriano. (Tacuri, 2022)

Figura 10

Análisis de mercado sobre productos vendidos en Ecuador



Nota. Tomado de *Los snacks representan el 9% de los alimentos procesados en el Ecuador*, por Tacuri, 2022. Recimundo.com

La producción de plátano es una de las fortalezas de la agricultura manabita. Su desarrollo ha generado la presencia de empresas que exportan uno de su derivado, el chifle, a los Estados Unidos, Venezuela, Colombia, Perú, Chile y ocasionalmente a España.

De acuerdo (Tacuri, 2022) nos dice como producto de relevante importancia que se deriva del plátano, entre los más producidos por los emprendimientos comunales se encuentra el chifle, que se caracteriza por su consumo por parte de la población, tanto como un snack o por ser parte complementaria de algunos platos tradicionales de la comida ecuatoriana, en

cuanto a su consumo a nivel de América Latina está muy arraigado a la tradición culinaria, mientras que para el resto del mundo es un snack novedoso y por su buen sabor está teniendo mayor consumo, en relación a otros alimentos de este tipo. Los chifles de plátano sin duda alguna son los más producidos para consumo local e internacional debido a que es un producto emblemático en la cultura ecuatoriana sobre todo en la región costa. (Tacuri, 2022)

Tipos Cortadoras de plátano verde

Cortador de Eje Vertical

Este tipo de cortador de plátanos consta de un motor que se encuentra sujeto a la estructura de forma vertical; es por esta característica que se llama cortador de eje vertical. En la Figura 11 se puede apreciar la disposición de este tipo de máquina. (Vulcano TEC, 2021)

Figura 11

Maquina cortadora de plátanos de eje vertical



Nota. Tomado de *La cortadora de plátanos con eje vertical presenta una disposición más sencilla para manipularla*, por Morales, 2021, Vulcano TEC.

Este tipo de maquina representa un menor costo en su construcción ya que su armadura es más sencilla su diseño también es más fácil de realizarlo, no requiere un motor reductor de velocidad sino solo un sistema de poleas, los materiales para su construcción existen en el mercado nacional a muy buenos costos y sobre todo su disposición permite que el operario lo haga sin complicaciones.

De seguro que al momento de instalar el motor en la parte superior la altura de la maquina también debe aumentar, por lo mismo está sujeta a vibraciones un poco más fuertes que una máquina de eje horizontal, con respecto al montaje y desmontaje del motor si presenta inconvenientes sin embargo se puede realizar el mantenimiento sin problema.. (Vulcano TEC, 2021)

Figura 12

Máquina cortadora de chifles eje horizontal



Nota. Tomado de La cortadora de plátanos con eje vertical presenta una disposición más sencilla para manipularla, por Morales, 2021, Vulcano TEC.

Las ventajas y desventajas de esta disposición de maquina son muy similares a la máquina de eje vertical, sin embargo, el diseño de la estructura, así como el sistema de abastecimiento de los plátanos es más complicado de realizar, y los costos de fabricación se incrementan.

Determinación del tipo de maquina a diseñar y construir

El proyecto diseño y construcción de una máquina cortadora de plátano verde dominico, se enfoca en diseñar y construir una máquina que facilite el corte de rebanadas de plátano verde pelado dominico para la realización de chifles y posteriormente su comercialización, por esta razón y considerando que el espacio físico y la cocina con la que se dispone el la fundación Héroes de Vida, la disposición más adecuada para solventar esta necesidad es la máquina de cortadora de plátano verde con eje vertical.

Materiales y la industria alimenticia.

La tecnología.

Es el conjunto de erudiciones que conllevan a un arte industrial frente a la creación de aparatos o procesos para producirlos, teniendo en cuenta que la tecnología se va desarrollando sin la intervención de la ciencia. A través de la historia el hombre fue progresando, creando objetos y mecanismos que le ayuden a realizar trabajos que no podían realizarlos simplemente con las manos, lo que los llevo a la elaboración de herramientas y máquinas que realicen distintas operaciones como perforar, cortar, pulir, fresar, torneear, entre otras funciones. (Montajes y soluciones de ingeniería, 2020)

Materiales para la fabricación de máquinas destinado al procesado de alimentos.

Para la fabricación de una máquina destinada a la elaboración o procesado de alimentos existen diversos factores y normas (FDA) que se consideran previos a la selección de materiales y componentes que conforman un equipo que procese insumos de consumo humano. Algunos mecanismos están en contacto con ellos y estos no deben alterar las

propiedades y características ni mucho menos desprender sustancias o partículas que alteren el producto a elaborar. Entre los materiales más utilizados en la industria se tiene al acero inoxidable, aluminio, sintéticos y elastómeros. (Montajes y soluciones de ingeniería, 2020)

Acero inoxidable.

El acero inoxidable es un material resistente a la corrosión (soporta diferentes ambientes) y se debe a su alto contenido de cromo ($\text{Cr} \geq 12\%$) en el acero, esta forma una capa protectora de óxido en la aleación hierro- cromo para protegerse de los agentes oxidantes, usualmente se conoce cuatro tipos de aceros de esta clase como es el: Ferrítico, martensítico, austenítico y endurecido por precipitación. (Montajes y soluciones de ingeniería, 2020)

Norma aplicada para la elaboración del proyecto

Normas ISO 22000

La norma ISO 22000 es la norma internacional de sistemas de gestión de seguridad alimentaria que especifica los requisitos que se deben cumplir en la totalidad de la cadena de suministros de alimentos, para asegurar que lleguen en perfecto estado al consumidor. (ISOtools, 2015)

La ISO 22000 se crea con el objetivo básico de garantizar la seguridad alimentaria. De forma paralela, se mejora la protección del consumidor y se fortalece su confianza. Así mismo, se establecen requisitos y parámetros de gestión eficaces y se mejora el rendimiento de los costos a largo plazo de la cadena alimentaria. (ISOtools, 2015)

La obtención por parte de una empresa de esta norma demuestra públicamente su compromiso por un tema tan sensible para la sociedad y la opinión pública como es el de la seguridad alimentaria, colocando a la organización en situación de ventaja a la hora de ser seleccionada como proveedor. (ISOtools, 2015)

Es una certificación basada en una serie de buenas prácticas que se sitúan en la vanguardia en cuanto a manipulación de alimentos, sistemas de gestión integrados y aumento de la comunicación interactiva entre las partes implicadas. (ISOtools, 2015)

Entre los objetivos que se persiguen con esta norma podemos destacar: reforzar la seguridad alimentaria, fomentar la cooperación entre las industrias agroalimentarias, los gobiernos nacionales y organismos transnacionales, asegurar la protección del consumidor y fortalecer su confianza, establecer requisitos de referencia o elementos claves para los sistemas de seguridad alimentaria y mejorar el rendimiento de los costos a lo largo de la cadena de suministro alimentaria. (ISOtools, 2015)

Estructura de un Sistema de Gestión e Inocuidad Alimentaria (SGIA) basada en la Norma ISO 22000:2005

Esta estructura permite el establecimiento e implementación de procedimientos estándares de los requisitos señalados por la norma, en este caso en específico se realiza por medio de la norma internacional ISO 22000:2005. Esta norma, está dividida en las siguientes partes: (ISOtools, 2015)

- ISO 22000: Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria
- ISO/TS 22003: Requisitos para las Entidades de Certificación
- ISO/TS 22004: Guía para la aplicación de la Norma ISO 22000
- ISO 22005: Trazabilidad en la cadena de alimentación humana y animal.

Principios generales y guía para su diseño y desarrollo

Rte inen 022

Además de los requisitos que exige el RTE INEN 022, hay que tener en cuenta las exigencias de las Normas Técnicas 1334-1 y 1334-2 sobre “Rotulado de productos alimenticios para consumo humano” en las que se establece, entre otras cosas, que el nombre (que debe indicar la verdadera naturaleza del alimento) y el contenido neto del alimento deben aparecer en un lugar prominente y en la cara principal de exposición. Las normas técnicas que aplica para algunos tipos de alimentos son: (INEN, 2017).

Capítulo III

Diseño de elementos y sistemas

Fuerza de corte

La fuerza de corte varia para cada material ya que es considerada como la resistencia que esté presente a la herramienta con la cual se realiza el corte, para nuestro caso específico se realizó un ensayo en tres diferentes plátanos verdes como se evidencia en la Figura 13

Figura 13

Elementos de ensayo a cortante doble

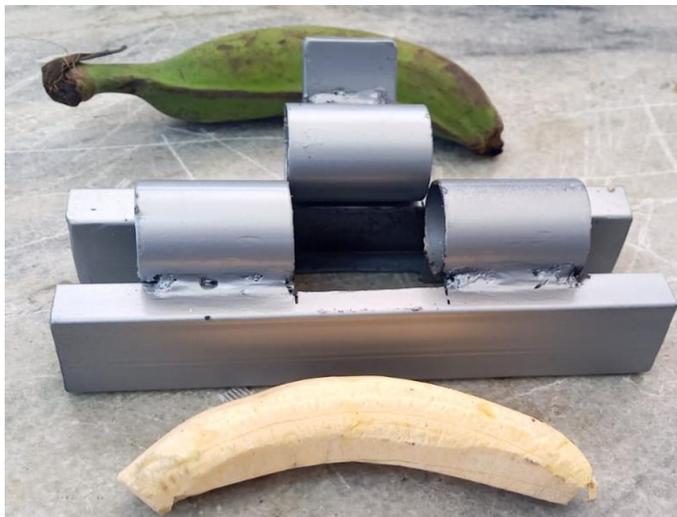


Nota. Tomado de Realización de ensayo a doble cortante para determinar la fuerza necesaria para cortar un plátano, por Morales, 2021, Vulcano TEC.

El diámetro como la longitud de cada plátano es variado, por lo cual se elaboró una matriz que permita en lo posible mantener un diámetro constante, el diámetro utilizado es de 36 mm, que es un valor tomado como promedio de la muestra de los 3 chifles.

Figura 14

Matriz realizada para el ensayo



Nota. Tomado de *Diseño de la matriz realizada para someter al plátano a la fuerza de corte*, por Morales, 2021, Vulcano TEC.

El ensayo realizado en los 3 plátanos verdes tiene el siguiente proceso

Figura 15

Máquina de ensayo a cortante



- Se aplica la carga y se determina el valor con el cual el plátano se corta.

Figura 16

Evidencia del corte del plátano



Los valores obtenidos en los 3 ensayos se muestran en la tabla 1

Tabla 1

Tabulación de datos obtenidos en el ensayo

# Ensayo	Valor (N) $F_{C_{plátano}}$	Grafico	Visualización
Ensayo 1	24.6		

# Ensayo	Valor (N) $F_{C_{platano}}$	Grafico	Visualización
Ensayo 2	26.1		
Ensayo 3	29.0		

De los tres valores obtenidos en el ensayo realizado, se determina utilizar el valor más crítico considerando siempre un factor de seguridad amplio que permita el funcionamiento adecuado de la máquina. Por lo tanto, el valor a utilizar a partir de aquí en los cálculos posteriores es de:

$$F_{C_{platano}} = 29N$$

Esfuerzo cortante

Para determinar el esfuerzo cortante es necesario determinar el área de corte de la sección del chifle, tanto para el chifle redondo como para el chifle largo, determinando dos fuerzas de corte máximas y para continuar con los cálculos utilizaremos del mayor valor.

Análisis para la primera disposición (Chifle redondo)

Sabiendo que el diámetro promedio del plátano verde es de 36 mm, el mismo que fue determinado de un valor promedio para los plátanos.

Figura 17

Diámetro del plátano seleccionado para el diseño



$$A_c = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (1)$$

$$A_c = \frac{\pi * (0.036m)^2}{4} = 0.0010m^2$$

El esfuerzo cortante se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\tau_c = \frac{F_{cp}}{A_c} \quad (2)$$

Como el ensayo realizado fue a doble cortante es necesario dividir el esfuerzo cortante para dos veces el área.

$$\tau_{c1} = \frac{29 \text{ N}}{2 * 0.0010 \text{ m}^2}$$

$$\tau_{c1} = 14500 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

La fuerza de corte para los 4 plátanos colocados en la matriz se determina de la siguiente manera.

