



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA REBANADORA DE VERDE
PARA LA ELABORACIÓN DE CHIFLES**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: PABLO DAVID MIRANDA NUÑEZ

TUTOR: FABIO EDUARDO OBANDO HERRERA

Quito – Ecuador

2024

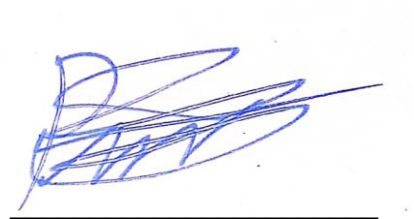
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Pablo David Miranda Núñez con documento de identificación N°1804744355 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 06 de agosto de 2024

Atentamente



Pablo David Miranda Núñez

1804744355

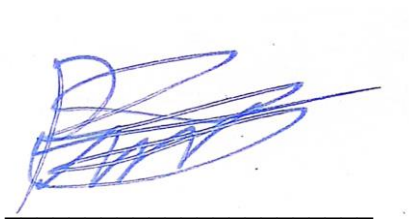
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Pablo David Miranda Núñez con documento de identificación N°1804744355, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Dispositivo Tecnológico: "Diseño E Implementación de una máquina rebanadora de verde para la elaboración de chifles", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 06 de agosto de 2024

Atentamente



Pablo David Miranda Núñez

1804744355

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Fabio Eduardo Obando Herrera con documento de identificación N° 1707982169, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA REBANADORA DE VERDE PARA LA ELABORACIÓN DE CHIFLES, realizado por Pablo David Miranda Núñez con documento de identificación N°1804744355, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Dispositivo Tecnológico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 06 de agosto de 2024

Atentamente



Ing. Fabio Eduardo Obando Herrera MSc. PhD.

Agradecimiento.

Agradezco a mi Familia y en especial a mi madre Gladis Beatriz Núñez Guerrero y a mi Tía Bertha Matilde Núñez Guerrero por ser mi inspiración y creer en mí a lo largo de mi carrera, por estar ahí guiándome por el camino correcto y por cuidar de mí a lo largo de mi vida.

A mi director de Proyecto, Ingeniero Fabio Obando y a la directora de carrera Luisa Sotomayor, por apoyar con sus conocimientos para que el proyecto tuviera éxito, así como a las demás autoridades de la carrera.

Gracias por su ejemplo, les dedico el presente proyecto.

Pablo David Miranda Núñez

Lista de Contenidos

Capítulo I	2
Marco Teórico.....	2
1.1 Chifles	2
1.2 Tipos de plátanos utilizados para chifles.....	2
1.2.1. Barraganete	2
1.2.2. Dominico.....	3
1.2.3. Maqueño	3
1.3 Maduración y oxidación del verde	4
1.4 Valor del Plátano.....	4
1.5 Principales propiedades fisicoquímicas del Plátano.....	5
1.6 Tipos de Corte	5
1.6.1 Corte Circular.....	5
1.6.2 Corte a lo largo.....	6
1.6.3 Corte Angular	6
1.7 Elementos de la máquina rebanadora de verde eléctrica.....	7
1.7.1 Motor Eléctrico WEG	7
1.7.2 Cuchilla de acero inoxidable	8
1.7.3 Poleas.....	8
1.7.4 Banda de Transmisión	9
1.7.5 Biela	10
1.7.6 Manivela	10
1.7.7 Corredera.....	10
1.8 Materiales de construcción de la maquina rebanadora de verde eléctrica	11
1.8.1 Acero	11
1.8.2 Acero estructural ASTM A36.....	11
1.8.3 Acero inoxidable AISI 304.....	12
1.8.4 Acero AISI 1018.....	12
1.9 Elementos electrónicos de la máquina rebanadora de verde eléctrica	13
1.9.1 Microcontrolador Arduino.....	13
1.9.2 Motorreductor.....	13
1.9.3 Modulo xy-15as PWM.....	13
1.10 Elementos para las uniones de las estructuras.....	14
1.10.1 Soldadura a gas y arco metálico o GMAW	14
1.10.2 Alambre de soldadura ER70S-6.....	15

1.10.3	<i>Soldadura TIG o GTAW</i>	16
Capítulo II		17
Análisis y selección de alternativas de diseño		17
2.1	Alternativa 1: Máquina rebanadora de verde vertical	17
2.2	Alternativa 2: Máquina rebanadora de verde horizontal	17
2.3	Selección de alternativa.....	18
2.3.1	<i>Matrices de selección</i>	18
2.4	Evaluación de selección	20
Capítulo III		22
Diseño y construcción		22
3.1	Cargas de trabajo	22
3.2	Selección de cuchilla de corte	23
3.3	Selección del motor eléctrico para impulsar la cuchilla.....	25
3.4	Selección de bandas y poleas	26
3.5	Selección de Motor DC para el mecanismo impulsor	31
3.6	Mecanismo biela-manivela	32
3.7	Selección de rodamientos.....	35
3.8	Diseño Mecánico.....	40
3.8.1	<i>Perfil de Acero para la base estructural</i>	41
3.9	Diseño Electrónico	42
3.9.1	<i>Micro controlador Arduino UNO</i>	42
3.9.2	<i>Modulo módulo XY-15AS PWM</i>	43
3.9.3	<i>Motorreductor 12V</i>	43
3.9.4	<i>Fuente de 12V</i>	43
3.10	Diagrama de Flujo.....	43
Capítulo IV		45
Análisis de resultados		45
4.1	Resultados previstos	45
4.2	Análisis y discusión.....	48
4.3	Estudio de costos.....	49
4.3.1.	<i>Costos directos</i>	49
4.3.2.	<i>Costos indirectos</i>	50
4.4	Análisis económico: VAN y TIR.....	51
4.4.1.	<i>Proyección de ventas y gastos</i>	52
4.5	Evaluación del Proyecto.....	54

Conclusiones y recomendaciones	55
Conclusiones	55
Recomendaciones.....	55

Lista de Figuras

Figura 1. Barraganete [3].	3
Figura 2. Dominico [4].	3
Figura 3. Maqueño [5].	3
Figura 4. Corte Circular [9].	6
Figura 5. Corte a lo largo [9].	6
Figura 6. Corte angular [9].	7
Figura 7. Motor WEG [10].	8
Figura 8. Cuchilla de acero inoxidable [11].	8
Figura 9. Polea para transmisión con bandas [12].	9
Figura 10. Banda trapezoidal [13].	10
Figura 11. Esquema de conexión del Módulo [21].	14
Figura 12. Esquema de soldadura GMAW [22].	15
Figura 13. Alambre para soldadura ER70S-6 [23].	15
Figura 14. Esquema de soldadura TIG [24].	16
Figura 15. Funcionamiento de cortadora vertical	17
Figura 16. Funcionamiento de cortadora horizontal	18
Figura 17. Verde cortado por cuchilla	23
Figura 18. Cuchilla de acero AISI 304	24
Figura 19. Parámetros del motor WEG.	25
Figura 20. Tabla para selección de factor de servicio [24].	27
Figura 21. Tablas para selección de bandas [24]	28
Figura 22. Catálogo de Poleas 3V Intermec [24].	29
Figura 23. Catálogo de Poleas 3VX Intermec [24].	30
Figura 24. Representación del mecanismo biela-manivela [25].	33
Figura 25. Factor de confiabilidad [26].	36
Figura 26. Diagrama de viscosidad nominal [26].	37
Figura 27. Diagrama de factor SKF [26].	39
Figura 28. Diseño del prototipo (Vista isométrica)	40
Figura 29. Diseño del prototipo (Vista lateral)	41
Figura 30. Análisis del factor de seguridad del tubo de acero A36	41
Figura 31. Diseño electrónico con Modulo XY-15AS PWM.	42
Figura 32. Diagrama de flujo	44
Figura 33. Primer ensamble del prototipo.	45

Lista de Tablas

Tabla1. Tipos de plátanos verdes para chifle [2].	2
Tabla2. Información nutricional acerca del plátano [8].	5
Tabla3. Propiedades mecánicas y físicas del acero ASTM A36 [16].	11
Tabla4. Propiedades mecánicas y físicas del acero AISI 304 [17]	12
Tabla5. Propiedades mecánicas y físicas del acero AISI 1018 [18].	12
Tabla6. Análisis cualitativo.	18
Tabla7. Valorización de criterios	19
Tabla8. Calificación de alternativas	19
Tabla9. Calificación ponderada	20
Tabla10. Fuerza aplicada al verde en kg	22
Tabla11. Parámetros del motor WEG Monofásico	25
Tabla12. Tabla de horas según el tipo de servicio	27
Tabla13. Peso a impulsar por el motor	31
Tabla14. Parámetros del motor-reductor DC	32
Tabla15. Comparación de tiempos.	46
Tabla16. Resultados de Corte de Barraganete	46
Tabla17. Resultados de Corte de Dominico.	47
Tabla18. Resultados de Corte de Maqueño	47
Tabla19. Tiempos de Corte Manual.	48
Tabla20. Tiempos de Corte Automático	48
Tabla21. Costos Directos	50
Tabla22. Costos Indirectos.	50
Tabla23. Resumen de Costos	51
Tabla24. Proceso de elaboración del producto	51
Tabla25. Costo de elaboración del producto/Precio de venta	52
Tabla26. Ventas previstas	52
Tabla27. Flujo de Caja (VAN/TIR)	53

RESUMEN

El presente proyecto está orientado al diseño y construcción de un prototipo de máquina rebanadora de verde para la elaboración de chifles, y su propósito es optimizar los tiempos de corte y brindar seguridad al operador, busca también garantizar el cumplimiento de las necesidades y expectativas para el área de procesamiento y corte de alimentos en pequeños emprendimientos dedicados a brindar este servicio.

Este dispositivo tecnológico está diseñado para la producción de 80 kg/h, lo que permite un flujo de procesamiento eficiente de la materia prima, inicialmente se realizaron pruebas para comprender las propiedades físicas de los alimentos que la maquina va a procesar, además de realizar un contraste con otros modelos de máquinas similares disponibles en el mercado nacional.

Se ha recolectado información digital y física en distintos establecimientos alimenticios, utilizando el estudio comparativo se seleccionó la mejor alternativa para encontrar la solución al problema que pretende ayudar dicho proyecto.

Palabras clave: corte de alimentos, verde, máquina, proyecto, prototipo, chifle.

ABSTRACT

The present project is oriented to the design and construction of a prototype of a green banana cutting machine, used for the preparation of chips, and its purpose is to optimize the cutting time and provide safety to the operator, it's also seeks to guarantee the fulfillment of the needs and expectations for the area of food processing and cutting in small businesses dedicated to providing this service.

This technological device is designed for the production of 80 kg/h, which allows an efficient processing flow of the raw material. Initially, tests were carried out to understand the physical properties of the food that the machine is going to process, in addition to carrying out a contrast with other models of similar machines available in the national market.

Digital and physical information has been collected in different food establishments, using the comparative study the best alternative was selected to find the solution to the problem that this project intends to help.

Keywords: food cutting, green banana, machine, project, prototype, chips

Introducción

El proyecto denominado a continuación, tiene como fin el diseño y construcción del prototipo de una máquina rebanadora de plátano verde para la elaboración de chifles, el cual está enfocado en solucionar los problemas, de tiempo, seguridad, dinero y salubridad. El rebanado de chifles será más rápido y seguro que el tradicional método de corte manual.

El proceso de rebanado de verde para la elaboración de chifle generalmente se realiza a mano, para ello se requiere de utilizar un cuchillo para ejecutar el corte, de esta manera se realiza dicho trabajo en la actualidad, no obstante, existen equipos y maquinas especializadas para ello, de gran tamaño y valor económico. En este proceso se ha automatizado el proceso de rebanado de verde, consistirá en una cuchilla circular la cual estará ejerciendo un movimiento rotacional cortando el verde de manera consistente a medida que un impulsor desplazara el verde mediante un movimiento lineal en dirección de la cuchilla, después regresando a su posición inicial para colocar más verde completando el ciclo, el movimiento circular de la cuchilla será activado por un interruptor y el movimiento lineal del propulsor (ida y vuelta) se realizara manualmente apoyado por un mecanismo de resorte. El proceso evidentemente será más rápido que el método convencional, dando solución a los problemas previamente vistos.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar y construir un prototipo de máquina rebanadora de verde para la elaboración de chifles.