$F_{c4} \Rightarrow$ fuerza de corte para 4 platanos verdes

$$F_{c4} = 4 * A_c * \tau_{c1}$$

(3)

$$F_{c4} = 4 * 0.0010 \text{ m}^2 * 14500 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

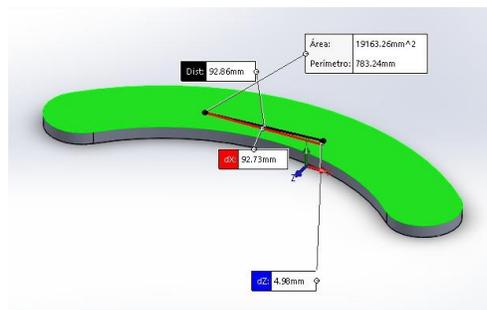
$$F_{c4} = 58 \text{ N}$$

Análisis para la segunda disposición (Chifle largo)

Para poder determinar el área de esta disposición no ayudamos del CAD como nos muestra la Figura 18

Figura 18

Cálculo del área para la disposición 2 chifle alargado



El esfuerzo cortante se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\tau_c = \frac{F_{cp}}{A_c}$$

Como el ensayo realizado fue a doble cortante es necesario dividir el esfuerzo cortante para dos veces el área.

$$\tau_{c2} = \frac{F_{cp}}{2 * A_{c2}}$$

$$\tau_{c2} = \frac{29 \text{ N}}{2 * 0.019 \text{ m}^2}$$

$$\tau_{c2} = 763.15 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

La fuerza de corte en esta disposición es solo para un plátano ya que al ser colocado longitudinalmente solo cabe uno en la matriz por lo tanto tenemos:

$$F_c = A_{c2} * \tau_{c2} \quad (4)$$

$$F_c = 0.019 \text{ m}^2 * 763.15 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$F_c = 13.9 \text{ N}$$

Una vez determinadas las dos fuerzas de corte máximas tanto para la disposición en sentido vertical donde ingresan 4 plátanos en la matriz y la disposición 2 donde solo se puede colocar 1 plátano.

Torque requerido

El cálculo del torque es necesario para posteriormente determinar la capacidad del motor a colocar, como también el eje de transmisión que va colocado al disco porta cuchillas. El cálculo del torque parte de la fuerza de corte para los 4 plátanos antes calculada, y el diámetro (D_1) entre el eje y el ultimo plátano colocado en la matriz. El sistema de transmisión de potencia

se realizará mediante el uso de bandas para lo cual se utiliza la siguiente ecuación para determinar el torque

$$F_{c4} = \frac{T}{D_1/2} \quad (5)$$

Revoluciones por minuto requeridas para la rotación cuchillas

El análisis de rotación del sistema de corte parte de la capacidad de producción por hora requerida C_{pH} por la fundación, la cual tiene un valor de 25 kg/h.

Tabla 2

Ficha técnica para plátano dominico

Ficha técnica	
Producto Específico:	Plátano para cocer variedad dominica
Descripción:	El plátano dominico adquirió ese nombre en relación a quien se cree que lo introdujo a América. Fue un fraile de la orden de Santo Domingo.
usos:	El dominico es el preferido de la cocina. Se lo fríe para hacer chifles o se emplea para elaborarlas empanadas de verde, porque tiene las condiciones de suavidad.
Magnitud:	Peso
Unidad de Medida:	Gramos
Presentación Comercial:	Se lo comercia liza por racimos o unidades
PROPIEDADES ESPECÍFICAS	
Clima:	Se cultiva en altiplanicies centrales de clima cálido húmedo
Tipo de Propagación:	La multiplicación es asexual, se realiza casi exclusivamente por vástagos.

Nota. Tomado de *Medición del del peso y la longitud promedio del plátano*, por Instituto

Ecuatoriano, 2022, INEC.

Mediante la medición del diámetro de un plátano verde se realizó la matriz para realizar el ensayo de la fuerza requerida, la misma que tiene un valor de diámetro = 36 mm, para la longitud y peso tomamos el promedio de los valores mostrados anteriormente:

$$m = 0.175 \text{ kg}$$

$$l = 0.26 \text{ m}$$

La capacidad de producción por hora C_{pH} vendría dado por la ecuación:

$$C_{pH} = \frac{\# \text{ platanos verdes}}{1 \text{ Hora}} \quad (6)$$

$$\# \text{ platanos verdes por hora} = 25 \frac{\text{kg}}{\text{H}} * \frac{1 \text{ platano verde dominico}}{0.175 \text{kg}} * 1 \text{ Hora}$$

$$\# \text{ platanos verdes por hora} = 143 \text{ platanos}$$

Tomando en cuenta que la longitud promedio del plátano es de 260 mm y que la configuración del corte para cada chifle es de 1.5 mm de espesor, en nuestra base de alimentación ingresan 4 plátanos a la vez, dando como resultado que una cuchilla realizara 4 cortes por cada giro.

Cada plátano a lo largo produce 173 cortes y si multiplicamos por los 4 plátanos se tiene que en total se realizan 693 cortes.

El número de revoluciones por minuto que las cuchillas deben mantener se determina mediante el siguiente calculo:

$$n = 143 \frac{\text{platanos}}{\text{hora}} * 693 \frac{\text{cortes}}{\text{platanos}} \quad (7)$$

$$* \frac{1 \text{ rev}}{4 \text{ cortes}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}}$$

$$n = 412.9 \text{ rpm}$$

Cálculo de potencia y Selección del motor

Conociendo el torque y el número de revoluciones procedemos a calcular la Potencia del motor a utilizar.

$$P = T * \omega \quad (8)$$

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

$$P = 10.44 \text{ Nm} * \frac{2 * \pi * 412.9 \text{ rpm}}{60}$$

$$P = 451 \text{ W} = 0.45 \text{ KW}$$

Para la selección del motor es necesario tener la potencia requerida en HP, conociendo que 1HP equivale a 0.745 KW.

$$P = 0.45 \text{ KW} = 0.6 \text{ HP}$$

Se selecciona un motor con una potencia de 0.5HP debido a que por costos económicos y considerando que no la maquina no estará sometida a grandes cargas optamos por esta decisión.

Figura 19

Motor adquirido para la construcción de la maquina

***Selección y características del motor***

La selección del motor una vez conocida la potencia requerida para el rebanado de chifles se utilizó el catálogo latinoamericano de la marca WEG, para seleccionar el motor apropiado y se realizó la compra las características de motor se visualiza en la Tabla 3 obtenida del catálogo.

Figura 20

Características del motor Weg de 0.5 HP

W22 Monofásico - Con condensador permanente - 60 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (kgfm)	Corriente con rotor trabado I _I /I _n	Par con rotor trabado TVTn	Par Máximo Tb/Tn	Momento de Inercia J (kgm ²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)	Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	RPM	% de la potencia nominal						Corriente nominal I _n (A)	
kW	HP											Rendimiento			Factor de potencia			220 V	440 V
												50	75	100	50	75	100		
II Polos																			
0,09	0,12	63	0,025	4,8	0,60	3,1	0,0002	11	9,0	50	3500	30,2	39,9	47,0	0,87	0,89	0,93	0,936	0,468
0,12	0,16	63	0,033	4,7	0,65	3,1	0,0002	9	9,3	50	3505	31,4	41,5	49,2	0,93	0,94	0,96	1,15	0,575
0,18	0,25	63	0,050	4,9	0,50	3,0	0,0002	6	9,6	50	3505	37,5	48,2	55,6	0,76	0,84	0,88	1,67	0,835
0,25	0,33	63	0,070	4,4	0,50	2,5	0,0002	6	9,8	50	3400	42,2	53,1	60,2	0,91	0,92	0,95	1,99	0,935
0,37	0,5	71	0,106	4,0	0,55	2,25	0,0005	14	10,8	60	3415	45,5	55,6	61,3	0,94	0,96	0,99	2,74	1,37
0,55	0,75	71	0,157	4,2	0,45	2,2	0,0006	11	11,8	60	3410	53,6	62,8	67,2	0,94	0,97	0,99	3,76	1,88
0,75	1	80	0,212	4,1	0,45	2,1	0,0009	18	16,4	65	3450	59,4	68,8	73,2	0,96	0,98	0,99	4,70	2,35
1,1	1,5	90S	0,310	5,2	0,30	2,2	0,0022	8	24,0	69	3455	70,0	77,0	79,2	0,94	0,96	0,97	6,51	3,26
1,5	2	90L	0,428	5,2	0,30	2,15	0,0023	13	26,5	69	3410	76,7	81,3	81,9	0,95	0,97	0,97	8,58	4,29
2,2	3	90L	0,623	6,0	0,45	2,3	0,0027	6	28,0	69	3440	73,0	79,0	81,5	0,97	0,98	0,99	12,4	6,20
Carcasas opcionales																			
0,75	1	71	0,216	3,9	0,6	2,1	0,0006	6	11,8	60	3385	54,0	63,7	68,6	0,94	0,96	0,99	5,02	2,51
IV Polos																			
0,09	0,12	63	0,051	3,7	0,90	2,7	0,0006	41	9,0	47	1720	30,2	40,4	47,7	0,86	0,90	0,93	0,922	0,461
0,12	0,16	63	0,069	3,3	0,65	2,0	0,0006	29	9,0	47	1690	35,3	45,5	52,3	0,84	0,89	0,93	1,12	0,560
0,18	0,25	63*	0,104	3,6	0,75	2,2	0,0007	19	9,5	47	1690	35,7	46,3	53,5	0,87	0,92	0,95	1,61	0,805
0,25	0,33	71	0,142	3,2	0,65	2,0	0,0008	15	11,4	55	1720	39,0	50,0	58,0	0,94	0,96	0,97	2,02	1,01
0,37	0,5	71	0,212	3,5	0,70	1,8	0,0009	28	11,4	55	1700	51,0	62,0	68,0	0,89	0,93	0,95	2,61	1,31
0,55	0,75	80	0,313	3,9	0,40	1,9	0,0029	12	16,5	55	1710	54,2	63,4	67,4	0,95	0,93	0,96	3,86	1,93
0,75	1	80	0,430	3,7	0,45	1,9	0,0029	11	16,8	55	1700	57,1	66,4	70,3	0,92	0,94	0,97	5,00	2,50
1,1	1,5	90S	0,630	4,8	0,45	2,05	0,0055	20	24,8	58	1700	64,3	72,1	75,1	0,97	0,98	0,98	6,79	3,40
1,5	2	90L	0,864	4,4	0,45	1,9	0,0066	17	27,7	58	1690	66,2	73,8	76,2	0,99	0,99	0,99	9,04	4,52
Carcasas opcionales																			
0,25	0,33	63	0,148	3,4	0,60	1,8	0,0007	31	10,2	47	1650	49,7	59,6	64,5	0,86	0,91	0,94	1,87	0,935
0,37	0,5	80	0,208	4,2	0,55	2,25	0,0025	10	15,8	55	1730	45,4	56,3	62,7	0,93	0,95	0,97	2,77	1,39
0,55	0,75	71*	0,321	3,7	0,45	1,7	0,0009	22	12,2	55	1670	51,5	63,0	69,1	0,90	0,94	0,96	3,77	1,89

Nota. Tomado de Motor marca Weg con una potencia de 0.5HP, por Weg, 2021, MotorID.com

Relación de transmisión de poleas y bandas

El mecanismo de poleas y correa se compone de dos poleas unidas por medio de una correa y se emplea para transmitir la rotación entre dos ejes alejados entre sí.

Al adherirse la correa a las poleas, las cuales van rígidamente montadas al eje motor y eje conducido, se transmite el movimiento por fricción, es decir, por efecto del rozamiento existente entre poleas y correa.

La correa de transmisión suele ser una cinta de cuero o caucho o cualquier otro material flexible y resistente, que permita la transmisión del movimiento entre ambas poleas. La correa debe mantenerse lo suficientemente tensa para que el movimiento se transmita sin deslizamientos. La correa puede ser plana, trapecial, o dentada.

La relación de transmisión representada por la letra i es el cociente entre la velocidad angular de salida, es decir de la polea conducida ω_2 y la de entrada polea motriz ω_1 , coincide con el cociente entre el diámetro de la polea conductora d_1 y el de la polea conducida d_2

$$i = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{d_1}{d_2} \quad (9)$$

Utilizando una relación de transmisión de 8 a 1 en nuestras poleas y conociendo la velocidad angular que el motor nos entrega, procedemos a determinar la velocidad angular de salida con la cual calcularemos el diámetro del eje.

$$8 = \frac{1720 * \frac{2\pi}{60}}{\omega_1}$$

$$\omega_1 = 22.5 \frac{rad}{s}$$

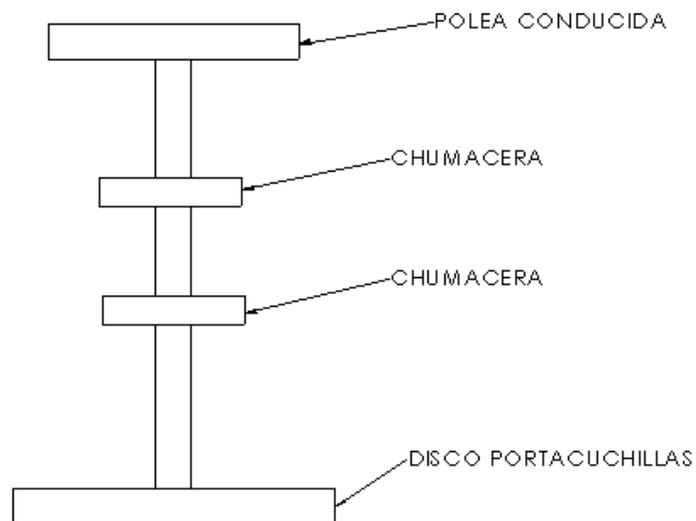
Diseño del sistema de transmisión de potencia

Diseño del eje

Al realizar el análisis de fuerzas en el eje debemos realizar un esquema de todos los elementos que interactúan con el eje, el esquema donde se muestra los diferentes elementos está representado en la figura 20.