Objetivos específicos

- Analizar tipos de rebanadoras de chifles, materiales utilizados, características y tipos de corte aplicados para la obtención del producto final.
- Calcular y comprobar mediante software elementos mecánicos y electrónicos del prototipo
- Construir prototipo de una rebanadora automática de verde y realizar pruebas de su funcionamiento comparando el proceso de corte de la máquina frente al operador.

Capítulo I

Marco Teórico

1.1 Chifles

Los chifles son rebanadas delgadas de plátano verde que posteriormente son fritas en aceite y aderezadas con sal, pimienta u otros condimentos en polvo. Comúnmente vendidas en bolsas plásticas para su fácil transporte [1].

1.2 Tipos de plátanos utilizados para chifles

Dentro de la elaboración de chifles se pueden destacar 3 tipos de plátano verde: barraganete, dominico y maqueño. Los cuales son producidos dentro de la región Litoral y en las zonas de clima cálido dentro del país Ecuador, siendo el barraganete el que más se produce durante la época de invierno, desde enero hasta abril o mayo [2].

El dominico y el maqueño difieren del barraganete en sus dimensiones y en la cantidad de dedos que producen. Estos tipos de plátanos verde se especifican en la Tabla 1.

Tabla1. Tipos de plátanos verdes para chifle [2].

Barraganete	Dominico	Maqueño
Largo (22-30 cm)	Largo (22-30 cm)	Largo (20-23 cm)
Ancho (2 -5 cm)	Ancho (2-4 cm)	Ancho (2-4 cm)
Peso (150-200 gr)	Peso (150-200 gr)	Peso (150-200 gr)

1.2.1. Barraganete

Capaz de producir alrededor de 44 dedos por mano, siendo el más grande de los tres tipos de plátano verde, de popular uso en la cocina y utilizado para exportación. Además de ser el más distintivo a nivel visual como se aprecia en la figura 1 [3].



Figura 1. Barraganete [3].

1.2.2. *Dominico*

Especie de Plátano verde preferido para su uso en la elaboración de chifles, provee alrededor de 23 dedos por mano reconocible por que tiende a volverse amarillo con forme llega a su maduración. Se lo puede observar en la figura 2 [4].



Figura 2. Dominico [4].

1.2.3. *Maqueño*

Capaz de producir hasta 80 dedos por mano, esta especie es principalmente usada para la elaboración de Chifles dulces, debido a su pulpa pegajosa y dulce, es fácilmente reconocible por su piel rosada y aspecto regordete. Es posible apreciarlo en la figura 3 [5].



Figura 3. Maqueño [5].

1.3 Maduración y oxidación del verde

El proceso de maduración del verde puede durar entre 4 y 8 días mientras aun conserve su cascara, mientras que desprendido de ella puede mantener sus propiedades por varias horas antes de verse afectado por la oxidación, Este proceso puede darse también cuando el verde sufre daños o roturas en su superficie externa. Aunque el consumo de fruta oxidada no perjudique el organismo del consumidor, esto reduce su valor nutricional y es probable que sus características cambien. La mejor forma de asegurar el correcto aprovechamiento de toda la materia prima es asegurarse de que esta sea lavada y pelada antes de rebanarse [6].

1.4 Valor del Plátano

Es necesario reconocer que en el territorio ecuatoriano se generan varios recursos agrícolas que son considerablemente importantes para el PIB de la nación. Y el plátano resalta como uno de los más importantes por a la variedad de productos derivados que se pueden obtener de este y a las variadas formas de comercialización y conservación del mismo. A nivel nacional buena parte de la población recurre al plátano diariamente como fuente de nutrientes fundamental para el consumo regular. Entre las características principales del cultivo del plátano se encuentra que los residuos altos en celulosa como el tallo y las hojas, al ser ricos en fibra puede ser aprovechada como materia prima para procesos industriales [7].

El plátano más allá de ser un alimento sustancial para la población ecuatoriana también cuenta con una gran importancia como producto de exportación gracias a su gran rubro. Consecuentemente esto genera grandes cantidades de trabajo en las regiones del Ecuador donde este cultivo puede crecer. El hecho de contar con una alta demanda exterior ha incrementado los requerimientos de cuidado para cada etapa de su elaboración, desde la plantación hasta la obtención del producto final [7].

Uno de los aspectos más destacados e importantes del plátano son sus componentes nutricionales, aportando al consumidor energía, agua, carbohidratos, proteínas, fibras y lípidos, además de minerales como calcio, fosforo, hierro, potasio además de otras vitaminas [7].

1.5 Principales propiedades fisicoquímicas del Plátano

Este se fruto es abundante en hidratos de carbono, especialmente fructosa cuando ha madurado y con una presencia mínima de grasas. Es una fuente formidable de fibra sirviendo como regulador del tránsito intestinal y para lidiar con problemas de estreñimiento. Además de destacar por su alto contenido en Potasio el cual contribuye a la regulación de la presión arterial y a mantener saludable el sistema nervioso.

Por otra parte, la presencia de antioxidantes en las vitaminas C y E hace de este un alimento bastante bueno para el corazón y para la prevención de ciertos tipos de cáncer. Las propiedades nutricionales del plátano se pueden apreciar en la tabla 2 [8].

Tabla2. Información nutricional acerca del plátano [8].

Valor nutricional por cada 100gr	
Calorías	94 kcal
Proteínas	1.2 g
Grasas	0.3 g
Hidratos de Carbono	20 g
Fibra	3.4 g
Hierro	0.6 g
Magnesio	38 mg
Potasio	350 mg
Fósforo	28 mg

1.6 Tipos de Corte

El grosor de las rebanadas de chifles en promedio suele medir entre 1 mm y 2 mm, mientras que el diámetro o longitud de las rebanadas varía dependiendo del tipo de corte, entre los cuales se destacan:

1.6.1 *Corte Circular*

Este tipo de corte se obtiene cuando el verde es impulsado en contra de la cuchilla con la punta, resultando en cortes con la forma circular del diámetro del verde, como bien se puede observar en la figura 4 [9].



Figura 4. Corte Circular [9].

1.6.2 *Corte a lo largo*

Este tipo de corte se obtiene cuando el verde es impulsado contra la cuchilla con el costado lateral, resultando en rebanadas alargadas con la forma del contorno del plátano verde, como se puede apreciar en la figura 5 [9].



Figura 5. Corte a lo largo [9].

1.6.3 *Corte Angular*

Este tipo de corte se obtiene cuando se impulsa el verde contra la cuchilla con la punta en un ángulo de 45 grados, resultando en rebanadas ovaladas con una consistencia similar a la del corte circular, esta clase de corte se distingue visualmente en la figura 6 [9].



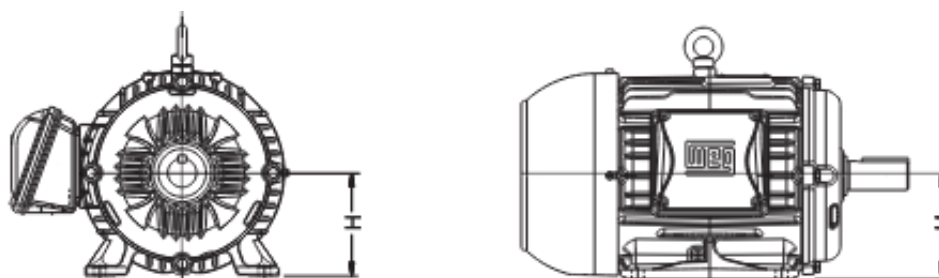
Figura 6. Corte angular [9].

1.7 Elementos de la máquina rebanadora de verde eléctrica

Se realizará una breve descripción de los elementos mecánicos, los cuales serán empleados para la elaboración del proyecto.

1.7.1 Motor Eléctrico WEG

Es de los motores más comúnmente usados para transformar la energía eléctrica en mecánica, por su bajo costo, facilidad de transporte, limpieza y simplicidad, siendo posible encontrar múltiples variedades que funcionan a corriente continua que son más costosos o a corriente alterna que son los más comunes, así también como se encuentran motores síncronos (para velocidad constante) y asíncronos (velocidad variable), en la figura 7 se aprecia una representación esquemática del motor WEG [10].



Carcasas 63 hasta 112M

Figura 7. Motor WEG [10].

1.7.2 Cuchilla de acero inoxidable

La cuchilla es esencialmente el borde más agudo de una hoja de acero inoxidable la cual se acopla en una estructura que la mantiene en su lugar a pesar de las altas revoluciones a las que se le va a someter. Lo que asegura cortes consistentes mientras la velocidad de la cuchilla sea constante. Las cuchillas al igual que la estructura en la que van montadas son de acero inoxidable para evitar la corrosión ante la exposición a la humedad y así asegurar la integridad de los elementos alimenticios con los que va a interactuar, esta se puede apreciar mejor en la figura 8 [11].



Figura 8. Cuchilla de acero inoxidable [11].

1.7.3 Poleas

Son comúnmente utilizadas para transmitir la potencia rotacional entre elementos mecánicos de todo tipo. Se manejan por catálogo dependiendo de qué tan altos o bajos sean los niveles de potencia y velocidad junto con la banda con la que van a operar. Razón por la que las poleas deben elaborarse de materiales de alta calidad, ser balanceados y no poseer imperfecciones en su superficie. Estos productos deben cumplir la mayor calidad posible en el mercado, pueden fabricarse a partir de acero, fundición de hierro o aluminio, con la

forma de su canal adaptado para el tipo de banda que va a ocupar, un ejemplo de polea puede apreciarse en la figura 9 [12].



Figura 9. Polea para transmisión con bandas [12].

1.7.4 *Banda de Transmisión*

Las bandas de transmisión pueden encontrarse en múltiples variedades, como bandas planas, trapezoidales o en V, dentadas o sincrónicas incluso redondas, dependiendo de factores como la potencia, la velocidad de la polea impulsora, la velocidad de la polea impulsada o la distancia entre los centros de las poleas, el diseño de la banda seleccionada debe encajar perfectamente en las muescas de las poleas. Como se puede apreciar en las bandas tipo V, que son el tipo de banda más utilizado gracias a sus excelentes capacidades para transmitir potencia. Esto debido a sus laterales inclinados diseñados para aferrarse con firmeza a las muscas de sus poleas. Su relativa facilidad para su instalación y su reducido coste además de su amplia variedad de tamaños y gama de perfiles, hace posible encontrar bandas adecuadas para cubrir desde aplicaciones ligeras a pesadas, su apariencia se observa en la figura10 [13].



Figura 10. Banda trapezoidal [13].

1.7.5 Biela

Es el elemento que comunica a la manivela con la corredera y permite transferir el movimiento de un elemento a otro. Consiste en un eslabón alargado en proporción a la distancia que la corredera tendrá que cubrir. Además, de ser capaz de resistir la fuerza de compresión e impacto a la que será sometida [14].

1.7.6 Manivela

Consiste en una barra en el cual uno de sus extremos está fijada a un eje de rotación y su otro extremo se une a uno de los extremos de la biela permitiendo un cierto juego entre los elementos, permitiendo que la biela se mueva hacia adelante y hacia atrás de manera alternante mediante la rotación de la manivela [14].

1.7.7 Corredera

Es el elemento final del mecanismo biela-manivela-corredera. Consiste en un elemento que al estar confinado solo puede moverse en un sentido lineal hacia adelante y hacia atrás. Funciona como la salida del sistema, transforma el movimiento de rotación proveniente de la manivela, recibiendo el movimiento transferido mediante la biela, resultando en un movimiento perfectamente lineal [14].

1.8 Materiales de construcción de la maquina rebanadora de verde eléctrica

1.8.1 Acero

Es esencialmente una aleación compuesta principalmente de Hierro (Fe) y Carbono (C), en el cual la cantidad de carbono puede variar entre el 0,008% y el 2,11% además de un porcentaje de otros elementos como el Boro (B), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Molibdeno (Mo), etc. Modificando las propiedades físicas y químicas del acero.

La forma en la que se identifican los tipos de aceros de acuerdo a su composición química y propiedades es por medio de las nomenclaturas AISI, ASTM y UNS. De ese modo podemos diferenciar los distintos aceros, como un acero estructural ASTM A36 bajo en carbono ampliamente utilizados en el sector constructivo, de un acero AISI 304 inoxidable con alto contenido en Cromo para proporcionarle su resistencia a la corrosión o del acero AISI 316 inoxidable rico en Cromo y Molibdeno aumentando su resistencia siendo ampliamente utilizado en áreas médicas, también conocido como acero quirúrgico [15].

1.8.2 Acero estructural ASTM A36

El acero estructural A36 es de uso común debido a su precio, facilidad de fabricación y tenacidad, principalmente utilizada para propósitos de soldadura y juntas empernadas. Se recomienda recubrir el material con pintura adecuada para proteger el acero de la corrosión y así mantener sus propiedades como las podemos ver en la Tabla 3, las cuales en relación a su costo y disponibilidad lo hacen el material adecuado para la elaboración de una estructura estable [16].

Tabla3. Propiedades mecánicas y físicas del acero ASTM A36 [16].

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a la Tensión	80 ksi – 550 MPa
Resistencia a la Fluencia	36 ksi – 250 MPa
Porcentaje de Elongación	23% en 50 mm
Módulo de Elasticidad	200 GPa – 29000 ksi
Dureza Max. Brinell (HB)	119 – 159 HB
PROPIEDADES FÍSICAS	
Densidad	7.85 g/cm ³ (0,284 lb/in ³)

1.8.3 Acero inoxidable AISI 304

El acero inoxidable AISI 304 es un acero de tipo austenítico. Poseedor de cualidades destacables como su resistencia a la corrosión y su buena soldabilidad. Además de ser un material muy higiénico y solo ligeramente magnético al ser tratado en frío, gracias a estas propiedades es uno de los aceros más utilizados para la elaboración de productos e instrumentos, destacando su uso en la industria alimentaria para la manipulación de alimentos de manera segura. Sus propiedades se presentan en la Tabla 4 [17].

Tabla4. Propiedades mecánicas y físicas del acero AISI 304 [17]

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a la Tensión	75 ksi – 520 MPa
Resistencia a la Fluencia	32 ksi – 220 MPa
Porcentaje de Elongación	20% en 50 mm
Módulo de Elasticidad	193 GPa – 28000 ksi
Dureza Max. Brinell (HB)	201 HB
PROPIEDADES FÍSICAS	
Densidad	7.93 g/cm ³ (0,284 lb/in ³)

1.8.4 Acero AISI 1018

El acero AISI 1018 es un acero de bajo carbono, comúnmente utilizado para la fabricación de partes mecánicas como ejes, bujes, elementos de sujeción, etc. Por su buena maleabilidad en caliente, buenas propiedades en moldeado en frío y su excelente soldabilidad. Además de adquirir una buena dureza superficial conservando las propiedades en su núcleo por medio de tratamientos térmicos como la cementación, el temple o revenido. Sus propiedades se pueden ver en la tabla 5 [18].

Tabla5. Propiedades mecánicas y físicas del acero AISI 1018 [18].

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a la Tensión	64 ksi – 440 MPa
Resistencia a la Fluencia	54 ksi – 370 MPa
Porcentaje de Elongación	15% en 50 mm
Módulo de Elasticidad	205 GPa – 29700 ksi
Dureza Max. Brinell (HB)	126 HB
PROPIEDADES FÍSICAS	
Densidad	7.87 g/cm ³ (0,284 lb/in ³)

1.9 Elementos electrónicos de la máquina rebanadora de verde eléctrica

Se explicarán brevemente los componentes tanto eléctricos como electrónicos que serán utilizados en el proyecto.

1.9.1 *Microcontrolador Arduino*

Consiste de un circuito integrado programable capaz de enviar y recibir una amplia gama de señales eléctricas tanto analógicas como digitales, por su facilidad de programación mediante el software de la misma marca, este microcontrolador es ampliamente utilizado para propósitos de control de elementos electrónicos gracias a sus propiedades de funcionamiento, fácil programación y bajo costo [19].

1.9.2 *Motorreductor*

Consiste de un motor DC que cuenta con una caja reductora a la salida de su eje permitiendo incrementar el torque efectivo del sistema reduciendo así la exigencia de corriente en el motor DC. El cual puede controlarse mediante un módulo PWM y un microcontrolador [20].

1.9.3 *Módulo xy-15as PWM*

Es un módulo diseñado para operar de entre 5 a 36 V y soportar una corriente de alimentación entre 12 a 15 A, permitiendo que el control de la señal PWM sea desempeñada

por el módulo en lugar del microcontrolador, facilitando el control de la señal por medio de comandos más simples en el microcontrolador, esto puede apreciarse en la figura 11 [21].



Figura 11. Esquema de conexión del Módulo [21].

1.10 Elementos para las uniones de las estructuras

Se explicará brevemente las uniones y juntas utilizadas en el proyecto. Además de describir los procesos y materiales utilizados para generar estas uniones estructurales.

1.10.1 Soldadura a gas y arco metálico o GMAW

También conocida como soldadura MIG/MAG dependiendo del gas utilizado, consiste en un proceso de soldadura por arco eléctrico cubierto bajo un gas protector y alimentado con un electrodo consumible en forma de un hilo continuo controlando la salida del gas, la velocidad de salida del cable, el voltaje y amperaje, dependiendo de los tipos de metales a soldar y el espesor del material base, se aprecia una descripción grafica del proceso en la figura 12 [22].

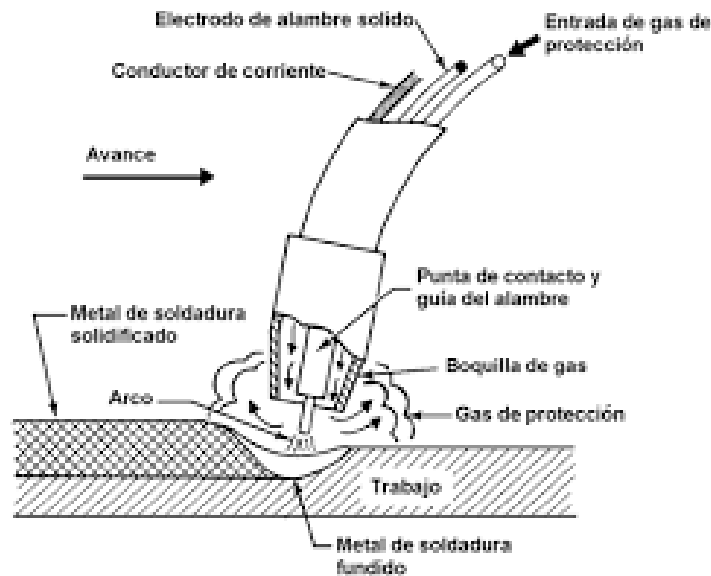


Figura 12. Esquema de soldadura GMAW [22].

1.10.2 Alambre de soldadura ER70S-6

En el proyecto se utilizó el CO₂ como gas protector, el alambre de soldadura consiste en un alambre de acero al carbono con un diámetro de 0.9mm, el cual ofrece una excelente soldabilidad por su alto contenido de silicio y magnesio los cuales brindan excelentes características desoxidantes además de generar un charco más fluido resultando en un cordón más plano. Siendo efectivo incluso en laminas oxidadas o metales efervescentes gracias a su capacidad para trabajar a un amperaje elevado, se puede ver la apariencia del alambre en la figura 13 [23].



Figura 13. Alambre para soldadura ER70S-6 [23].

1.10.3 Soldadura TIG o GTAW

Se caracteriza por emplear un electrodo no consumible a base de Tungsteno o Wolframio(W) ocasionalmente aleado con Torio (Th) o Circonio (Zr) en un porcentaje inferior al 2%. Ideal para soldar Acero inoxidable o aleaciones de Níquel (Ni), Aluminio (Al) o Titanio (Ti) siendo capaz de fundir el material a 3400 °C bajo la protección de un gas. Caracterizado por permitir elaborar cordones de soldadura sin salpicaduras ni chispas además de entregar un resultado más resistente, dúctil y menos sensible a la corrosión, Se observa gráficamente el proceso gracias a la figura 14 [24].

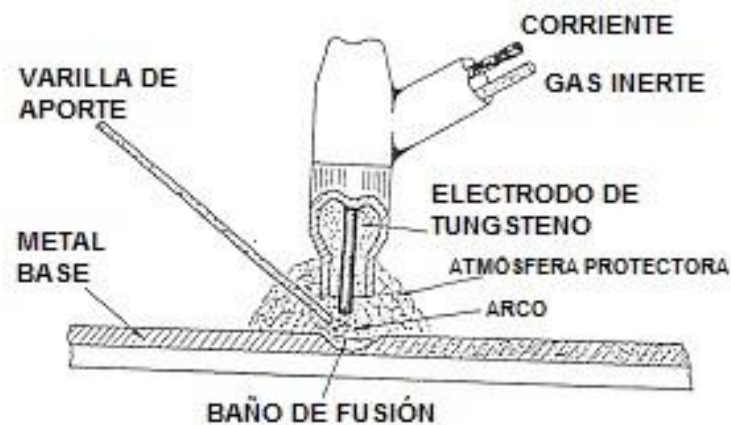


Figura 14. Esquema de soldadura TIG [24].

Capítulo II

Análisis y selección de alternativas de diseño

2.1 Alternativa 1: Máquina rebanadora de verde vertical

Para esta alternativa se pretende la utilización de una cuchilla suspendida en posición vertical por medio de un largo eje a modo de que el material para rebanar caiga sobre la cuchilla por medio de su propio peso. La cuchilla sería impulsada por un mecanismo de banda y poleas igualmente en posición vertical, proporcionando el movimiento desde la parte superior, toda la estructura estaría fijada a un soporte para sostener la rebanadora por encima del nivel del suelo y para conducir el producto hacia la cuchilla se utiliza unos canales ubicadas en la tapa superior que cubre la cuchilla giratoria, para impulsar el producto se emplearía un perfil preformado con el contorno interno del canal pero con una longitud menos para evitar la posibilidad de un impacto con el filo de la cuchilla. Para contemplar la disposición de los elementos en esta alternativa se puede contemplar la figura 15.



Figura 15. Funcionamiento de cortadora vertical

2.2 Alternativa 2: Máquina rebanadora de verde horizontal

En la segunda opción se pretende utilizar un mecanismo de biela-manivela el cual funcionara por medio de un motor eléctrico de 12 V, mediante la pulsación de un botón el motor se encenderá dando una revolución, permitiendo que el mecanismo impulse una

corredora de forma lineal la cual dispondrá de una placa que impulsara el material hacia la cuchilla dispuesta en forma horizontal. Por medio de un microcontrolador y un módulo PWM se pretende detener el motor una vez haya girado 360 grados, a la espera del momento de una nueva pulsación. La cuchilla será impulsada mediante un eje de acero el cual está unida a un sistema de banda y poleas, la disposición del funcionamiento se inspira en la máquina que se puede contemplar en la figura 16.



Figura 16. Funcionamiento de cortadora horizontal

2.3 Selección de alternativa

Para continuar, se expondrán por medio de tablas los resultados obtenidos del análisis aplicado a las alternativas previamente mencionadas.

2.3.1 *Matrices de selección*

En la Tabla 6 se muestra un análisis cualitativo evaluando los pros y contras de las ideas presentadas.

Tabla6. Análisis cualitativo

	Ventajas	Desventajas
A1	Caída del material por gravedad	Mayor costo Mayor tamaño

A2	Peso reducido	Requiere sistema de control más
	Facilidad de mantenimiento	preciso

En la Tabla 7 se valoriza cuantitativamente en base a los criterios aplicados para evaluar las alternativas de construcción de la máquina.