Figura 21

Sistema de transmisión de potencia



Una vez realizado el esquema de todos los elementos que están en contacto con el eje vamos a definir las fuerzas que actúan sobre el eje:

Conexión motora – eje

A esta Fuerza la vamos a definir como F_D la cual va a ser la Fuerza de flexión producida por la tensión de las bandas, entonces:

$$P_{Motor} = T_D * \omega \quad (10)$$

$$T_D = \frac{P_{Motor}}{\omega} = \frac{372.85}{22.5} = 16.56 \text{ Nm}$$

Ahora debemos definir la Fuerza Neta en el punto D, F_{ND} mediante la siguiente Ecuación:

$$F_{ND} = \frac{T}{\frac{D_{polea\ conducida}}{2}} = \frac{2T_D}{D_{polea\ conducida}} = \frac{2(16.56)}{0.2032} = 163 \text{ N}$$

Ahora mediante la siguiente ecuación la cual nos relaciona la Fuerza neta de una polea con bandas en V y su fuerza de flexión producida por las bandas es:

$$F_D = 1.5F_{ND} \quad (11)$$

$$F_D = 1.5(163) = 244.5 \text{ N}$$

Conexión Porta cuchillas – eje

En el extremo A de nuestro eje se va a producir un momento flexionante cuya magnitud es igual al peso de los verdes multiplicado por el radio del disco porta cuchillas.

Entonces debemos definir el peso máximo de carga que va a tener la matriz de abastecimiento que va a ser de 4 verdes.

$$W_{verde} = 4m_{verde} * g \quad (12)$$

$$W_{verde} = 4(0.125)9.8 = 4.9 \text{ N}$$

Ahora vamos a calcular el momento flexionante sabiendo que el diámetro del disco porta cuchillas es de 0.31 m.

$$M_{flexionante} = W_{verde} * R_{portacuchillas} \quad (13)$$

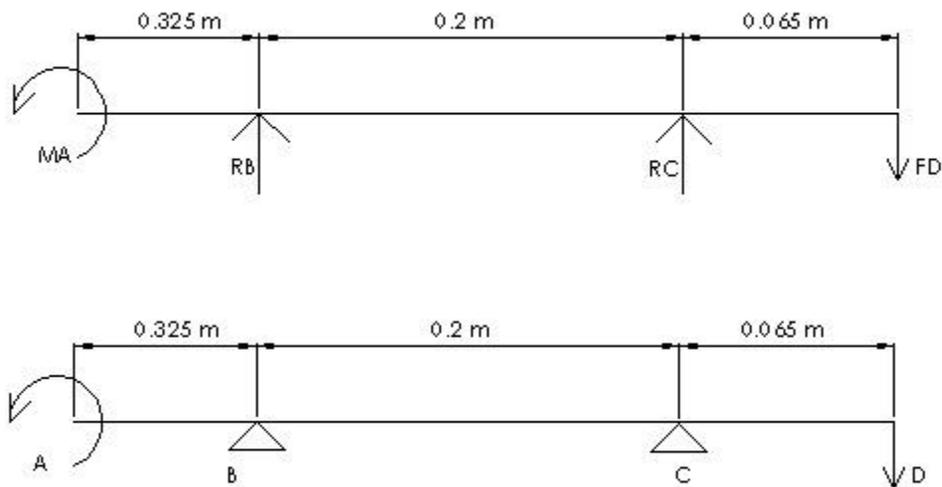
$$M_{flexionante} = 4.9 \left(\frac{0.31}{2} \right) = 0.7595 Nm$$

Diagramas de Fuerza cortante y momento flector

Una vez que ya definimos las fuerzas y los momentos que actúan sobre el eje realizamos el siguiente esquema representado por la figura 20 en donde se muestra las fuerzas reacciones en los apoyos y momentos que actúan sobre el eje.

Figura 22

Representación de fuerzas y dimensiones



Entonces necesitamos conocer los valores de las reacciones en las chumaceras, y haremos sumatoria de fuerzas en x y la sumatoria de momentos en A.

$$\sum F_x = 0 \quad (14)$$

$$-R_B + R_C = 244.5$$

$$\sum M_A = 0 \quad (15)$$

$$M_{flexionante} - R_B(0.325) + R_C(0.525) - 244.5(0.590) = 0$$

$$-0.325R_B + 0.525R_C = 143.4955$$

Resolviendo las Ecuaciones tenemos el valor de las reacciones:

$$R_B = 0.75665 \text{ N}$$

$$R_C = 320.165 \text{ N}$$

Ya con estos valores vamos a elaborar los diagramas de fuerza cortante y momento flector

Figura 23

Diagrama de fuerza cortante

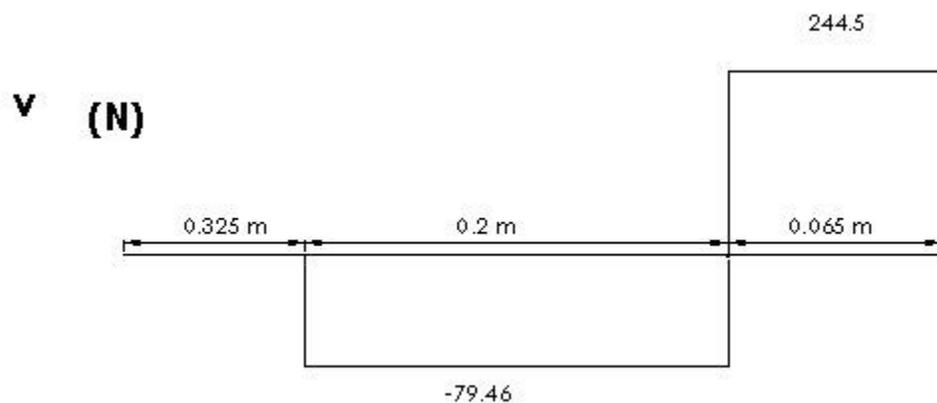
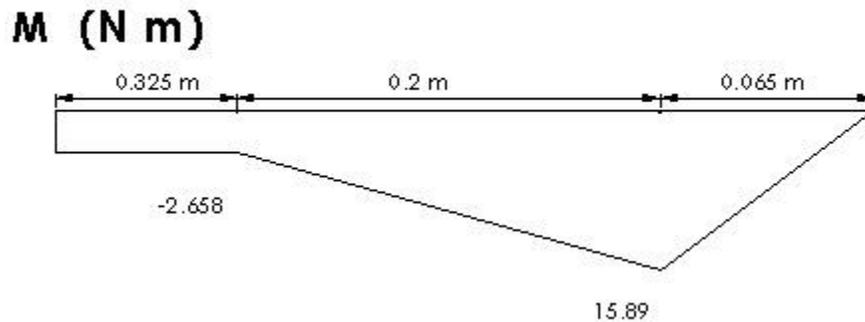


Figura 24

Diagrama momento flector



Entonces vamos a tener como momento máximo en el punto C.

$$M_{max} = 15.89\ Nm = 15890\ Nmm$$

Y del diagrama de Torque el valor de un torque constante.

$$T = 16.56\ Nm = 16560\ Nmm$$

Para el diseño del eje de transmisión se seleccionó un acero de transmisión 1045 debido a que el trabajo que va a realizar no comprende demasiadas cargas ni está sometido a esfuerzos considerables, es por esto que se optó por un acero bajo en carbono cuyo costo no es elevado y se lo puede conseguir en el mercado sin dificultad.

Las especificaciones técnicas del acero 1045 son:

$$S_y = 340\ MPa$$

$$S_{ut} = 650\ MPa$$

Ahora vamos a el valor de la Resistencia a la fatiga S_e

Sabemos que la Resistencia a la fatiga esta dad por:

$$S_e = S_e' k_a k_b k_c k_d \quad (16)$$

Factor de Superficie k_a

El factor de superficie se lo obtiene mediante la ecuación

$$k_a = a(S_{ut})^B \quad (17)$$

$$k_a = 4.51(650)^{-0.265} = 0.81$$

Factor de Tamaño k_b

El factor de tamaño según la ecuación:

$$k_b = \left(\frac{d_{eje}}{7.62} \right)^{-0.107} = \left(\frac{20}{7.62} \right)^{-0.107} = 0.9$$

Factor de confiabilidad k_c

Tomando en cuenta una confiabilidad del 50% se tiene:

$$k_c = 1$$

Factor de temperatura k_d

El factor de temperatura es:

$$k_d = 1$$

Límite de Resistencia a la fatiga

El límite de resistencia a la fatiga es según la ecuación:

$$S_e = S_e' k_a k_b k_c k_d$$

Por lo tanto, debemos definir primero S_e' que está dada por la ecuación:

$$S_e' = 0.5 S_{ut} = 0.5(650) = 325 \text{ Mpa}$$

$$S_e = 325 * 0.81 * 0.9 = 236.93 \text{ Mpa}$$

Ahora si podemos calcular el diámetro del eje a fatiga

$$S_e = 236.93 \text{ Mpa}$$

Ahora debemos definir el valor del concentrador de esfuerzo k_t

Para ser conservadores vamos a elegir un valor de $k_t = 2.5$ chaflán agudo

La fórmula para encontrar el diámetro del eje está dada por:

$$D_{eje} = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\left(\frac{k_t M}{S_c}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{s_y}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (18)$$

$$D_{eje} = 15.21 \text{ mm}$$

Selección del tipo y numero de bandas

La selección del tipo y numero de bandas que necesitaremos para nuestra maquina se define mediante el proceso de selección que el catálogo de Dunlop.

Proceso de selección:

Potencia corregida del motor

La potencia corregida del motor es la potencia máxima con la cual el motor puede trabajar, esta potencia tiene un valor mayor al nominal marcado en la placa de especificaciones y se la determina de la siguiente manera:

$$P_c = P_m * F_c \quad (19)$$

$$P_c = 0.5 \text{ HP} * 1.25$$

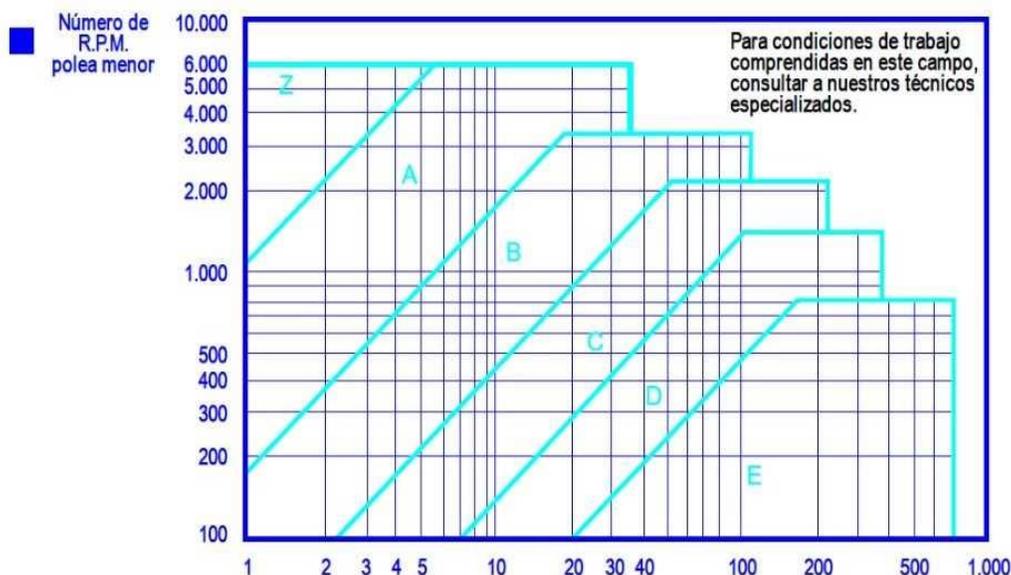
$$P_c = 0.625 \text{ HP}$$

Selección del tipo de banda según el catalogo

Para determinar el tipo de banda según el catálogo de Dunlop es necesario conocer la potencia corregida del motor más el número de revoluciones que este tiene, para nuestro caso específico conocemos que $N=1720 \text{ rpm}$ y $P_c=0.625 \text{ HP}$.

Figura 25

Selección del tipo de banda



Para los valores de potencia y número de revoluciones se determina que el tipo de banda seleccionada según el catálogo es del tipo Z.

Relación de transmisión

La relación de transmisión del sistema se determina a partir del número de revoluciones que nos entrega el motor y el número de revoluciones calculada que ingresa al eje de rotación.

$$i = \frac{N_m}{N_n} \quad (20)$$

$$i = \frac{1720}{596}$$

$$i = 2.89$$

Diámetro primitivo de la polea

Utilizando la tabla 4 del catálogo Dunlop se verifica que el diámetro de la polea menos disponible en el mercado tiene un valor de 63 mm y para determinar el valor del diámetro de la polea mayor se utiliza la siguiente ecuación:

$$D = i * d \quad (21)$$

$$D = 2.89 * 63mm$$

$$D = 182mm$$

Una vez determinado el valor del diámetro de la polea mayor, utilizamos la tabla 1 para verificar que exista este valor de diámetro, en caso de no existir tomamos el valor más cercano.