Tabla7. Valorización de criterios

CRITERIOS	EQUIVALENCIA DE INDICADORES		
	0-3	4-7	8-10
Construcción	Costoso	Normal	Económico
Operación	Difícil	Normal	Fácil
Tamaño	Grande	Mediano	Pequeño
Montaje y Desmontaje	Difícil	Normal	Fácil
Mantenimiento	Difícil	Normal	Fácil
Disponibilidad de materiales	Escaso	Normal	Común
Seguridad	Inseguro	Normal	Seguro

En la Tabla 8 se presenta la evaluación de las diferentes opciones de manera porcentual para ayudar a encontrar la mejor.

Tabla8. Calificación de alternativas

Ítem	Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Real
CALIFICACIÓN				

1	Construcción	7	8	10
2	Operación	8	8	10
3	Tamaño	4	7	10
4	Montaje y Desmontaje	5	8	10
5	Mantenimiento	7	8	10
6	Disponibilidad de materiales	9	9	10
7	Seguridad	9	9	10
Sumatorio		49	57	70
Índice porcentual		49/70	57/70	100
Orden de selección		70.00%	81.42%	100%

En la Tabla 9 se muestra una sumatoria de los valores obtenidos tanto de notas como el porcentaje ponderado obteniendo una nota final para destacar la mejor alternativa.

Tabla9. Calificación ponderada

Ítem	Criterio	Alternativa 1			Alternativa 2		
		Nota	% pond	Nota Final	Nota	% pond	Nota Final
1	Construcción	7	0.2	1.4	8	0.2	1.6
2	Operación	8	0.1	0.8	8	0.1	0.8
3	Tamaño	4	0.1	0.4	7	0.1	0.7
4	Montaje	5	0.2	1.0	8	0.2	1.6
5	Mantenimiento	7	0.1	0.7	8	0.1	0.8
6	Materiales	9	0.1	0.9	9	0.1	0.9
7	Seguridad	9	0.2	1.8	9	0.2	1.8
Sumatoria				7	8.2		

2.4 Evaluación de selección

Gracias a los valores determinados por medio de las matrices de selección, se puede observar que la opción más prometedora es la alternativa 2 (ver tabla 7 y 8), pues su diseño

permite asegurar un trabajo veloz, menos riesgoso, menos pesado, de un tamaño más transportable y de fácil construcción.

Con esta alternativa se espera simplificar el proceso de construcción para no necesitar herramientas especiales o de difícil obtención para su ensamblaje. Requiriendo una mano de obra competente pero no necesariamente especializada.

Se aspira que la máquina sea de uso fácil e intuitivo además de no desperdiciar la materia prima.

El montaje y el desmontaje se han pensado para realizarse de forma sencilla, para propósitos de limpieza, mantenimiento o reparación, el proyecto está integrado por elementos y piezas estandarizadas para poder reemplazar cualquier elemento de forma rápida y efectiva, manteniendo el precio de la máquina.

Capítulo III

Diseño y construcción

3.1 Cargas de trabajo

Para determinar la fuerza requerida para cortar la materia prima, se hicieron pruebas de forma experimental, estas consisten en el registro del peso en una balanza digital. Al momento de encenderla con el verde encima, se coloca una cuchilla para aplicar peso encima con el fin de cortar el producto, lo que permite medir la fuerza aplicada en kg, se hacen varias mediciones y se calcula respecto a la fuerza más alta registrada, el registro de fuerzas se puede visualizar gracias a la tabla 10 y el proceso experimental se puede apreciar gracias a la figura 17.

Tabla10. Fuerza aplicada al verde en kg

Fruta	(kg)
Barraganete	4.3
	4.5
	4.9
Maqueño	1.8
	1.9
	2.2
Dominico	4.2
	4.3
	4.6



Figura 17. Verde cortado por cuchilla

Como conclusión respectiva de la experimentación se obtiene que la materia prima que más fuerza requiere es el barraganete en corte longitudinal con una masa de 4.9kg.

Por medio de la ecuación (1) es posible calcular el valor aproximado de la fuerza de corte.

$$\begin{aligned}
 F_1 &= kg * g \\
 F_1 &= kg * 9.81 \text{ m/s}^2 \\
 F_1 &= 4.9kg * 9.81 \text{ m/s}^2 \\
 F_1 &= 48.069 \text{ N}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Donde:

- kg : Kilogramos.
- g : Constante de aceleración gravitacional.
- F_1 : Fuerza teórica.

3.2 Selección de cuchilla de corte

Para la cuchilla de corte se seleccionó una cuchilla circular prefabricada de acero inoxidable AISI 304, de modo que sus especificaciones estén estandarizadas lo que garantiza el óptimo

desempeño de esta y facilita la obtención de una nueva en caso de necesitar un repuesto de la misma. Las dimensiones que posee la cuchilla utilizada son de un diámetro de filo de 25cm y un diámetro de deje de 20mm. Y sus propiedades físicas están respaldadas por el fabricante, se puede apreciar mejor mediante la figura 18.



Figura 18. Cuchilla de acero AISI 304

Basándose en la fuerza teórica máxima previamente determinada se logra calcular un valor aproximado del torque que se aplicará a la cuchilla por medio de la ecuación (2).

$$\begin{aligned}T &= F_1 * r \\T &= 48.069N * 0.125m \\T &= 6.008 N * m\end{aligned}\tag{2}$$

Donde:

- T : Torque.
- r : Radio de corte.

3.3 Selección del motor eléctrico para impulsar la cuchilla

Para seleccionar el motor adecuado para la aplicación, se debe estimar en base al valor del torque máximo estimado, valor con el cual podemos determinar la potencia requerida por el motor para desempeñar su trabajo. El motor deberá girar 360 grados de manera continua para este proceso. Seleccionando en el mercado un motor WEG monofásico con una velocidad de 1720 RPM por ser el parámetro de motor más abundante y sencillo de utilizar. Basado también en los parámetros de funcionamiento de rebanadoras de uso industrial se estima la velocidad de funcionamiento de la cuchilla en alrededor de 500 RPM. Utilizando esta velocidad estimada y el torque, es posible determinar un valor de potencia estimado para que el motor pueda desempeñar su función a través de las siguientes formulas. Los parámetros del motor pueden apreciar mediante la tabla 12 y es posible observar la apariencia del motor gracias a la figura 19.

Tabla11. Parámetros del motor WEG Monofásico

Voltaje	Velocidad Angular	Potencia
110/220	1720 RPM	½ HP



Figura 19. Parámetros del motor WEG

Por medio de la ecuación (3) se transforma la medida de velocidad angular de RPM a radianes sobre segundo.

$$\begin{aligned}
1RPM &= \frac{2\pi}{60} rad/s \\
w &= 500RPM * \frac{2\pi}{60} rad/s \\
w &= 52.35 rad/s
\end{aligned} \tag{3}$$

Por medio de la ecuación (4) se calcula un valor aproximado de la potencia de giro basado en la velocidad angular y el torque.

$$\begin{aligned}
P &= T * w \\
P &= 6.008 N * m * 52.35 rad/s \\
P &= 314.57 W
\end{aligned} \tag{4}$$

Por medio de la ecuación (5) se transforma el valor de las unidades de potencia a HP para facilitar su uso en los siguientes cálculos

$$\begin{aligned}
1HP &= 745.7 W \\
P &= \frac{314.57 W}{745.7 W} * HP \\
Pe &= 0.42 HP
\end{aligned} \tag{5}$$

Donde:

- Pe : Potencia estimada.
- w : Velocidad angular estimada (rad/s).

3.4 Selección de bandas y poleas

Para la selección del juego de poleas y la banda es necesario establecer la relación de transmisión basándose en la potencia, la velocidad de la polea motriz y la velocidad que se desea en la polea conducida. Esta relación se usará para determinar los diámetros de las poleas dentro del rango disponible a nivel comercial, con el fin de que la transformación de velocidad sea lo más aproximada a la relación estimada en principio. Esto gracias a las siguientes formulas.

Por medio de la ecuación (6) se puede estimar la relación de transmisión.

$$Rt \approx n1 * D1 = n2 * D2$$

$$P = \frac{1}{2} HP \quad (6)$$

$$n_m = 1720 \text{ RPM}$$

$$n_c = 500 \text{ RPM}$$

Es importante determinar el tipo de servicio al que se va a someter el motor bajo el siguiente criterio observable en la tabla 12.

Tabla12. Tabla de horas según el tipo de servicio

Tipo de Servicio	Horas al día
Intermitente	Menos de 12 horas
Normal	Entre 12 a 18 horas
Continuo	Mas de 18 horas

Se considera un Servicio estimado Normal para este caso, y se elige el tipo de máquina basándose en la gama de selección apreciable en la figura 20 [24].

TIPOS DE MÁQUINAS O EQUIPOS	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO
Agitadores para líquidos Sopladores y aspiradoras Transportadores de trabajo ligero Ventiladores de hasta 10 caballos de fuerza	1.1	1.2	1.3
Transportadores de banda para arena, grano, etc Bombas rotativas de desplazamiento positivo Máquinas herramientas Maquinaria de lavandería Mezcladores de masa Ejes de línea Generadores Maquinaria de imprenta Taladros-prensas-cortadores Cribas giratorias y vibratorias Ventiladores de mas de 10 caballos de fuerza	1.2	1.3	1.4
Maquinaria para aserrios y trabajos en madera Transportadores (arrastre o tornillo) Compresores de pistón Molinos de martillo Pulverizadores Excitadores Maquinaria textil Bombas de pistón Elevadores cangilones Maquinaria para ladrillos Sopladores de desplazamiento positivo	1.4	1.5	1.6
Trituradores (giratorios-mandibula-rodillo) Extrusoras-molinos de caucho Molinos de bolas Malacates	1.5	1.6	1.8

Figura 20. Tabla para selección de factor de servicio [24].

Para el tipo de maquina y servicio se determina un Factor de servicio de 1.2

Se utiliza el factor de servicio para calcular la Potencia de Diseño por medio de la ecuación (7).

$$Pd = HP \text{ de Motor} * Fs$$

$$Pd = 0.5HP * 1.2 \quad (7)$$

$$Pd = 0.6HP$$

La correa se selecciona basada en la potencia de diseño y la velocidad de la polea más rápida con ayuda del siguiente criterio apreciable en la figura 21 [24].

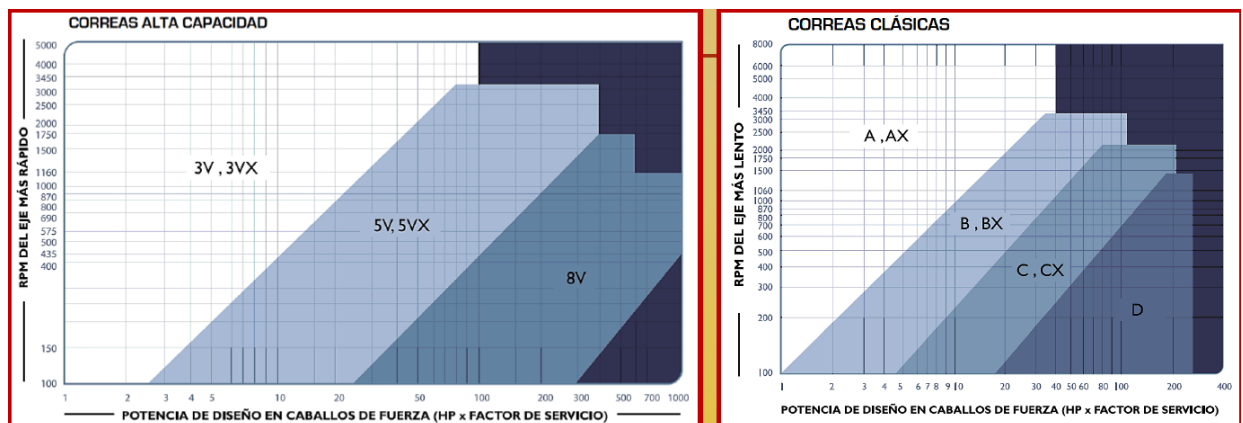


Figura 21. Tablas para selección de bandas [24]

Según el criterio se contempla el posible uso de correas 3V, 3VX

Por medio de la ecuación (8) se determina la relación de transmisión basado en la velocidad angular de las poleas.

$$Rt = \frac{n_m}{n_c} = \frac{D_c}{D_m} \quad (8)$$

$$Rt = \frac{1720 \text{ RPM}}{500 \text{ RPM}} = 3.44$$

Selección de Polea Motriz:

Se selecciona con ayuda de un catálogo. Basándose en la velocidad de operación más alta y su capacidad de transmitir potencia, el catálogo puede apreciarse por medio de la figura 22 y la figura 23.

Correa 3V_ Diámetro de Polea motriz: 70mm – Capacidad: 1.86HP

 www.intermec.com.co

CORREAS TIPO 3V

TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (EN HP)

RPM del Eje más Rápido	Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)									
	55	60	65	67	70	75	80	85	90	105
100	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23	0.27	0.33
200	0.16	0.20	0.24	0.27	0.31	0.35	0.39	0.43	0.50	0.61
300	0.23	0.28	0.33	0.38	0.43	0.50	0.55	0.62	0.72	0.88
400	0.28	0.35	0.42	0.49	0.55	0.64	0.71	0.80	0.93	1.14
500	0.34	0.42	0.50	0.59	0.67	0.78	0.86	0.97	1.13	1.38
575	0.37	0.47	0.56	0.66	0.75	0.88	0.97	1.10	1.28	1.57
600	0.38	0.48	0.58	0.68	0.78	0.91	1.00	1.14	1.33	1.63
690	0.43	0.54	0.65	0.76	0.88	1.02	1.13	1.28	1.50	1.84
700	0.43	0.55	0.66	0.77	0.89	1.04	1.15	1.30	1.52	1.86
725	0.44	0.56	0.68	0.80	0.91	1.07	1.18	1.34	1.57	1.92
800	0.47	0.60	0.73	0.86	0.99	1.16	1.30	1.45	1.70	2.10
870	0.50	0.64	0.78	0.92	1.06	1.24	1.38	1.56	1.83	2.25
900	0.52	0.66	0.80	0.95	1.10	1.28	1.42	1.60	1.90	2.32
950	0.54	0.69	0.84	0.99	1.14	1.34	1.50	1.68	1.98	2.43
1000	0.56	0.72	0.87	1.03	1.20	1.40	1.55	1.76	2.07	2.54
1100	0.59	0.77	0.94	1.10	1.28	1.50	1.68	1.90	2.24	2.76
1180	0.62	0.80	0.98	1.16	1.34	1.58	1.76	2.00	2.35	2.90
1200	0.63	0.82	1.00	1.20	1.38	1.62	1.80	2.05	2.40	2.98
1300	0.66	0.87	1.07	1.27	1.47	1.73	1.93	2.20	2.58	3.20
1400	0.70	0.91	1.13	1.35	1.56	1.84	2.05	2.33	2.75	3.40
1425	0.71	0.93	1.15	1.36	1.58	1.87	2.08	2.37	2.80	3.45
1500	0.73	0.96	1.20	1.42	1.65	1.95	2.17	2.47	2.90	3.60
1600	0.76	1.00	1.25	1.50	1.73	2.05	2.30	2.60	3.07	3.80
1700	0.79	1.05	1.30	1.56	1.82	2.15	2.40	2.74	3.23	4.00
1750	0.80	1.07	1.33	1.60	1.86	2.20	2.46	2.80	3.30	4.10
1800	0.82	1.09	1.36	1.63	1.90	2.25	2.52	2.87	3.40	4.20
1900	0.84	1.13	1.42	1.70	1.98	2.35	2.63	3.00	3.54	4.38
2000	0.87	1.17	1.47	1.77	2.06	2.45	2.74	3.12	3.70	4.57

Figura 22. Catálogo de Poleas 3V Intermec [24].

Correa 3VX_ Diámetro de Polea motriz: 70mm – Capacidad: 2.40HP

CORREAS TIPO
3VX
TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (EN HP)

RPM del Eje más Rápido	Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)									
	55	60	65	67	70	75	80	85	90	105
100	0.12	0.14	0.16	0.18	0.19	0.22	0.23	0.26	0.29	0.35
200	0.22	0.25	0.29	0.33	0.36	0.41	0.44	0.48	0.55	0.66
300	0.31	0.37	0.42	0.47	0.52	0.58	0.63	0.70	0.80	0.95
400	0.40	0.47	0.54	0.60	0.67	0.75	0.82	0.91	1.03	1.24
500	0.49	0.57	0.65	0.73	0.81	0.92	1.00	1.10	1.27	1.50
575	0.55	0.64	0.73	0.83	0.92	1.04	1.13	1.25	1.43	1.72
600	0.57	0.66	0.76	0.86	0.95	1.08	1.18	1.30	1.50	1.78
690	0.64	0.75	0.86	0.97	1.08	1.22	1.33	1.48	1.60	2.02
700	0.65	0.76	0.87	0.98	1.10	1.24	1.35	1.50	1.70	2.05
725	0.66	0.78	0.90	1.00	1.13	1.28	1.40	1.54	1.77	2.12
800	0.72	0.85	0.98	1.10	1.23	1.40	1.52	1.68	1.93	2.30
870	0.77	0.91	1.05	1.18	1.32	1.50	1.63	1.80	2.08	2.50
900	0.80	0.94	1.08	1.22	1.36	1.54	1.68	1.87	2.14	2.57
950	0.83	0.98	1.13	1.28	1.42	1.62	1.77	1.96	2.25	2.70
1000	0.87	1.02	1.18	1.34	1.50	1.70	1.85	2.05	2.35	2.82
1100	0.94	1.10	1.28	1.45	1.62	1.84	2.00	2.23	2.56	3.07
1180	0.98	1.15	1.34	1.52	1.69	1.93	2.10	2.34	2.58	3.22
1200	1.00	1.20	1.38	1.56	1.74	2.00	2.17	2.40	2.76	3.32
1300	1.06	1.28	1.47	1.67	1.87	2.13	2.32	2.58	2.97	3.56
1400	1.14	1.36	1.57	1.78	2.00	2.27	2.48	2.75	3.17	3.80
1425	1.16	1.38	1.60	1.80	2.02	2.30	2.52	2.80	3.22	3.86
1500	1.20	1.44	1.66	1.90	2.10	2.40	2.63	2.93	3.36	4.04
1600	1.27	1.52	1.76	2.00	2.23	2.55	2.78	3.10	3.56	4.28
1700	1.34	1.60	1.85	2.10	2.35	2.68	2.93	3.26	3.75	4.50
1750	1.37	1.63	1.90	2.15	2.40	2.75	3.00	3.34	3.85	4.63
1800	1.40	1.67	1.94	2.20	2.47	2.82	3.08	3.43	3.94	4.74
1900	1.46	1.74	2.02	2.30	2.58	2.95	3.22	3.60	4.13	4.97
2000	1.52	1.82	2.10	2.40	2.70	3.08	3.37	3.75	4.32	5.20

Figura 23. Catálogo de Poleas 3VX Intermec [24].

Por medio de la ecuación (9) se determina el diámetro de la polea conducida basándose en la relación de transmisión y el diámetro de la polea motriz.

$$Dc = Dm * Rt$$

$$Dc = 70mm * 3.44$$

$$Dc = 240.8mm \approx 240mm$$
(9)

Por medio de la ecuación (10) se determina la velocidad angular de la polea conducida basado en los diámetros de poleas disponibles a nivel comercial: Poleas de 1 Canal tipo B.

$$Dm = 3pulg \approx 76.2mm$$

$$Dc = 9pulg \approx 228.6mm$$

$$n_c = n_m * Rt$$

$$n_c = \frac{1720RPM * 76.2mm}{228.6mm}$$

$$n_c = 573.3 RPM$$
(10)

Se calcula la distancia entre centros por medio de la ecuación (11).

$$\begin{aligned}
 C &= 1.5(D + d) \\
 C &= 1.5(228.6mm + 76.2mm) \\
 C &= 457.2mm
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

Por medio de la ecuación (12) se determina la longitud de la banda de transmisión.

$$\begin{aligned}
 Lp &= 2C + 1.57(D + d) + \frac{(D + d)^2}{4C} \\
 Lp &= 2(457.2mm) + 1.57(228.6mm + 76.2mm) \\
 &\quad + \frac{(228.6mm + 76.2mm)^2}{4(457.2mm)} \\
 Lp &= 1443.736mm \approx 1.5m
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

Donde:

- Rt : Relación de transmisión.
- n : Velocidad angular en RPM.
- Fs : Factor de servicio.
- Pd : Potencia de Diseño.
- D : Diámetro de polea impulsada (más grande).
- d : Diámetro de polea motriz (más pequeña).
- C : Distancia entre los centros de las Poleas.
- Lp : Longitud de la correa.

3.5 Selección de Motor DC para el mecanismo impulsor

Para seleccionar el motor adecuado se estimó el peso del producto que se deberá desplazar por medio del mecanismo biela-manivela, lo cual por medio de mediciones se determinó el peso promedio de la materia prima a utilizar la cual se observa en la tabla 13.

Tabla13. Peso a impulsar por el motor

Materia Prima	Peso
Verde	280 gr
Carga máxima (3 unidades)	840gr

Se estima que la carga máxima en el espacio del canal impulsor puede llegar a 3 unidades de materia prima, lo que, en adición a la fuerza de fricción, se requiere de un motor capaz de mover por lo menos 1 kg.

Se determina que el giro de 360 grados del motor para mover el mecanismo biela-manivela más el peso de la carga a empujar es de alrededor de 4kg. Se optó por la reutilización de un motor-reductor para subir ventanas de un vehículo, con un torque superior a los 10kg/cm cuyos parámetros se ven en la Tabla 14.

Tabla14. Parámetros del motor-reductor DC

Voltaje	Velocidad Angular
12V	62.5 RPM

Por medio de la ecuación (13) se transforma la velocidad de RPM a radianes.

$$\begin{aligned}
 1RPM &= \frac{2\pi}{60} rad/s \\
 \omega &= 62.5RPM * \frac{2\pi}{60} rad/s \\
 \omega &= 6.5 rad/s
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

3.6 Mecanismo biela-manivela

Por medio de las siguientes ecuaciones se determinan los múltiples factores involucrados en el mecanismo biela-manivela-corredera, una descripción grafica del mecanismo se puede apreciar por medio de la figura 24 [25].

Datos

- $\omega: 6.5 \text{ rad/s}$
- $r: 7 \text{ cm}$
- $l: 14 \text{ cm}$
- $\theta: 120^\circ$

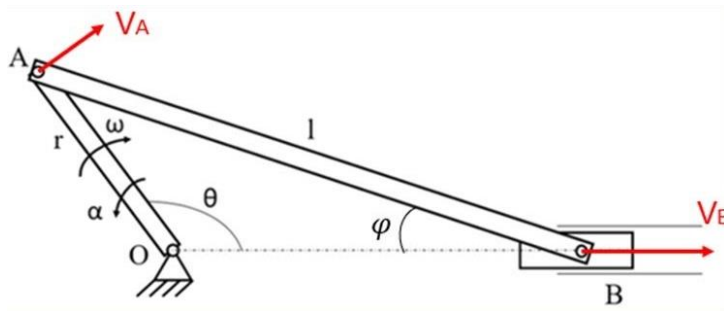


Figura 24. Representación del mecanismo biela-manivela [25].

Por medio de la ecuación (14) se determina el valor de la velocidad lineal en el punto A

Donde:

- ω : Velocidad angular del motor-reductor
- r : Distancia de la manivela
- l : Distancia de la biela
- θ : Angulo entre base y manivela

$$\begin{aligned} V_a &= \omega * r \\ V_a &= 6.5 \text{ rad/s} * 0.07\text{m} \\ V_a &= 0.455 \text{ m/s} \end{aligned} \tag{14}$$

Por medio de la ecuación (15) se calcula uno de los ángulos internos del mecanismo.