Figura 26*Diámetros primitivos de las poleas*

Tabla Nº 1							Tabla Nº 1						
Ø mm	Z	A	B	C	D	E	Ø mm	Z	A	B	C	D	E
50							315	••	••	••			
53							355	•	•	•		••	
56							375		•	•		•	
60	•						400	••	••	••	••	••	
63	••						425					•	
67	•						450	•	•	•		••	
71	••						475					•	
75	•	•					500	••	••	••	••	••	••
80	••	•					530						•
90	•	••					560	•	•	•	•	•	••
95		••					600		•	•	•	•	•
100	••	••					630	••	••	••	••	••	••
106		•					670						•
112	•	••	•				710	•	•	•	•	•	••
118		•	•				750		•	•	•	•	•
125	••	••	•				800	••	••	••	••	••	••
132		•	•				900	•	•	•	•	•	•
140	•	••	••	••			1000	••	••	••	••	••	••
150	•	•	•				1060					•	
160	••	••	••				1120					•	•
170			•				1250		••	••	••	••	
180	•	••	••	•			1400		•	•	•	•	•
200	••	••	••	••			1500					•	•
212							1600		••	••	••	••	
224	•	•	•	••			1800					•	•
236				••			1900						•
250	•	••	••	••			2000					••	••

En la tabla 4 podemos verificar que no existe una polea con valor de diámetro de 182mm, por lo cual seleccionamos el valor de D= 180mm.

Verificación de distancia entre ejes

La distancia entre ejes es un valor muy importante ya que determina que las poleas no choquen entre sí y el sistema de funcionamiento sea óptimo, nuestro valor de distancia es de 250mm con lo cual debemos verificar que nuestro valor calculado sea menor al valor antes mencionado.

$$I_c = \left(\frac{i+1}{2}\right) * d + d \quad (22)$$

$$I_c = \left(\frac{2.89 + 1}{2}\right) * 63mm + 63mm$$

$$I_c = 185.5 \text{ mm}$$

El valor calculado es menor que el valor establecido para la distancia entre ejes, por lo tanto, podemos seguir con los cálculos.

Longitud de la correa

Conociendo que la distancia entre ejes es la adecuada procedemos a determinar la longitud de la banda utilizando la tabla 6 del catálogo y la ecuación siguiente:

$$L_c = 2I + 1.57 * (D_c + d) + \left[\frac{(D_c - d)^2}{4I} \right] \quad (23)$$

$$L_c = 2 * 250 + 1.57 * (180 + 63) + \left[\frac{(180 - 63)^2}{4 * 250} \right]$$

$$L_c = 895.2 \text{ mm}$$

Con el valor calculado ingresamos a la tabla 6 y para el tipo de banda tipo Z

Figura 27*Longitud primitiva nominal de la correa*

Tabla Nº 6		Longitud primitiva nominal				
Correa (in)	Sección Z (mm)	Sección A (mm)	Sección B (mm)	Sección C (mm)	Sección D (mm)	Sección E (mm)
15	-	414	-	-	-	-
16	-	439	-	-	-	-
17	-	465	-	-	-	-
18	482	490	-	-	-	-
19	508	516	-	-	-	-
20	533	541	-	-	-	-
21	558	566	-	-	-	-
22	584	592	-	-	-	-
23	609	618	-	-	-	-
24	635	641	-	-	-	-
25	660	670	-	-	-	-
26	685	694	-	-	-	-
27	711	718	-	-	-	-
28	735	756	-	-	-	-
29	762	774	771	-	-	-
30	787	794	796	-	-	-
31	812	822	822	-	-	-
32	838	853	859	-	-	-
33	863	880	870	-	-	-
34	889	906	899	-	-	-
35	914	922	928	-	-	-
36	939	954	962	-	-	-
37	965	978	981	-	-	-
38	990	1001	1004	-	-	-
39	1016	1029	1032	-	-	-

Se selecciona el valor más cercano que la tabla 6 nos proporciona, por lo tanto, se determina una longitud de banda igual a 889 mm.

Factor lineal

El factor lineal es uno de los parámetros para determinar el número de bandas necesarias para nuestra máquina, y se lo determina por medio de la tabla 4 del catálogo conociendo la longitud de la banda antes calculada.

Figura 28*Factor de corrección lineal*

Tabla N° 4		Sección de la correa				
Longitud correa	Z	A	B	C	D	E
16	0.80	-	-	-	-	-
24	0.83	-	-	-	-	-
26	0.84	0.81	-	-	-	-
31	0.89	0.84	-	-	-	-
35	0.92	0.87	0.81	-	-	-
38	0.93	0.88	0.83	-	-	-
42	0.95	0.90	0.85	-	-	-
46	0.97	0.92	0.87	-	-	-
51	0.99	0.94	0.89	0.80	-	-
55	1.00	0.96	0.90	0.81	-	-
60	-	0.98	0.92	0.82	-	-
68	-	1.00	0.95	0.85	-	-

Conociendo que la longitud de la banda seleccionada es de 889 mm equivalente a 34 in, buscamos el valor más cercano en la tabla 4 que es de 35 in, y para este valor el factor lineal en una banda tipo Z es de 0.92

$$F_l = 0.92$$

Área de contacto

El área de contacto nos permitirá posteriormente determinar el factor de corrección angular necesario también para determinar el número de bandas. El área de contacto se determina a continuación utilizando la ecuación:

$$\alpha = 180 - 57 * \left(\frac{D_c - d}{I} \right) \quad (24)$$

$$\alpha = 180 - 57 * \left(\frac{180 - 63}{250} \right)$$

$$\alpha = 153.32$$

Factor de ángulo de corrección para poleas acanaladas

Una vez determinada el área de contacto utilizamos la tabla 7.

Figura 29

Factor de corrección en función del ángulo

TABLA N° 5 - FACTOR DE CORRECCION EN FUNCION DEL ARCO DE CONTACTO		
Tabla N° 5	Factor de corrección	
Arco de contacto sobre polea menor	Poleas acanaladas	Poleas acanalada/plana
180°	1.00	0.75
175°	0.99	0.76
170°	0.98	0.77
167°	0.97	0.78
164°	0.96	0.79
160°	0.95	0.80
157°	0.94	0.81
154°	0.93	0.81
150°	0.92	0.82
147°	0.91	0.83

A partir del área de contacto más cercano al calculado 154° se determina el factor de corrección que es de 0.93

$$F_{\alpha} = 0.93$$

Velocidad lineal

La velocidad lineal se determina para realizar una comparación en base a la información del catálogo la cual expresa que dicha velocidad no debe sobrepasar los 25m/s.

$$V_L = \frac{\pi * d * N_m}{60 * 1000} \quad (25)$$

$$V_L = \frac{\pi * 63 * 1720}{60 * 1000}$$

$$V_L = 5.67 \text{ m/s}$$

La velocidad lineal admisible dada por el catálogo para evitar vibraciones o mal funcionamiento es de 25 m/s, y como la velocidad lineal calculada es de 5.67 m/s se verifica que estamos dentro del rango admisible.

Prestación base

La prestación base es un valor que permite determinar posteriormente la potencia efectiva con la cual la banda opera durante el funcionamiento de la máquina.

El uso de la tabla 8 para bandas tipo Z no permite determinar el valor de la prestación base como se muestra a continuación:

Figura 30

Prestación base

Tabla Nº 2 - Sección Z																								
Nº R.P.M. De la polea menor	Prestación Base (en HP)													Prestación adicional por relación de transmisión (en HP)										
	Diámetro primitivo de la polea menor (mm)													1.02	1.05	1.09	1.13	1.19	1.25	1.35	1.52	2.00		
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	al 1.04	al 1.08	al 1.12	al 1.18	al 1.24	al 1.34	al 1.51	al 1.99	al y sobre	
1160	0.15	0.24	0.32	0.40	0.49	0.57	0.65	0.74	0.82	0.89	0.97	1.05	1.13	1.28	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	
1750	0.19	0.31	0.43	0.55	0.67	0.79	0.91	1.02	1.14	1.25	1.36	1.47	1.58	1.80	0.01	0.03	0.05	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.11	
3450	0.22	0.44	0.66	0.88	1.08	1.28	1.48	1.67	1.86	2.04	2.22	2.39	2.55	2.85	0.03	0.07	0.10	0.13	0.16	0.18	0.20	0.22	0.22	
200	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.20	0.23	0.25	0.28	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
400	0.07	0.11	0.14	0.17	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.36	0.39	0.42	0.45	0.51	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	
600	0.10	0.15	0.19	0.24	0.29	0.33	0.38	0.42	0.47	0.51	0.56	0.60	0.64	0.73	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	
800	0.12	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42	0.48	0.54	0.60	0.65	0.71	0.77	0.82	0.94	0.00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	
1000	0.14	0.21	0.29	0.36	0.43	0.51	0.58	0.65	0.72	0.79	0.86	0.93	1.00	1.13	0.00	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06	0.06	
1200	0.15	0.24	0.33	0.42	0.50	0.59	0.67	0.76	0.84	0.92	1.00	1.08	1.16	1.32	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	
1400	0.17	0.27	0.37	0.47	0.57	0.66	0.76	0.86	0.95	1.05	1.14	1.23	1.32	1.50	0.01	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.09	
1600	0.18	0.29	0.41	0.52	0.63	0.74	0.85	0.95	1.06	1.16	1.27	1.37	1.47	1.67	0.01	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.10	
1800	0.19	0.31	0.44	0.57	0.68	0.81	0.93	1.05	1.16	1.28	1.39	1.51	1.62	1.84	0.01	0.03	0.05	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.11	
2000	0.20	0.34	0.47	0.61	0.74	0.88	1.01	1.14	1.26	1.39	1.51	1.64	1.76	1.99	0.01	0.04	0.06	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	
2200	0.20	0.36	0.51	0.65	0.80	0.94	1.08	1.22	1.36	1.50	1.63	1.76	1.89	2.14	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.14	
2400	0.21	0.37	0.54	0.69	0.85	1.00	1.16	1.30	1.45	1.60	1.74	1.88	2.01	2.28	0.02	0.05	0.07	0.09	0.11	0.13	0.14	0.15	0.15	
2600	0.22	0.39	0.56	0.73	0.90	1.06	1.22	1.38	1.54	1.69	1.84	1.99	2.13	2.41	0.02	0.05	0.08	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.16	
2800	0.22	0.41	0.59	0.77	0.95	1.12	1.29	1.46	1.62	1.78	1.94	2.09	2.24	2.53	0.02	0.05	0.08	0.10	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18	
3000	0.22	0.42	0.61	0.80	0.99	1.17	1.35	1.53	1.70	1.87	2.03	2.19	2.35	2.64	0.02	0.06	0.09	0.11	0.14	0.16	0.18	0.19	0.19	
3200	0.22	0.43	0.64	0.84	1.03	1.22	1.41	1.60	1.77	1.95	2.12	2.28	2.44	2.74	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.17	0.19	0.20	0.20	
3400	0.22	0.44	0.66	0.87	1.07	1.27	1.47	1.66	1.84	2.02	2.20	2.37	2.53	2.83	0.03	0.07	0.10	0.13	0.15	0.18	0.20	0.21	0.22	
3600	0.22	0.45	0.68	0.90	1.11	1.32	1.52	1.72	1.91	2.09	2.27	2.44	2.61	2.91	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.21	0.22	0.23	
3800	0.22	0.46	0.70	0.92	1.14	1.36	1.57	1.77	1.97	2.15	2.34	2.51	2.67	2.97	0.03	0.07	0.11	0.15	0.17	0.20	0.22	0.24	0.24	
4000	0.22	0.47	0.71	0.95	1.18	1.40	1.62	1.82	2.02	2.21	2.40	2.57	2.73	3.03	0.03	0.08	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.25	0.25	
4200	0.21	0.47	0.73	0.97	1.21	1.43	1.66	1.87	2.07	2.26	2.45	2.62	2.78	3.07	0.03	0.08	0.12	0.16	0.19	0.22	0.24	0.26	0.27	
4400	0.21	0.48	0.74	0.99	1.23	1.47	1.69	1.91	2.11	2.31	2.49	2.66	2.82	3.10	0.04	0.09	0.13	0.17	0.20	0.23	0.26	0.28	0.28	

Ingresamos a la tabla con el valor de 1750 rpm y el diámetro de la polea menor de 65mm, que son los valores más próximos a los calculados tenemos que la prestación base es de 0.79HP, mientras que la prestación adicional considerando que nuestra relación de transmisión es de 2.89 la tabla proporciona un valor adicional de 0.11

$$P_b = 0.790HP$$

$$A_{dd} = 0.11HP$$

$$P_{bk} = P_b + A_{dd}$$

$$P_{bk} = 0.79 + 0.11$$

$$P_{bk} = 0.9 HP$$

Potencia efectiva

La potencia efectiva se determina a partir de los valores de corrección tanto lineal como de arco más la prestación base, esta potencia efectiva será la potencia real entregada a la banda y se determina a continuación:

$$P_e = P_{bk} * F_l * F_\alpha \quad (26)$$

$$P_e = 0.9 * 0.92 * 0.93$$

$$P_e = 0.77HP$$

La potencia efectiva entregada a la banda es de 0.77 HP

Numero de bandas

El número de bandas necesarias para el funcionamiento adecuado de la máquina se determina a través de la potencia corregida y la potencia efectiva.

$$B = \frac{P_c}{P_e} \quad (27)$$

$$B = \frac{0.625}{0.77}$$

$$B = 0.81$$

El número de bandas necesario para colocar entre nuestras poleas garantizando que el funcionamiento de la máquina sea el correcto es de 1 sola banda.

Sistema de corte

El sistema de corte principalmente consta de 2 elementos principales que son el disco porta cuchillas y las cuchillas, en el disco se ha dispuesto colocar 3 cuchillas fijas que permiten un corte uniforme en los plátanos verde cuyo espesor será de 2 mm optimizando de esta manera la materia prima.

Los materiales seleccionados para la construcción de estos elementos son el aluminio para porta cuchillas y acero inoxidable para la cuchilla, en la elección de estos materiales se ha considerado que dichos materiales existan en el mercado nacional, su precio de comercialización y las características de estos aplicados a la industria alimenticia. Por esta razón y de acuerdo a la norma ISO 22000-2018.

Diseño de porta cuchillas

Para el diseño porta cuchillas partimos de que vamos a realizar dos tipos diferentes de chifle, redondo cuyo diámetro es de 3.6cm y chifles largos con una longitud promedio de 26 cm que es la media nominal con la cual trabajamos.

Sin embargo, considerando que la longitud del plátano verde dominico varía entre los 22 a 30 cm, para evitar inconvenientes nos imponemos un valor de 33cm de diámetro para el diseño porta cuchillas.

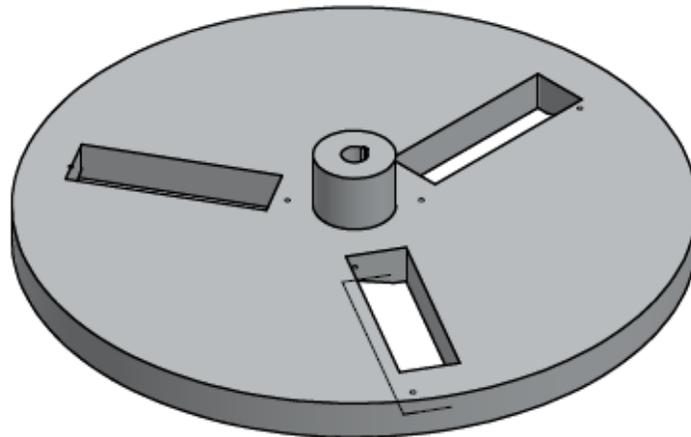
Como previamente se determinó utilizaremos un eje con diámetro $D_{eje} = 15.21mm$, comercialmente hablando y por procesos de manufactura trabajamos con un valor de $D_{eje} = 20 mm$

Cálculo del diámetro exterior en el plato porta cuchillas D_e

Se debe definir el diámetro D_e como el diámetro necesario para soportar la incrustación del eje dentro del plato porta cuchilla.

Figura 31

Plato porta cuchillas



Determinamos el diámetro D_e a partir del torque que se produce en el disco porta cuchillas que es de $10.44Nm$ a partir de la ecuación, conociendo que el material seleccionado para la construcción del plato porta cuchillas es el aluminio encontramos el valor de resistencia a la fluencia S_y en la tabla 9 que se muestra a continuación:

Figura 32

Resistencia a la tensión de diferentes materiales

Tabla A-22

Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales* Fuente: J. Datsko, "Solid Materials", capítulo 32, en Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke y Thomas H. Brown, Jr. (editores en jefe). *Standard Handbook of Machine Design*, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2004, pp. 32.49-32.52.

Número	Material	Condición	Resistencia (a la tensión)					
			Fluencia S_y MPa (kpsi)	Última S_u MPa (kpsi)	A la fractura, σ_f MPa (kpsi)	Coefficiente σ_y MPa (kpsi)	Resistencia a la deformación, exponente m	Resistencia a la fractura ϵ_f
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) [†]	620 (90.0)	0.25	1.05
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) [†]	992 (144)	0.14	0.49
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) [†]	758 (110)	0.24	0.85
1045	Acero	TyR 600°F	1 520 (220)	1 580 (230)	2 380 (345)	1 880 (273) [†]	0.041	0.81
4142	Acero	TyR 600°F	1 720 (250)	1 930 (210)	2 340 (340)	1 760 (255) [†]	0.048	0.43
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1 520 (221) [†]	1 410 (205)	0.51	1.16
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1 600 (233) [†]	1 270 (185)	0.45	1.67
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) [†]	620 (90)	0.28	0.10
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3) [†]	689 (100)	0.15	0.18
7075	Aleación de aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102) [†]	882 (128)	0.13	0.18

*Los valores se tomaron de uno o dos calados y se considera que pueden obtenerse usando especificaciones de compra. La deformación por fractura puede variar hasta en 100%.

[†]Valor diseñado.

$$\tau_{max} \leq (\tau) \leq \frac{S_y}{FS} \quad (28)$$

Donde:

τ_{max} : Esfuerzo cortante máximo de las cuchillas

S_y : Resistencia a la fluencia del material

FS : Factor de seguridad

$$\frac{T_D}{\omega} \leq (\tau) \leq \frac{S_y}{FS}$$

$$\omega = \frac{\pi D_d^3}{16}$$

ω : inercia de las cuchillas

D_d : diametro del disco

$$D_d^3 = (D_e - D_{eje})^3$$

$$\frac{T_D}{\frac{\pi * (D_e - D_{eje})^3}{16}} = \frac{S_y}{FS}$$

$$(D_e - D_{eje})^3 = \frac{16T_D * FS}{\pi * S_y}$$

$$D_e = \sqrt[3]{\frac{16(10.44) * 2}{\pi * 169 * 10^6}} + 0.02$$

$$D_e = 0.028 \text{ m} = 28 \text{ mm}$$

Cálculo del espesor del disco

Para poder determinar el espesor correcto que soporte las fuerzas aplicadas en el funcionamiento de la máquina, es necesario conocer el momento flector producido por la fuerza de empuje $F_e = 980N$ equivalente a la fuerza referencial que un sujeto puede realizar, esta fuerza de empuje se refiere a la aplicada al mango de la matriz que permite el corte del plátano verde permitiendo el corte.

También se debe conocer la distancia D_2 desde el centro del sistema porta cuchilla hacia el extremo más lejano de la cuchilla colocada que es de 159.5 mm

$$M_f = F_e * \frac{D_2}{2}$$

$$M_f = 980N * \frac{0.159 \text{ m}}{2}$$

$$M_f = 77.91 \text{ Nm}$$

Utilizando la siguiente comparación determinamos el valor correcto del espesor

$$\sigma_f \leq \frac{S_y}{F_s} \quad (29)$$

$$\frac{M_f * D}{w} \leq \frac{S_y}{F_s}$$

$$\frac{M_f * D}{\frac{D * e^3}{12}} = \frac{S_y}{F_s}$$

$$e = \sqrt[3]{\frac{12 * M_f * F_s}{S_y}}$$

$$e = \sqrt[3]{\frac{12 * 77.91 \text{ Nm} * 2}{169 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}}$$

$$e = 22.28 \text{ mm}$$

Tomando en cuenta que como factor de seguridad pusimos el valor de 2, no es necesario sobredimensionar y para mejorar el proceso de manufactura el espesor del plato porta cuchillas lo diseñaremos con 20 mm.

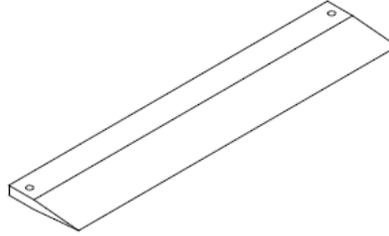
Diseño de la cuchilla de corte

Para el diseño de la cuchilla partimos señalando que según la norma ISO 22000 el material idóneo para la manipulación de productos alimenticios es el acero inoxidable, en nuestro caso específico utilizamos el Acero A304.

Para las dimensiones de la cuchilla se ha considerado puntos importantes como la longitud del chifle en el caso de un corte longitudinal, y en el caso del corte transversal cerciorarse que la cuchilla pueda rebanar los 3 o 4 plántanos que ingresan en esta disposición.

Figura 33

Esquema representativo de la cuchilla de corte

**Espesor de la cuchilla**

Para determinar el espesor de la cuchilla nos basamos en criterio de Von Mises además se debe considerar el torque máximo que es el caso cuando vamos a realizar chifles con corte transversal colocando 4 plátanos verdes en la matriz, el valor es de 10.44Nm

$$\sigma_f \leq \frac{S_y}{F_s}$$

$$\frac{M_c * D}{w} \leq \frac{S_y}{F_s}$$

$$\frac{M_c * D}{\frac{D * e^3}{12}} = \frac{S_y}{F_s}$$

$$e = \sqrt[3]{\frac{12 * M_c * F_s}{S_y}}$$

$$e = \sqrt[3]{\frac{12 * 10.44 \text{ Nm} * 1}{276 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}}$$

$$e = 7.68 \text{ mm}$$

Del cálculo tenemos que necesitamos una cuchilla con un espesor de aproximadamente 8 mm, pero como nuestro diseño está hecho para que la carga no se someta en una sola cuchilla sino en 3 podemos dividir dicha carga para las 3 cuchillas por lo tanto el espesor disminuirá es así que nuestro diseño presenta tres cuchillas con un espesor de 3mm.

Análisis de falla por fatiga en las cuchillas

El análisis de falla por fatiga se realiza debido a que es importante saber si estas soportan las cargas generadas durante el trabajo, especialmente cuando es sometida a esfuerzos máximos o esfuerzos que nos fueron considerados durante el diseño

Resistencia a la fatiga corregida

$$S_{e'} = 0.5 S_{ut} \quad (30)$$

$$S_{e'} = 0.5 * 568 \text{Mpa}$$

$$S_{e'} = 284 \text{Mpa}$$

Dentro del análisis de fatiga se presentan diversos factores llamados de Marín que se deben determinar ya sea analíticamente o por medio del uso de tablas, la ecuación de resistencia a la fatiga es la siguiente:

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * S_{e'}$$

Factor de superficie k_a

Figura 34*Factor de modificación lineal*

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

$$k_a = aS_{ut}^b \quad (31)$$

Utilizando la tabla se determina el valor del coeficiente a y b conociendo que el proceso de fabricación de las cuchillas es de maquinado en frío y calculamos el factor de superficie.

$$k_a = 4.51 \text{Mpa} * 568 \text{Mpa}^{-0.265}$$

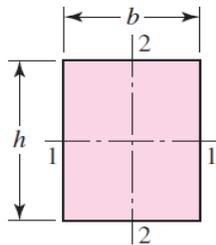
$$k_a = 0.84$$

Factor de tamaño k_b

Para determinar el factor de tamaño es necesario conocer cuál es la dimensión efectiva, tomando en cuenta que las cuchillas tienen forma rectangular tenemos que aplicar la siguiente ecuación tomada de la tabla:

Figura 35

Ecuación para determinar la dimensión efectiva



$$A_{0.95\sigma} = 0.05hb$$

$$d_e = 0.808\sqrt{hb}$$

$$d_e = 0.808\sqrt{hb} \quad (32)$$

Las dimensiones de nuestra cuchilla son de $h = 140\text{mm}$, y $b = 30\text{mm}$, reemplazando estos valores tenemos:

$$d_e = 0.808\sqrt{140 * 30}$$

$$d_e = 52.36\text{mm}$$

Figura 36

Ecuaciones para determinar el factor de tamaño

Eje rotatorio. Para flexión o torsión,

p. 280

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

Una vez determinada la dimensión efectiva utilizamos la tabla y seleccionamos la ecuación que se encuentra dentro del rango y calculamos el factor de tamaño.

$$k_b = 1.51d^{-0.157} \quad (33)$$

$$k_b = 1.51 * 52.36^{-0.157}$$

$$k_b = 0.81$$

Factor de modificación de carga k_c

Figura 37

Valores para factor de modificación de carga

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

Nota. Selección del valor de factor de modificación de carga considerando flexión. (Shigley)

Para el factor de carga k_c utilizamos la tabla 12 y sabiendo que las cuchillas están sometidas a flexión debido a su disposición, el valor del factor de carga es de:

$$k_c = 1$$

Factor de temperatura k_d

Figura 38*Factor de temperatura*

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

El trabajo que realizara la cuchilla no superara temperaturas mayores a las ambientales, por lo tanto, para determinar el factor tomamos como referencia una temperatura de 20 °C y con este valor ingresamos a la tabla y tenemos que:

$$k_d = 1$$

Factor de confiabilidad k_e

Para garantizar que nuestras cuchillas funciones adecuadamente nos imponemos un valor de confiabilidad igual al 95% y con este valor ingresamos a la tabla

Figura 39

Valores de confiabilidad de acuerdo al porcentaje

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

Para un valor de confiabilidad de 95% tenemos un factor igual a:

$$k_e = 0.868$$

Una vez determinados todos los factores hallamos la resistencia a la fatiga de la cuchilla

$$S_e = 0.84 * 0.81 * 1 * 1 * 0.868 * 284$$

$$S_e = 167.73 \text{ MPa}$$

Análisis de los ciclos de vida de la cuchilla

Para realizar un análisis de los ciclos de vida de la cuchilla se debe conocer que la porta cuchillas trabaja a 35700 revoluciones por hora, y se ha considerado que la maquina funcionara a partir de las 8 am a 10 am un total de 2 horas, durante los 5 días de la semana en promedio, esto dependerá de la venta del producto, además se trabajara las 4 semanas del mes y el tiempo estimado de funcionamiento con estas características es de 5 años.