Donde:

- V_a : Velocidad en el punto A
- V_b : Velocidad en el punto B

$$\begin{aligned} \frac{\sin \theta}{l} &= \frac{\sin \varphi}{r} = \frac{\sin \beta}{OB} \\ \varphi &= \sin^{-1} \left(\frac{r}{l} \sin \theta \right) \\ \varphi &= \sin^{-1} \left(\frac{0.07\text{m}}{0.14\text{m}} \sin 120^\circ \right) \\ \varphi &= 25.7^\circ \end{aligned} \tag{15}$$

Por medio de la ecuación (16) se despeja el segundo ángulo interno del mecanismo.

$$\begin{aligned}\beta &= 180^\circ - \varphi - \theta \\ \beta &= 34.3^\circ\end{aligned}\tag{16}$$

Por medio de la ecuación (17) se calculan las distancias de los puntos A y B con respecto al centro de movimiento.

$$\begin{aligned}\frac{\sin 30^\circ}{l} &= \frac{\sin(\varphi + 90^\circ)}{CA} = \frac{\sin \beta}{CB} \\ CA &= l * \frac{\sin(\varphi + 90^\circ)}{\sin 30^\circ} \\ CA &= 0.14m * \frac{\sin(115.7^\circ)}{\sin 30^\circ} \\ CA &= 0.25m \\ CB &= l * \frac{\sin(\beta)}{\sin 30^\circ} \\ CB &= 0.14m * \frac{\sin(34.3)}{\sin 30^\circ} \\ CB &= 0.16m\end{aligned}\tag{17}$$

Por medio de la ecuación (18) se determina la velocidad lineal en el punto A.

$$\begin{aligned}Va &= \omega_{AB} * CA \rightarrow \omega_{AB} = \frac{Va}{CA} \\ \omega_{AB} &= \frac{0.455m/s}{0.25m} \\ \omega_{AB} &= 1.82 \text{ rad/s}\end{aligned}\tag{18}$$

Por medio de la ecuación (19) se determina la velocidad lineal en el punto B.

$$\begin{aligned}Vb &= \omega_{AB} * CB \\ Vb &= 1.82 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * 0.16m \\ Vb &= 0.29 \text{ m/s}\end{aligned}\tag{19}$$

Se puede afirmar que la velocidad del movimiento lineal del mecanismo es de 0.29 m/s o 29 cm/s funcionando a un voltaje de 12 V .

3.7 Selección de rodamientos

Para la selección de rodamientos hay que basarse en el diámetro del eje de la cuchilla el cual es de 20 mm , la velocidad de funcionamiento de 500 RPM bajo una carga radial estimada de 1 kN y una constante de lubricación de $V = 20 \text{ mm}^2/\text{s}$ a temperatura normal. Con una confiabilidad estimada del 90% en condiciones de limpieza normal $\eta_c = 0.5$.

La vida nominal básica para la confiabilidad del 90% puede determinarse mediante las siguientes ecuaciones.

Por medio de la ecuación (20) se puede determinar la vida nominal del rodamiento tanto en revoluciones como en horas.

$$\begin{aligned} L_{10} &= \left(\frac{C}{P} \right)^p \\ L_{10h} &= \frac{10^6}{60n} * L_{10} \end{aligned} \tag{20}$$

Donde:

- L_{10} : Vida nominal básica en revoluciones
- L_{10h} : Vida nominal básica en horas
- P : Carga radial
- C : Capacidad de carga básica (Factor del rodamiento seleccionado)
- p : Exponente de la ecuación (3 por ser rodamiento de bolas)

Por medio de un manual de rodamientos de la SKF seleccionamos un rodamiento 6004-2RSL cuyo valor de $C = 9.95 \text{ kN}$

Con este valor se puede calcular la vida nominal básica y la vida nominal SKF.

Por medio de la ecuación (21) se calcula la vida nominal basándose en la carga radial y en la capacidad de carga del rodamiento seleccionado.

$$L_{10} = \left(\frac{9.95kN}{1kN} \right)^3$$

$$L_{10} = 985.07 \text{ millones de revoluciones}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 * 500} * 985.07$$

$$L_{10h} = 32835.67 \text{ horas de funcionamiento}$$
(21)

Para el cálculo de la vida SKF se requiere de una formula diferente y la ayuda de factores estandarizados.

La vida SKF se calcula mediante la ecuación (22).

$$L_{10m} = a_1 * a_{skf} * L_{10}$$
(22)

Se determina el valor a_1 por medio del factor de confiabilidad del 90%, utilizando la guía observable gracias a la figura 25 [26].

Valores del factor de ajuste de la vida útil a_1			
Confiabilidad	Probabilidad de falla	Vida nominal SKF	Factor
	n	L_{nm}	a_1
%	%	millones de revoluciones	-
90	10	L_{10m}	1
95	5	L_{5m}	0,64
96	4	L_{4m}	0,55
97	3	L_{3m}	0,47
98	2	L_{2m}	0,37
99	1	L_{1m}	0,25

Figura 25. Factor de confiabilidad [26].

Por medio de la ecuación (23) se calcula el diámetro medio necesario para determinar la viscosidad nominal.

$$d_m = 0.5 * (d + D)$$

$$d_m = 0.5 * (20mm + 42mm)$$

$$d_m = 31mm$$
(23)

Estimando una velocidad de funcionamiento de 2000 RPM se puede determinar la viscosidad nominal con la ayuda del diagrama presentado en la figura 26 [26].

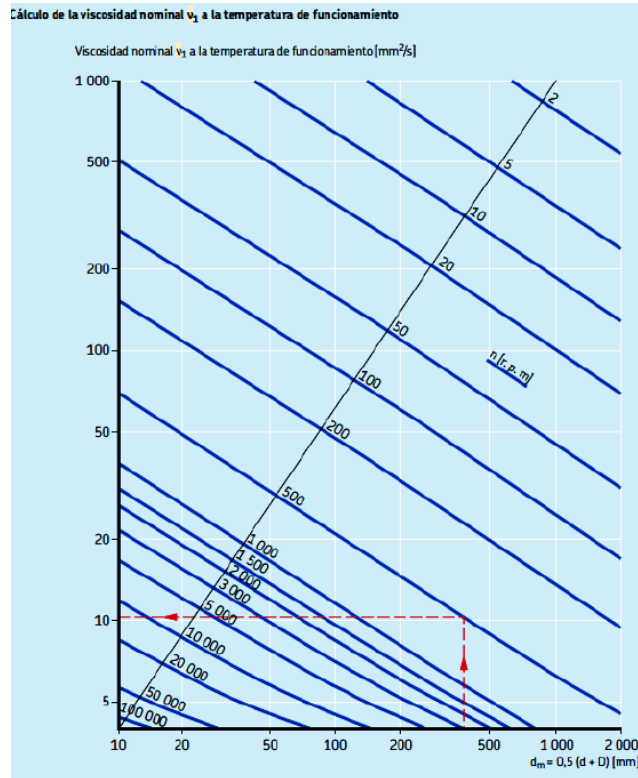


Figura 26. Diagrama de viscosidad nominal [26].

Por medio del diagrama de viscosidad basándose en el diámetro medio, se ha determinado el valor $v_1 = 18 \text{ mm}^2/\text{s}$

Por medio de la ecuación (24) se determina el valor de la variable k necesaria para determinar el factor SKF.

$$k = \frac{v}{v_1} = \frac{20 \text{ mm}^2/\text{s}}{18 \text{ mm}^2/\text{s}} \quad (24)$$

$$k = 1.11$$

De la información obtenida del manual de la SKF, considerando el rodamiento 6004-2RSL se determina el valor de carga límite de fatiga $P_u = 0.212 \text{ kN}$

Mediante la ecuación (25) se calcula la relación entre la carga límite de fatiga y la carga estimada a soportar en el rodamiento.

$$\begin{aligned} Pu/P &= 0.212kN/1kN \\ \frac{Pu}{P} &= 0.212 \end{aligned} \quad (25)$$

Se consideran unas condiciones de limpieza normal de $\eta_c = 0.5$, valor estandarizado.

Por medio de la ecuación (26) se calcula el producto del factor de limpieza y la relación de carga.

$$\begin{aligned} \eta_c \frac{Pu}{P} &= 0.5 * 0.212 \\ \eta_c \frac{Pu}{P} &= 0.106 \end{aligned} \quad (26)$$

Con los valores calculados de $k = 1.11$ y $\eta_c \frac{Pu}{P} = 0.106$ se utiliza la escala de factores SKF apreciable en la figura 27 [26].

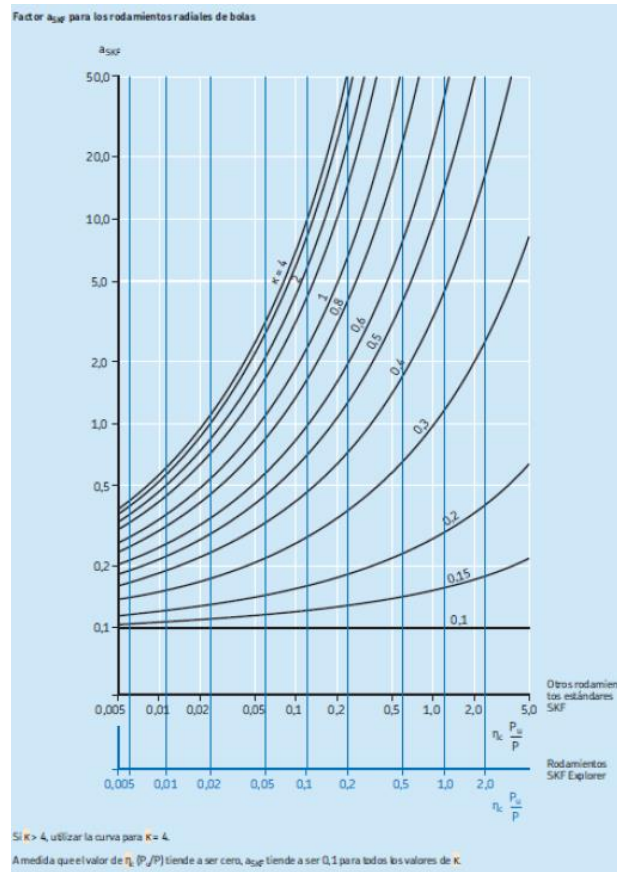


Figura 27. Diagrama de factor SKF [26].

Por medio del diagrama de factores SKF apreciable en la figura 27, se determinó un valor de $a_{skf} = 2.0$

Mediante la ecuación (27) se calcula la vida SKF en revoluciones y en horas basados en los factores previamente calculados.

$$\begin{aligned}
 L_{10m} &= a_1 * a_{skf} * L_{10} \\
 L_{10m} &= 1 * 2.0 * 985.07 \\
 L_{10m} &= 1970.14 \text{ millones de revoluciones} \\
 L_{10mh} &= \frac{10^6}{60n} * L_{10m} \\
 L_{10mh} &= \frac{10^6}{60n} * 1970.14 \\
 L_{10mh} &= 65671.33 \text{ horas de funcionamiento}
 \end{aligned}
 \tag{27}$$

Donde:

- L_{10m} : Vida nominal SKF en revoluciones
- L_{10mh} : Vida nominal SKF en horas de funcionamiento
- a_1 : Factor de confiabilidad
- a_{skf} : Factor SKF
- d_m : Diámetro medio del rodamiento
- v_1 : Viscosidad nominal a una velocidad específica
- P_u : Carga límite de fatiga del rodamiento
- P : Carga aplicada al rodamiento

3.8 Diseño Mecánico

Con ayuda de las siguientes imágenes se puede contemplar por medio del software SolidWorks el diseño de la estructura mecánica, por medio de la figura 28 se puede observar una vista isométrica de la estructura.