El número de ciclos (N) al cual estará sometido las cuchillas se determina multiplicando los datos anteriormente descritos y se tiene:

$$N = 35700 * \text{horas} * \text{dias} * \text{semanas} * \text{meses} * \text{años} \quad (34)$$

$$N = 35700 * 2 * 5 * 4 * 12 * 5$$

$$N = 8.56 * 10^7$$

Como $8.56 * 10^7 > 10^6$ se puede concluir que se necesita un diseño para vida infinita.

Resistencia para vida infinita

Para determinar la resistencia de vida infinita utilizamos la siguiente ecuación:

$$S_f = aN^b \quad (35)$$

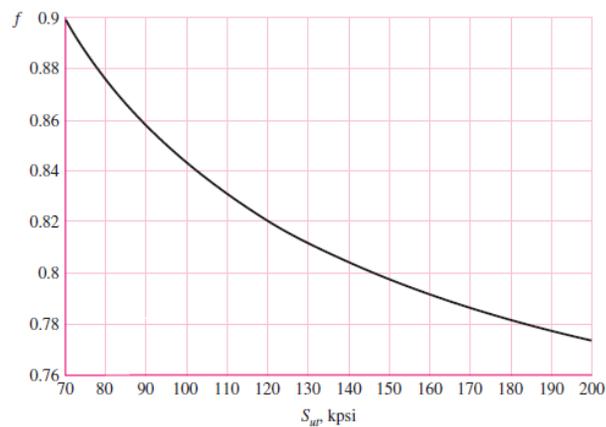
Se tiene que el coeficiente a se calcula de la siguiente manera

$$a = \frac{(fS_{ut})^2}{S_e} \quad (36)$$

Para el $S_{ut} = 568 \text{ Mpa} = 82.4 \text{ Kpsi}$ del acero inoxidable A 304 y utilizando la figura 28.

Figura 40

Fracción de resistencia a la fatiga f



Mediante la figura se pudo determinar que $f = 0.87$ y, por lo tanto:

$$a = \frac{(0.87 * 568)^2}{167.73}$$

$$a = 1673.42$$

El coeficiente b se determina así:

$$b = -\frac{\left[\log\left(\frac{fS_{ut}}{S_e}\right)\right]}{3} \quad (37)$$

$$b = -\frac{\left[\log\left(\frac{0.87 * 568}{176.73}\right)\right]}{3}$$

$$b = -0.14$$

Finalmente se determina que la resistencia para vida infinita de las cuchillas es:

$$S_f = aN^b$$

$$S_f = 1673.42 * 8.56 * 10^{7-0.14}$$

$$S_f = 129.73 \text{ Mpa}$$

Capítulo IV

Análisis estructural, modal y respuesta armónica.

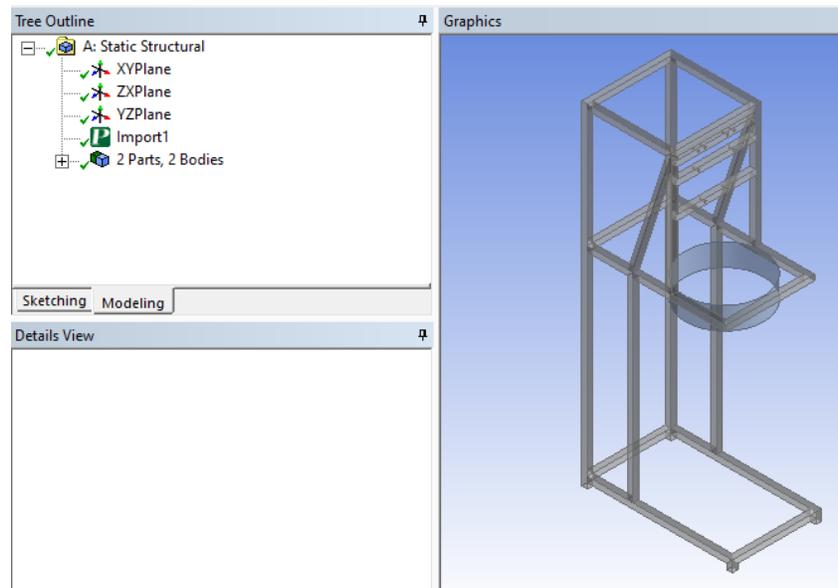
Análisis estructural

Mientras la máquina está en funcionamiento puede haber varias fuerzas que actúan sobre esta, es así que en los análisis que se van a realizar a la estructura uno de ellos es el análisis estático para verificar que nuestro equipo tenga un buen funcionamiento.

Empezamos importando nuestra estructura al programa Ansys como se muestra en la figura 29, esta geometría fue realizada en Solidworks.

Figura 41

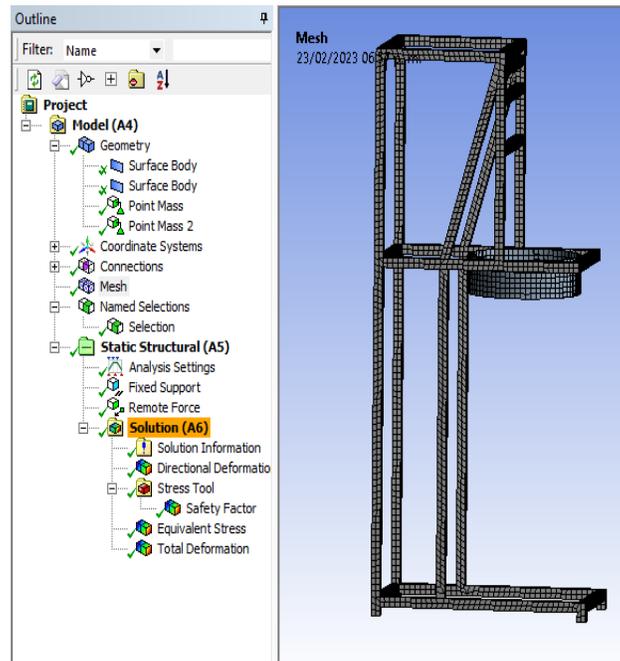
Estructura completa de la maquina



Luego generamos la malla en nuestra estructura como se muestra en la figura 30

Figura 42

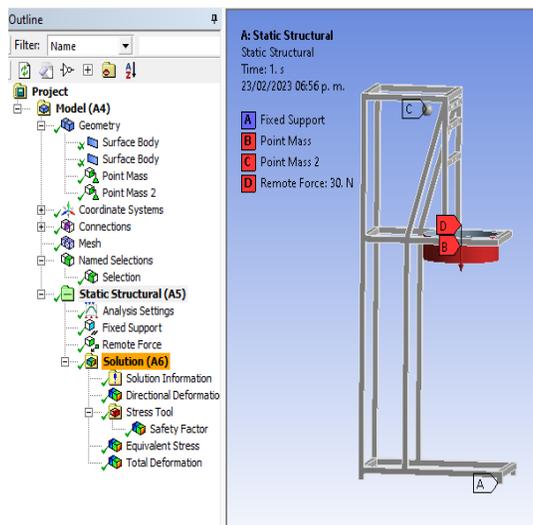
Generación del mallado en la estructura



Asignamos las fuerzas que actúan en la estructura y también los soportes fijos tal como se muestra en la figura 31.

Figura 43

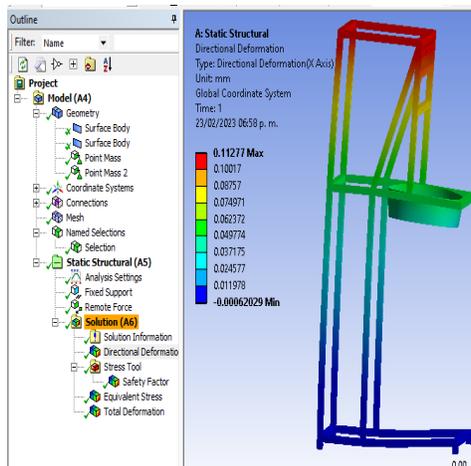
Ingreso de fuerzas y soportes fijos



En la figura 32 nos muestra que corremos la simulación y asignamos en la solución la deformación direccional, esta deformación máxima nos da un valor de 0.11277 mm un valor muy pequeño de deflexión máxima.

Figura 44

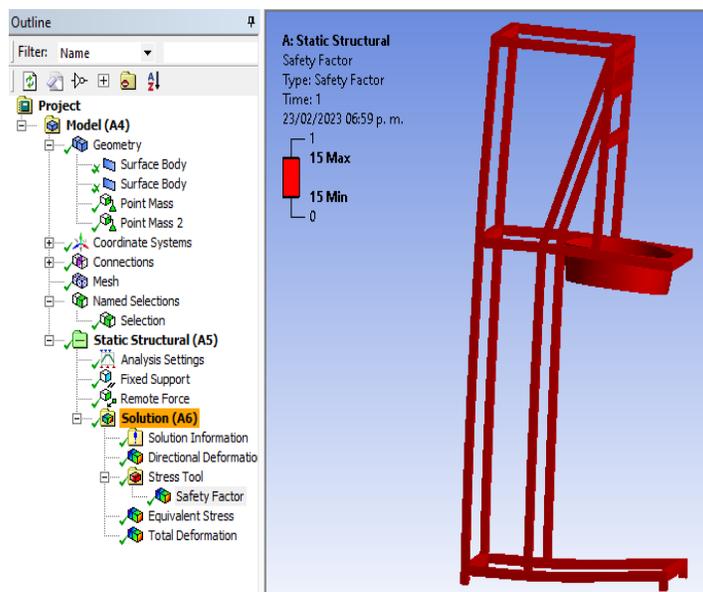
Análisis de deflexión



En la siguiente figura 33 nos muestra un factor de seguridad el cual es de 15 valor que nos asegura que la estructura no va a fallar.

Figura 45

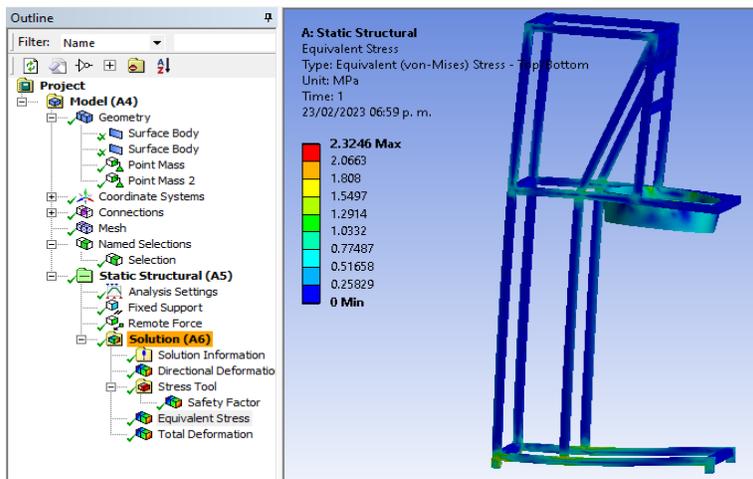
Verificación del factor de seguridad



En la figura 34 nos muestra el esfuerzo equivalente de Von Mises el cual es de 2.3256 MPa.

Figura 46

Análisis de Von Mises



Análisis de vibraciones

En este escenario el modelo de un grado de libertad no es el mejor para describir el sistema mecánico, sin embargo, nos permiten adquirir una mejor comprensión del problema a estudiar.

Es así que desarrollar un modelo con más grados de libertad para este sistema, la tarea se complica ya que se van añadiendo más ecuaciones diferenciales al sistema

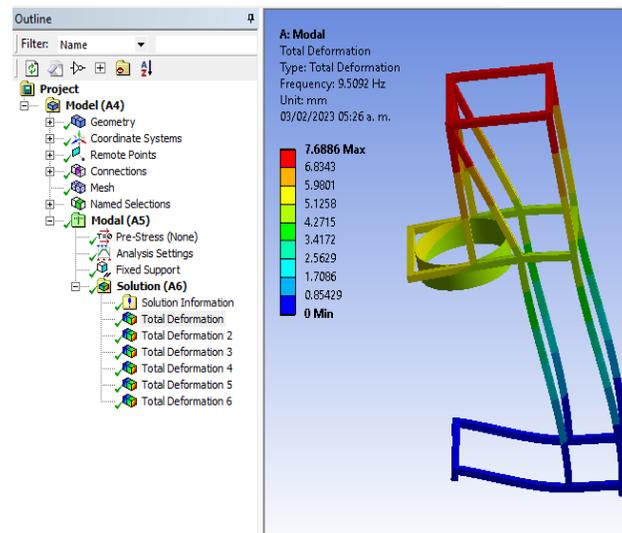
Modos de vibración

Primer modo de vibración

En la Figura 35 se muestra el primer modo de vibración es así que a ese modo de vibración tenemos asociada una frecuencia $f_1 = 9.5092 \text{ Hz}$.

Figura 47

Primer modo de vibración de la estructura

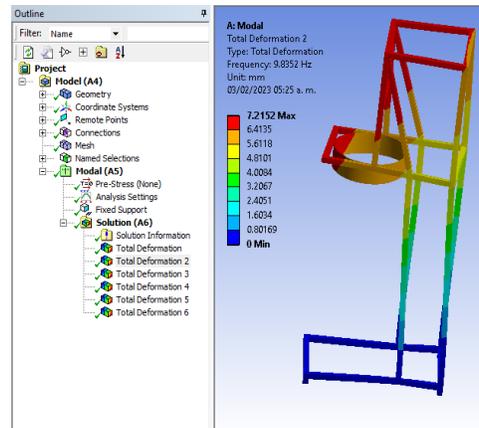


Segundo modo de vibración

En la siguiente imagen se muestra el segundo modo de vibración es así que a ese modo de vibración tenemos asociada una frecuencia $f_2 = 9.8352 \text{ Hz}$.

Figura 48

Segundo modo de vibración de la estructura

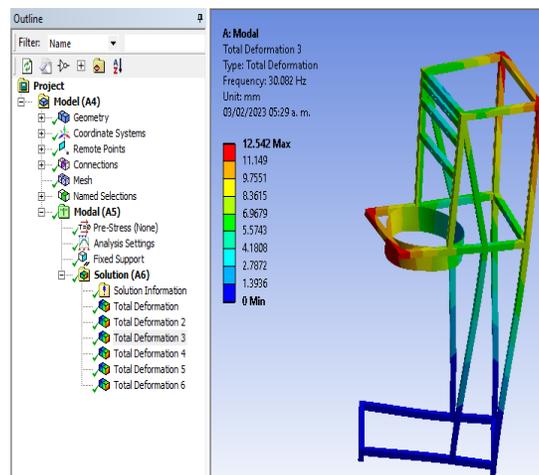


Tercer modo de vibración

En la siguiente imagen se muestra el tercer modo de vibración es así que a ese modo de vibración tenemos asociada una frecuencia $f_3 = 30.082 \text{ Hz}$.

Figura 49

Tercer modo de vibración de la estructura

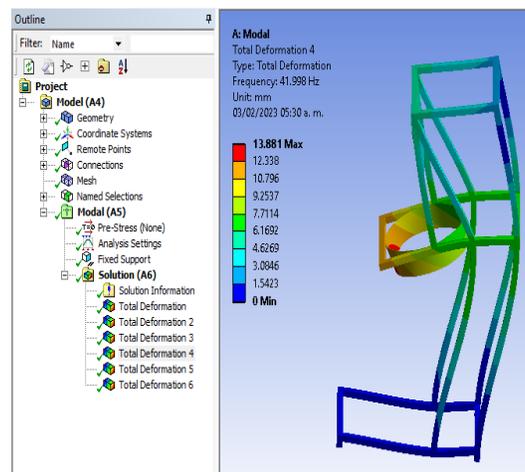


Cuarto modo de vibración

En la siguiente imagen se muestra el cuarto modo de vibración es así que a ese modo de vibración tenemos asociada una frecuencia $f_4 = 41.998 \text{ Hz}$.

Figura 50

Cuarto modo de vibración de la estructura

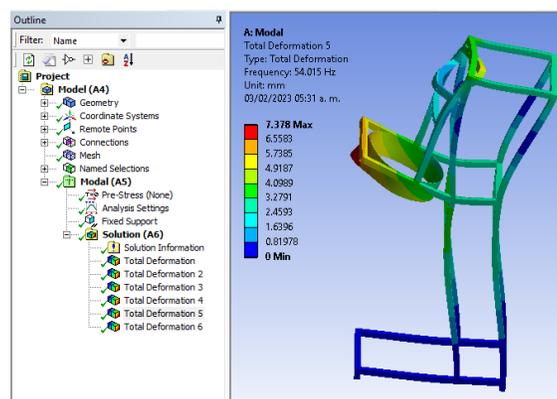


Quinto modo de vibración

En la siguiente imagen se muestra el quinto modo de vibración es así que a ese modo de vibración tenemos asociada una frecuencia $f_5 = 54.015 \text{ Hz}$.

Figura 51

Quinto modo de vibración de la estructura

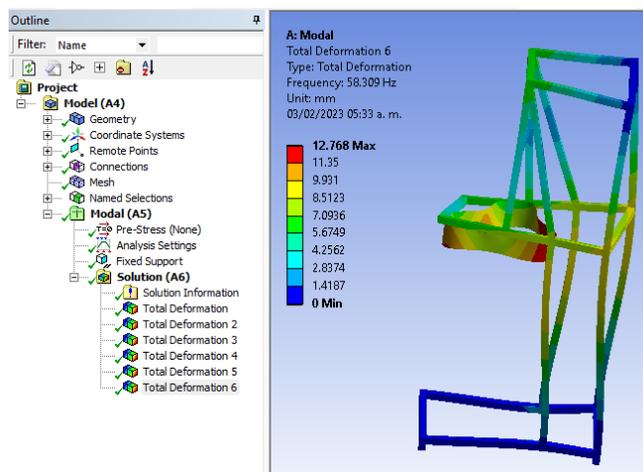


Sexto modo de vibración

En la siguiente imagen se muestra el sexto modo de vibración es así que a ese modo de vibración tenemos asociada una frecuencia $f_6 = 58.309 \text{ Hz}$

Figura 52

Sexto modo de vibración de la estructura



Es así que tenemos 6 modos de vibración cada uno con una frecuencia diferente, la frecuencia que nos da el programa está en Hertz este nos sirve para obtener la frecuencia natural del sistema según cada modo de vibración, con la ecuación 39 obtendremos las frecuencias naturales asociadas a cada modo de vibración.

$$\omega_{ni} = 2\pi * f_i \quad (39)$$

Ahora calculamos las 6 frecuencias naturales que están en la siguiente tabla 15

Tabla 3*Frecuencias naturales para los 6 tipos de vibración*

Frecuencias Naturales según modo de vibración		
Modo de Vibración	frecuencia (Hz)	frecuencia Natural (rad/s)
1	9.5092	59.75
2	9.8352	61.80
3	30.082	189.01
4	41.998	263.88
5	54.015	339.39
6	58.309	366.37

Respuesta armónica

En el siguiente análisis vamos a analizar si nuestro diseño entra en resonancia, para ello es necesario analizar si nuestro sistema no entra en resonancia.

Entonces deberemos analizar cuando ocurre la resonancia en el sistema y analizaremos la ecuación diferencial que describe a una vibración forzada bajo una fuerza armónica.

$$F = -kx + F_0 \text{Sen}(\omega t) \quad (40)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega_d^2 x + a_0 \text{Sen}(\omega t) \quad (41)$$

Ahora tendremos que la solución general del sistema del sistema está dada por la siguiente ecuación:

$$x(t) = x_c(t) + x_p(t)$$

De donde $x_c(t)$ es la solución complementaria y $x_p(t)$ es la solución particular del sistema, A continuación, se muestran las soluciones $x_c(t) + x_p(t)$ del sistema.

$$x_c(t) = C_1 \cos(\omega_d t) + C_2 \text{sen}(\omega_d t)$$

$$x_p(t) = \left(\frac{a_0}{\omega_d^2 - \omega^2} \right) \text{sen}(\omega t)$$

$$x(t) = C_1 \cos(\omega_d t) + C_2 \text{sen}(\omega_d t) + \left(\frac{a_0}{\omega_d^2 - \omega^2} \right) \text{sen}(\omega t)$$

Evaluamos en condiciones iniciales del sistema para $x(0) = 0$ y $x'(0) = 0$ para obtener el valor de las constantes C_1 y C_2

$$C_1 = 0$$

$$C_2 = \frac{-\omega a_0}{\omega_d(\omega_d^2 - \omega^2)}$$

Reemplazando en la Ecuación

$$x(t) = \left(\frac{-\omega a_0}{\omega_d(\omega_d^2 - \omega^2)} \right) \text{sen}(\omega_d t) + \left(\frac{a_0}{\omega_d^2 - \omega^2} \right) \text{sen}(\omega t)$$

$$x(t) = \left(\frac{a_0}{\omega_d(\omega_d^2 - \omega^2)} \right) (\omega_d \text{sen}(\omega t) - \omega \text{sen}(\omega_d t))$$

El efecto de resonancia ocurre cuando $\omega \rightarrow \omega_d$

$$x(t) = \lim_{\omega \rightarrow \omega_d} \left(\frac{a_0}{\omega_d(\omega_d^2 - \omega^2)} \right) (\omega_d \operatorname{sen}(\omega t) - \omega \operatorname{sen}(\omega_d t))$$

Finalmente obtenemos lo siguiente:

$$x(t) = a_0 \frac{\omega_d t \cos(\omega_d t) - \operatorname{sen}(\omega_d t)}{2\omega_d^2}$$

La ecuación obtenida nos representa el efecto de la resonancia, y nos dice que la amplitud de las vibraciones.

Es así que debemos interpretar los resultados de la simulación obtenida en la respuesta armónica que nos va a dar el módulo de ANSYS.

$$\omega = 200 \text{ rpm}$$

$$\omega = 200 * \frac{2\pi}{60} = 20.94$$

$$2\pi = \frac{\omega}{f}$$

$$f = \frac{20.94}{2\pi} = 3.33 \text{ hertz}$$

Es así que determinamos que la frecuencia no corresponde con la frecuencia natural de algunos de los modos de vibración, por lo tanto, no estamos en resonancia.

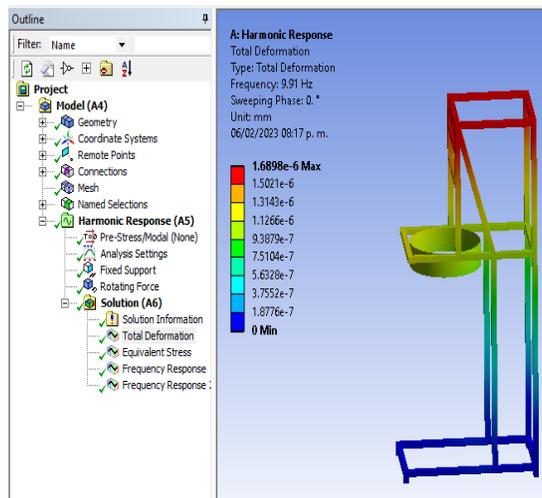
Deformación total

Ahora vamos a utilizar el módulo Harmonic Response en donde ingresaremos el sistema y a continuación las fuerzas y soportes que actúan sobre el sistema.

En la Figura 41 se muestra la Deformación total con una frecuencia de 3.33 Hz.