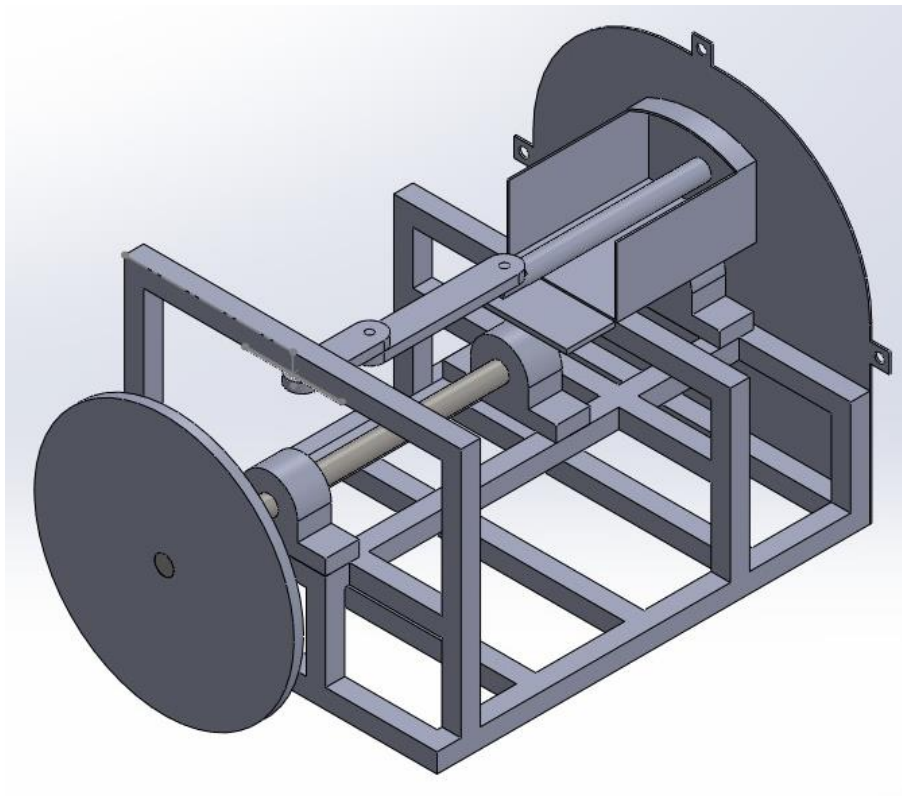


Figura 28. Diseño del prototipo (Vista isométrica).

Las imágenes muestran las características funcionales básicas del diseño mecánico, en la figura 29 se aprecia la disposición de la cuchilla.

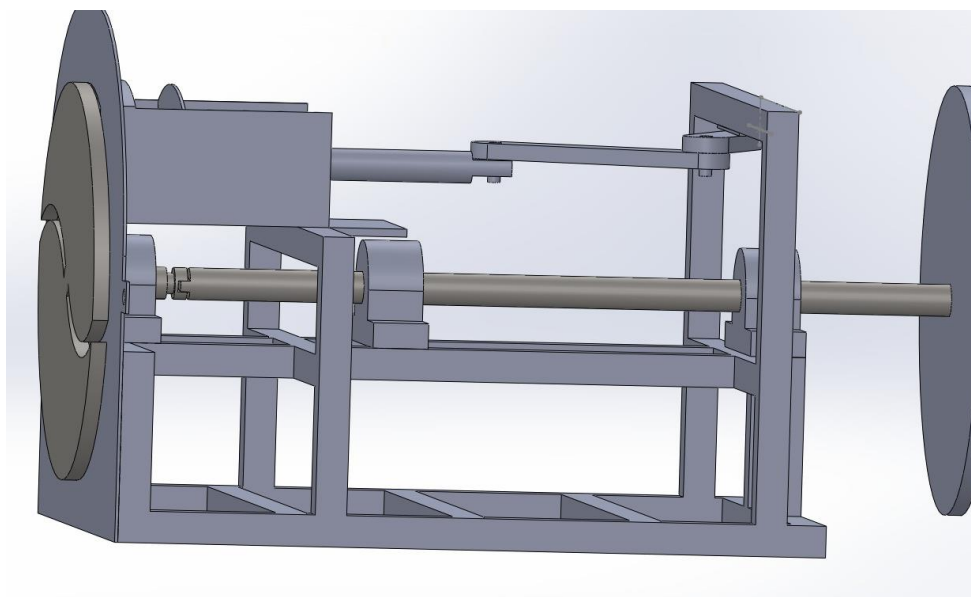


Figura 29. Diseño del prototipo (Vista lateral).

El diseño contemplado en las 30 y 31 posee unas medidas de 452mm de largo por 350mm de ancho y una altura de 330mm, contando de una masa aproximada de 15 kg

3.8.1 Perfil de Acero para la base estructural

Se eligió un tubo cuadrado de acero estructural A36 de 20mm de lado y 2mm de espesor.

En la siguiente simulación observable en la figura 30 se puede ver el análisis del factor de seguridad del tubo frente a una carga de 200N.

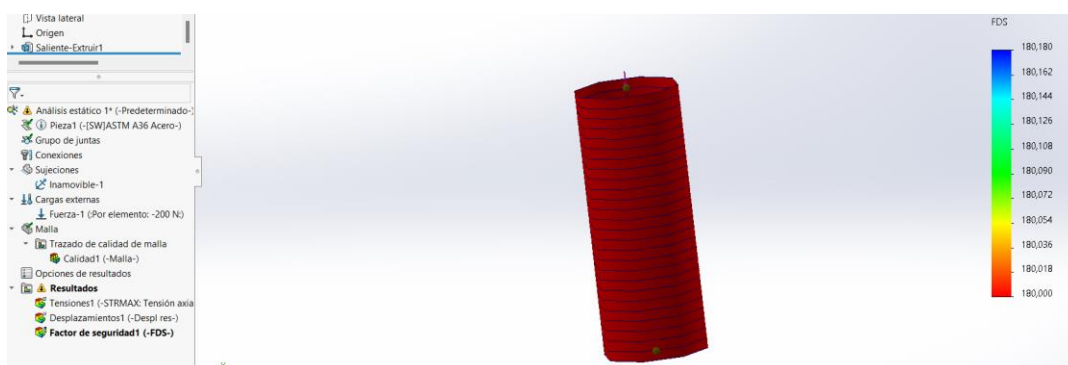


Figura 30. Análisis del factor de seguridad del tubo de acero A36.

3.9 Diseño Electrónico

En la figura 31 se puede observar una representación del esquema electrónico y las conexiones eléctricas existentes entre los elementos que componen el sistema de control del mecanismo impulsor.

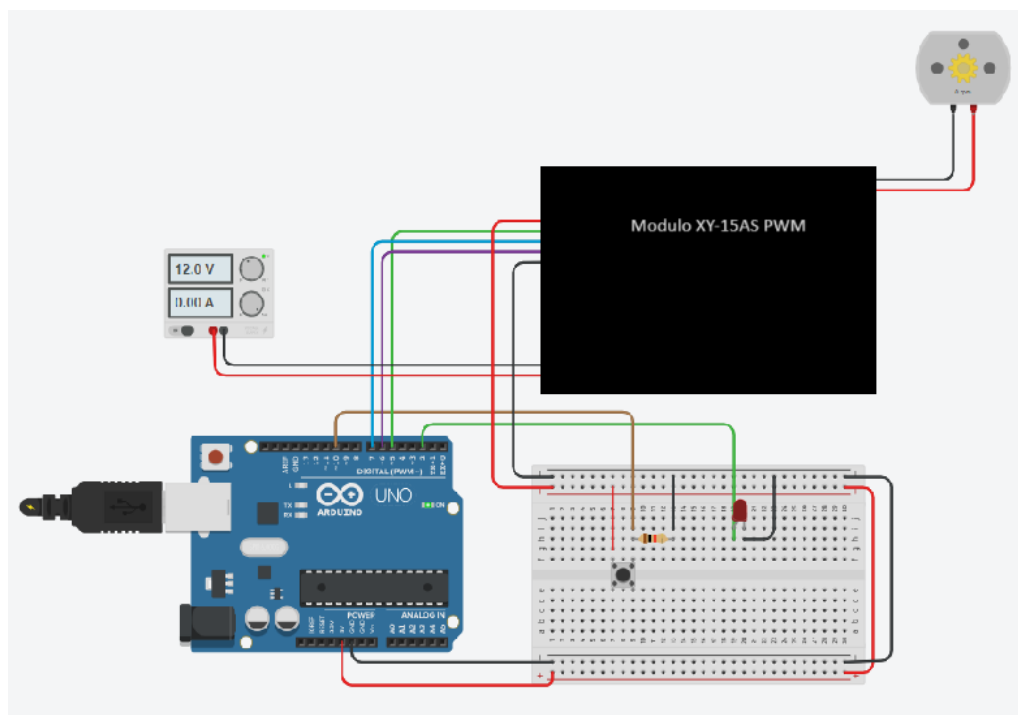


Figura 31. Diseño electrónico con Modulo XY-15AS PWM.

El microcontrolador Arduino UNO cumple con la función de correr el código para el control de los elementos eléctricos y electrónicos. El módulo XY-15AS PWM es un circuito integrado con un rango de funcionamiento de entre 6 a 36 voltios y un máximo de 10 amperios, el cual hace posible el control de la velocidad y la dirección de giro del motor DC. El motor DC utilizado para este proyecto funciona a 12 voltios.

3.9.1 *Micro controlador Arduino UNO*

El micro controlador Arduino UNO fue seleccionado por su bajo costo y fácil programación, además de su amplia compatibilidad con distintos componentes electrónicos.

3.9.2 *Modulo módulo XY-15AS PWM*

Es un módulo capaz de controlar el circuito de potencia a 12V por medio de los comandos enviados directamente por el Arduino UNO, realizando la comunicación entre el circuito encargado del control y el circuito encargado de la alimentación del motor.

3.9.3 *Motorreductor 12V*

Se reutilizó un motorreductor de un mecanismo elevador de ventanas de un vehículo, consiste en un motor de 12V el cual impulsa un mecanismo que consiste en un tornillo sin fin y una corona junto un juego de engranajes, lo cual proporciona al motorreductor un alto torque para el propósito de este proyecto, su velocidad y dirección de giro es controlada por el módulo PWM.

3.9.4 *Fuente de 12V*

Para la alimentación del motor se recurrió al uso de una fuente comercial, la cual consiste en un transformador con una entrada de 110V AC y una salida de 12V DC a 5A, esto como forma de cubrir las potenciales exigencias de corriente que el motor pueda exigir ante la presencia de cargas más altas de producción.

3.10 *Diagrama de Flujo*

Mediante el siguiente diagrama de flujo se expresa el funcionamiento del código de control, el cual se basa en la acción de un pulsador, la activación del pulsador enciende el motor del impulsor completando una revolución, cuando el pulsador no está activado el mecanismo impulsor se mantiene inactivo, Se puede apreciar mejor mediante la figura 32.

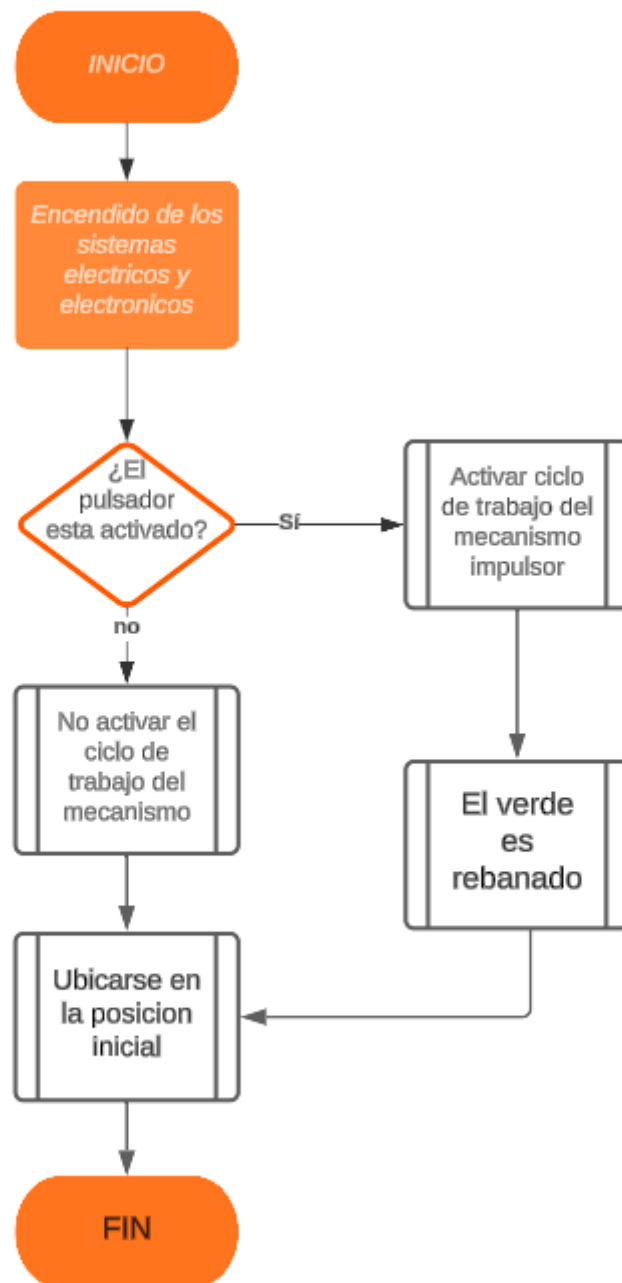


Figura 32. Diagrama de flujo.