Figura 53

Deformación de la estructura

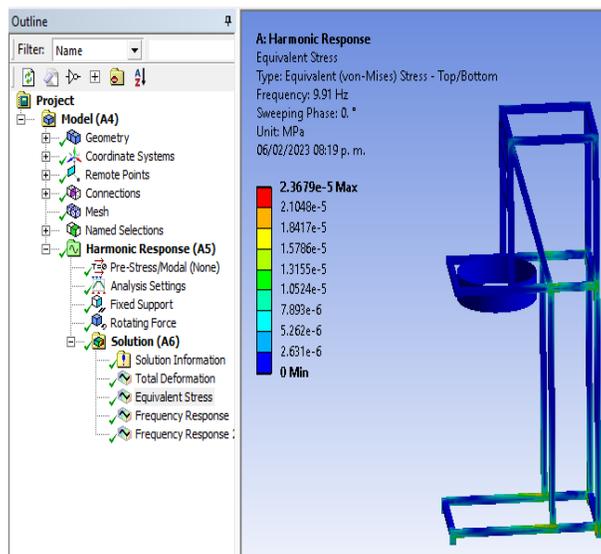


Esfuerzo equivalente

En la Figura 42 se muestra el esfuerzo equivalente de Von Mises con una frecuencia de 3.33 Hz

Figura 54

Esfuerzo de Von Mises

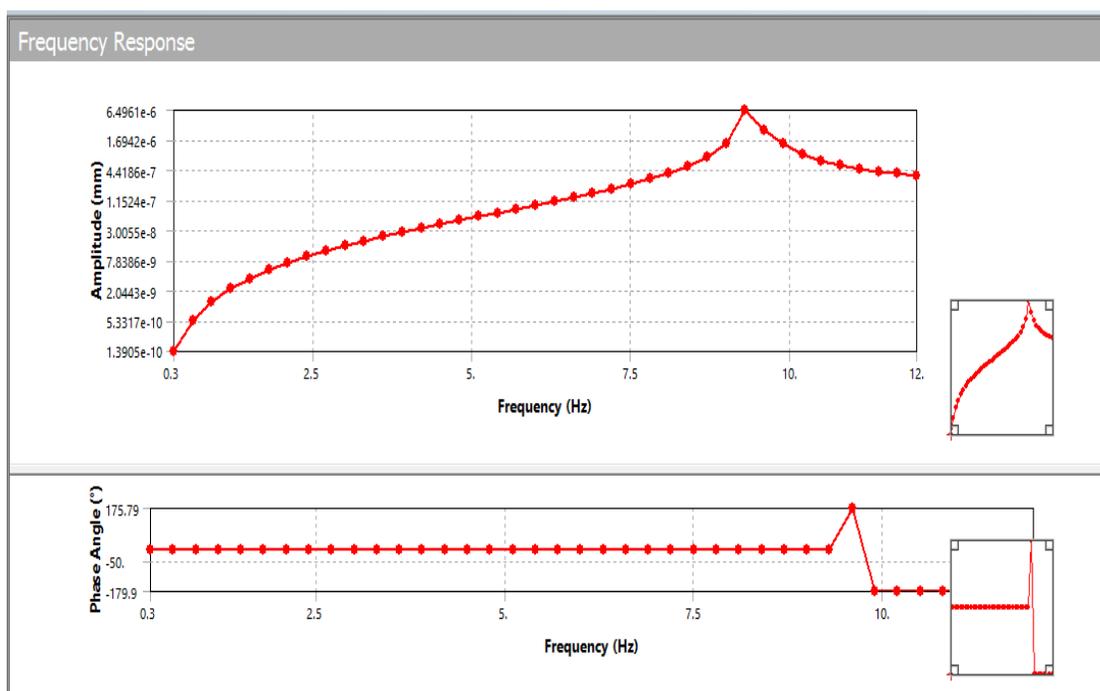


Respuesta a la frecuencia

La Figura 43 nos muestra la respuesta a la frecuencia y observamos que la amplitud máxima que obtendremos es de 6.4961×10^{-6} mm.

Figura 55

Respuesta del sistema a la frecuencia



Capítulo V

Ensamble y pruebas de funcionamiento

Construcción

La construcción de nuestra maquina se elaborará en tres fases:

- **Primera Fase:** En esta fase realizamos la toma de medidas
- **Segunda Fase:** En esta Fase continuamos con la construcción de las diferentes partes de nuestra máquina
- **Tercera Fase:** En esta fase realizamos el ensamblaje de todos los componentes de nuestra máquina

Primera Fase Toma de medidas para elaboración de la estructura

Aquí debemos tomar todas las medidas de la cocina de la fundación ya que nuestra máquina de chifles va a acoplarse con la cocina industrial que disponen es así que vamos a tomar las medidas de altura de las patas de la cocina como se muestra en la Figura 44

Figura 56

Toma de medida de altura de patas de cocina



A continuación tomamos la medidas ancho de la cocina como se muestra en la Figura 45 esto nos ayuda a dimensionar de una mejor manera la estructura que va a tener nuestra máquina.

Figura 57

Toma de medida de ancho de cocina



También necesitamos la medida de altura como se muestra en la Figura 46 que va a tener nuestra estructura a partir de donde se va a producir el corte esta altura debe contemplar la altura de la cocina y la paila donde va a caer el platano verde ya cortado, para de manera inmediata caiga en el aceite que va a estar listo para freir.

Figura 58

Toma de medida de altura



Nota: Se realiza la toma de medida de altura incluida la paila

Finalmente tomaremos la medida de la profundidad de la cocina como de muestra en la Figura 47 todas esta medida son importantes ya que nos ayudarán a dimensionar de mejor manera la estructura donde se van a ensamblar los diefrentes componentes de nuestra máquina.

Figura 59

Toma de medida de profundidad de cocina



Segunda Fase

En esta fase empezamos con el corte de los tubos de sección cuadrada para la elaboración de la estructura de la máquina como se muestra en la Figura 48 donde se realiza la marca de la medida.

Figura 60

Marca de medida en tubos de sección cuadrada



Una vez que terminamos la marcar, seguimos con el corte de los tubos como se muestra en la Figura 49 para continuar con el proceso de soldadura.

Figura 61

Corte de tubos para la estructura



Una vez realizado el proceso de soldadura de la estructura sobre la cual vamos a tener nuestra máquina, obtenemos la estructura como se muestra en la Figura 50.

Figura 62

Estructura de la máquina cortadora de verde



Ahora continuamos con la construcción de disco porta cuchillas, aquí es donde se van a alojar nuestras cuchillas así que empezamos con el proceso de torneado como se muestra en la Figura 51.

Figura 63

Proceso de torneado para disco porta cuchillas



A continuación seguimos con el proceso de fresado para posicionar el lugar donde van a estar las cuchillas como se muestra en la Figura 52

Figura 64

Proceso de fresado del disco porta cuchillas



Seguimos con la construcción del eje de transmisión como se muestra en la Figura 53 aquí torneamos el eje al diámetro obtenido en los cálculos.

Figura 65

Proceso de Torneado para el eje de transmisión



Ahora construir nuestra matriz de abastecimiento como se muestra en la Figura 54, en esta matriz de abastecimiento nos permite obtener el chifle alargado ya que nos permite el corte longitudinal el verde.

Figura 66

Matriz de bastecimiento para corte longitudinal



Tercera Fase

Una vez que terminamos con la construcción de los diferentes componentes de nuestra máquina, es hora de ensamblar los diferentes componentes empezamos con el ensamblaje de estructura, eje, chumaceras y motor como se muestra en la Figura 55.

Figura 67

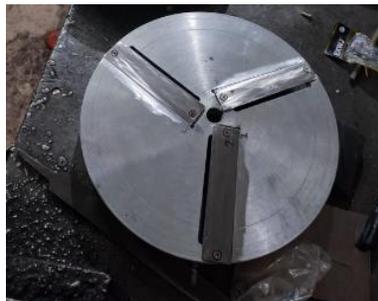
Ensamblaje de estructura –eje –chumaceras –motor



Parte importante de nuestra máquina es el sistema de corte en donde ensamblaremos, disco porta cuchillas y cuchillas como se muestra en la Figura 56, para posteriormente ensamblarlo con el eje

Figura 68

Ensamblaje disco porta cuchillas- cuchillas



En la siguiente Figura 57 nos muestra el ensamble final de nuestra máquina la cual está lista para empezar con las pruebas de funcionamiento

Figura 69

Ensamblaje Final



Una vez que terminamos el ensamble de toda la máquina empezamos con las pruebas de funcionamiento, en la Figura 58 se muestra las pruebas de funcionamiento en la Fundación Héroes de Vida revisando que la máquina cumpla con las medidas.

Figura 70

Pruebas de funcionamiento



Encendemos la máquina para empezar con el corte del plátano verde según la Figura 59 este lo realizamos varias veces para verificar que el equipo funcione correctamente y garantizar que se entrega un equipo en óptimas condiciones.

Figura 71

Corte del plátano verde



Finalmente verificamos que el corte es el correcto el verde cortado cae directamente en el aceite hirviendo y obtenemos el chifle tal como se muestra en la Figura 60, que la máquina funciona correctamente durante su operación

Figura 72

Pruebas de funcionamiento obtención del chifle



Conclusiones

En este trabajo de titulación se diseñó y construyó una máquina cortadora de plátano verde dominico para la fundación Héroes de Vida que permite realizar cortes tanto transversal como longitudinal permitiendo la elaboración de chifles, con esta máquina se acorta los tiempos de producción del chifle para su posterior comercialización.

En este trabajo de titulación se diseñó y construyó los sistemas de abastecimiento intercambiables que permiten lograr el corte transversal y longitudinal, este sistema debe ser de acero inoxidable A304 ya que están en contacto directo con el producto y no permite la contaminación del mismo.

En este trabajo de titulación se diseñó y construyó considerando la Norma ISO 22000 que nos especifica los requisitos que debe cumplir nuestro sistema de corte para garantizar la inocuidad del corte del plátano verde para la producción de chifle.

En este trabajo de titulación se diseñó y construyó una estructura de acero inoxidable AISI 304 (acero usado en la industria alimentaria), que se adapta a la cocina de la fundación es así que fue importante una toma de medidas inicial que fueron restricciones para el diseño de nuestra estructura, al final mediante las pruebas de funcionamiento podemos ver que la estructura al lugar y condiciones de operación.

En este trabajo de titulación se realizó el ensamble de cada uno de los componentes de nuestra máquina que cumplen con su correcto funcionamiento, durante el proceso de ensamble se debe evaluar constantemente que cada elemento se posicione correctamente para así lograr un correcto ajuste de cada elemento de nuestra máquina.

Recomendaciones

Durante el diseño de nuestra máquina se tuvo en cuenta el esfuerzo de corte para el verde, sin embargo, se puede verificar obteniendo previamente el esfuerzo de corte para otros productos como papas, camote y yuca y verificar si nuestro diseño se adapta a estos productos y realizando modificaciones en la matriz de abastecimiento se puede producir estos productos que también son solicitados en el mercado.

El sistema de abastecimiento y toda la máquina debe recibir mantenimiento preventivo, como limpieza cada vez que se usa la máquina ya que el verde cuando es cortado genera residuos propios del corte y pueden malograr el sistema de corte.

Entre varios diseños de nuestra máquina se escogió el que más se adapta al lugar y condiciones de operación sin embargo como una posible mejora se puede considerar hacer un solo equipo integrando una freidora industrial a nuestra máquina cortadora de plátano verde.

Durante el ensamble cada elemento de la máquina se considera que esta puede tener varias mejoras como un control automatizado de la misma, donde se puede integrar sistemas de seguridad para evitar accidentes.

Bibliografía

- Agraria*. (30 de 10 de 2017). *El Platano tipo Cavendish en peligro de extinción*. PlanTI
<https://agraria.pe/noticias/platano-cavendish-esta-en-peligro-de-extincion-15172>
- Articles. (2020). *Evaluación socioeconómica de la producción* . Entrepreneurial studies:
 file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-EvaluacionSocioeconomicaDeLaProduccionDePlatanoEnL-7888294.pdf
- Coba. (s.f.). *Primicias. Ecuador principal exportador de banano Cavendish*. Elexportador.
<https://www.primicias.ec/noticias/economia/banano-cavendish-fusarium-exportacion-ecuador/>
- Garcia, F. (26 de 03 de 2022). *Mejor con salud. Beneficios del platano verde*.
<https://mejorconsalud.as.com/6-beneficios-del-platano-verde-probablemente-desconocias/>
- INEC. (2012). *La Ficha Tecnica de Agricultura*. Ecuador en cifras.
https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/co_agricola.php?id=01313.00.01
- La Hora*. (2019). *Los chifles, componentes y características*. La hora <https://lahora.pe/vida-y-estilo/2019/04/04/el-chifle-el-acompanamiento-infaltable-en-la-gastronomia-peruana-jo/>
- La vanguardia*. (2016). *Can Roca definición y temperatura*. Lavanguardia.
<https://www.lavanguardia.com/comer/recetas/20161125/412112428990/temperatura-aceite-freir-180-c.html>
- Montajes y soluciones de ingeniería*. (2020). *Capacitación y normativas*. CapacitaciónID.
<https://www.ms-ingenieria.com.mx/capacitacion-y-normativas/materiales-y-accesorios-para-plantas-de-la-industria-alimenticia/>

Pazos, J. (2009). *Una mirada diferente al Ecuador*. ISChifles.

https://www.terraecuador.net/allimicuna/57_allimicuna_chifles.html

Portal fruticola. com. (10 de 11 de 2022). Alto precio del banano Ecuatoriano. Portalfruticola.

<https://www.portalfruticola.com/noticias/2022/11/10/alto-precio-spot-del-banano-ecuadoriano-y-complicacion-en-contratos-2023/>

Pujol, L. (2021). *Laylita.com*. Recetas de cocina. [https://www.laylita.com/recetas/chifles-de-](https://www.laylita.com/recetas/chifles-de-platano/)

[platano/](https://www.laylita.com/recetas/chifles-de-platano/)

Rodriguez. (23 de 02 de 2022). *Productores del carmen podran regularizarse en la nueva*

oficina tecnica del campo. Elproductor. <https://elproductor.com/2021/09/ecuador-productores-de-el-carmen-ya-podran-regularizarse-en-la-nueva-oficina-tecnica-de-platano-de-esta-localidad/>

Apéndices