Capítulo IV

Análisis de resultados

4.1 Resultados previstos

En este capítulo se expondrán los logros estimados del ensamblaje del prototipo, se ha llevado a cabo una comparación entre la máquina y el usuario promedio, para conseguirlo se han llevado a cabo diferentes pruebas con la materia prima que se pretende emplear.

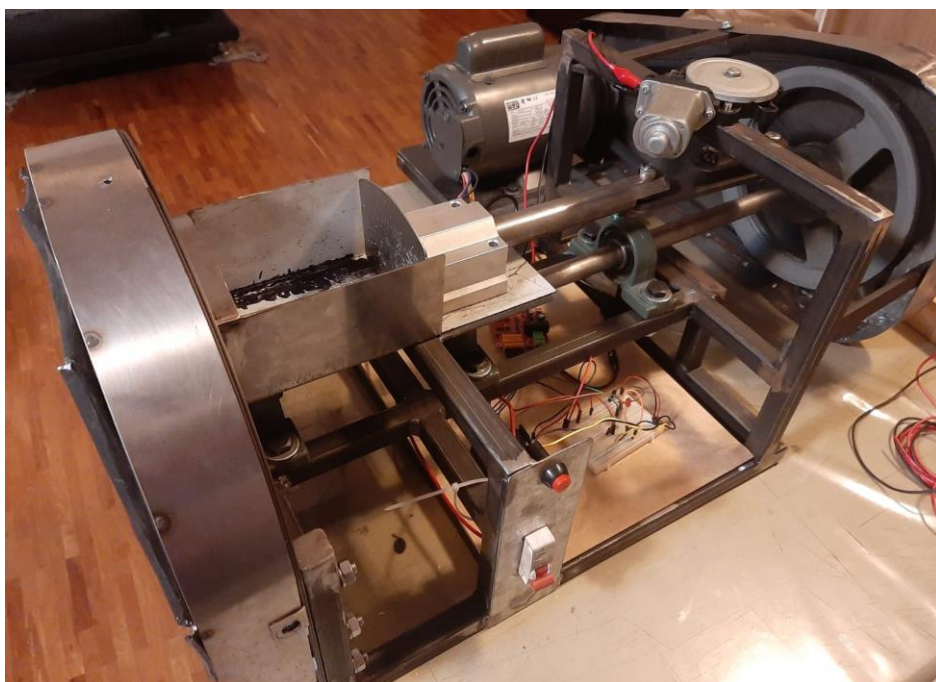


Figura 33. Primer ensamble del prototipo.

El propósito de esta máquina es la de cortar plátano verde o papas de un espesor constante y determinado por el usuario, variando desde 1mm de espesor en adelante.

Se pretende comparar el tipo de corte realizado automáticamente con el artefacto y el corte manual realizado con un cuchillo a la manera tradicional, registrando el tiempo de corte de cada uno para realizar la comparación. Cabe mencionar que tanto el plátano verde como las papas deben pasar por un proceso de lavado y su cascara debe ser retirada antes de proceder con el rebanado. Después se prosigue con las pruebas obteniendo los datos representados en la tabla 15.

Tabla15. Comparación de tiempos

Dimensiones de verdes	Tiempo operador	Tiempo máquina
28cm x 4.5cm peso de 214gr.	1.7 minutos	25 segundos
30cm x 5cm peso de 228gr.	2.8 minutos	25 segundos

Con las pruebas se estima que el tiempo de corte de la maquina oscila entre los 23 y 23 segundos, el intervalo de tiempo dependerá de la cantidad de carga dentro del canal impulsor y en el caso del verde de la dirección de corte. Con estos datos se procedió con las pruebas obteniendo las Tablas 16, 17, 18 y 19.

Por medio de la tabla 16 se observan los resultados del corte del barraganete en la dirección de corte, el método de corte y el tiempo.

Tabla16. Resultados de Corte de Barraganete

Dirección de corte	Dimensiones en cm	Método de corte	Tiempo (min)
Redondo	28 x 4.5	Automático	0.30
		Manual	1.70
	30 x 5	Automático	0.32
		Manual	2.01
	29 x 4.7	Automático	0.31
		Manual	1.89
A lo largo	27.5 x 4.6	Automático	0.34
		Manual	2.69
	30 x 5	Automático	0.35
		Manual	2.82
	29.5 x 4.8	Automático	0.35
		Manual	2.75

Con ayuda de la tabla 17 se registran los datos obtenidos del corte del dominico en la dirección de corte, el método de corte y el tiempo.

Tabla17. Resultados de Corte de Dominico

Dirección de corte	Dimensiones en cm	Método de corte	Tiempo (min)
Redondo	27 x 4.5	Automático	0.29
		Manual	1.68
	29 x 5	Automático	0.31
		Manual	1.95
	28 x 4.7	Automático	0.30
		Manual	1.85
A lo largo	28 x 4.6	Automático	0.32
		Manual	2.53
	27 x 4.5	Automático	0.33
		Manual	2.76
	29 x 4.8	Automático	0.32
		Manual	2.54

Con la 18 se registraron los datos obtenidos del corte del maqueño en la dirección de corte, el método de corte y el tiempo.

Tabla18. Resultados de Corte de Maqueño

Dirección de corte	Dimensiones en cm	Método de corte	Tiempo (min)
Redondo	22 x 3.5	Automático	0.25
		Manual	1.57
	23 x 4	Automático	0.27
		Manual	1.84
	22.5 x 3.7	Automático	0.26
		Manual	1.78

A lo largo	22.3 x 4.6	Automático	0.27
		Manual	2.12
	23 x 4.5	Automático	0.29
		Manual	2.54
	21.8 x 4.8	Automático	0.28
		Manual	2.36

4.2 Análisis y discusión

Los resultados obtenidos fueron evaluados en consideración a los aciertos que ha conseguido la maquina comparada al método de corte manual, en la tabla 19 se puede ver los resultados del corte manual.

Tabla19. Tiempos de Corte Manual

Materia prima	Tiempo Min	Tiempo Max
Barraganete	1.70	2.82
Dominico	1.68	2.76
Maqueño	1.57	2.54

Por medio de la tabla 20 se diferencian los tiempos de corte automático en las diferentes materias primas utilizadas para este trabajo.

Tabla20. Tiempos de Corte Automático

Materia prima	Tiempo Min	Tiempo Max
Barraganete	0.30	0.35
Dominico	0.29	0.33
Maqueño	0.25	0.29

En una comparación entre la tabla 19 y la tabla 20 se observa que los tiempos de corte automático son considerablemente inferiores a los tiempos de corte manual en las primas empleadas en este trabajo.

Es evidente que la máquina prototipo fue la opción más eficiente para el trabajo de rebanar. Hay que destacar que no se tomó en cuenta el tiempo de lavado y pelado de la materia prima puesto a que estas condiciones ya fueron resueltas antes de las pruebas de corte, al final del proceso de corte automatizado el operario deberá recoger el material cortado en la parte inferior de la salida de la maquina donde cae el resultado.

Se toma a consideración también que los cortes realizados de manera manual poseen diferentes dimensiones, puesto a que se prioriza la rapidez del corte por encima de la exactitud de las rebanadas individuales cuando se recurre al corte de forma manual, sin embargo, esto no pasa con las rebanadas cortadas por la máquina, todos los cortes son consistentes y uniformes a simple vista, además de que la cuchilla regulable permite variar el grosor del corte.

Con el proceso automatizado se evita en gran parte la manipulación directa de la materia prima, esto ayuda a que productos como el plátano verde no pierdan su forma y consistencia como pasa con el corte manual en el cual se tiene que sostener el producto para realizar el corte.

El corte productos como el plátano verde provoca la aparición de residuos los cuales se acumulan en la cuchilla. Por ello se ha diseñado el prototipo con la capacidad de remover la cuchilla del sistema para propósitos de limpieza y mantenimiento.

4.3 Estudio de costos

En este estudio se evalúan los costos requeridos para poner en marcha el proyecto "Diseño e implementación de una máquina rebanadora de verde para la elaboración de chifles".

Este estudio contempla tanto los costos directos como los costos indirectos los cuales se presentan a continuación.

4.3.1. Costos directos

Son los costos principales necesarios para construir el proyecto en sus aspectos más fundamentales:

- Materia prima bruta
- Materiales mecánicos y electrónicos

En la tabla 21 se detallan los costos directos del proyecto.

Tabla21. Costos Directos

Producto	Cantidad	Costos unitarios	Costo total
Tubo cuadrado $\frac{3}{4}$ x 2mm	2	10.45	20.9
Disco de corte de acero inoxidable	1	120	120
Chumacera UCP204 FBJ	3	13.80	41.40
Motor WEG 1720 RPM $\frac{1}{2}$ HP	1	123.54	123.54
Barra AISI 1018 20x600 mm	1	2.59	2.59
Rodamiento lineal SCE25UU INA	1	141.74	141.74
Polea PIX 9 pulgadas B	1	40.97	40.97
Polea PIX 3 pulgadas B	1	12.68	12.68
Banda PIX B-59	1	6.77	6.77
Drive Board PWM	1	25.95	25.95
Breaker P/RIEL DIN 10A	1	4.10	4.10
Adaptador AC/DC 12v	1	8.50	8.50
Adaptador AC/DC 5v	1	4.50	4.50
Total			\$553.64

4.3.2. Costos indirectos

Este estudio se basa en los precios reales y en el análisis de tiempos estimados para la fabricación de cada elemento destinado al ensamblaje. Los precios se fundamentan en el costo por hora de servicio de cada trabajador, o bien, el costo final por obra dividido para el tiempo que se tardó en la entrega de la pieza ensamblada, en la tabla 22 se puede apreciar los costos indirectos.

Tabla22. Costos Indirectos

Costo externo	Horas	Costos unitarios	Costo total
Mano de obra	15	10	150
Corte láser	2	25	50

Total	\$200
-------	-------

Las valorizaciones realizadas en las tablas 21 y 22 nos permiten determinar el precio final del proyecto, considerando los costos imprevistos que pueden abarcar alrededor de un 15% del costo del proyecto.

Teniendo en cuenta estos factores podemos estimar el costo total del proyecto en un valor aproximado representado por medio de la tabla 23.

Tabla23. Resumen de Costos

Costos Directos	\$553.64
Costos Indirectos	\$200
Costos Imprevistos	\$113.05
Total	\$866.69

El valor final del proyecto técnico se estima en alrededor de \$866.69, donde se puede observar que la principal inversión se encuentra en el costo directo de los materiales necesarios para la construcción, mientras en segundo plano se encuentra el valor de los costos indirectos como la mano de obra que puede depender de las horas trabajadas.

4.4 Análisis económico: VAN y TIR

El producto consistente en los chifles pretende embazar el total de chifles en una cubierta de plástico, se pretende la presentación de envases con una capacidad de 200gr, 400gr y 600gr en función de la demanda.

La siguiente tabla muestra una proyección del proceso y tiempo empleado para la elaboración del producto final en cada etapa con el cual podemos deducir el tiempo que tardaría todo el proceso llevando cada paso de forma consecutiva, el proceso, así como el tiempo ocupado en cada paso se puede ver representado en la tabla 24.

Tabla24. Proceso de elaboración del producto

Proceso	Duración
---------	----------

Limpieza y pelado de la materia prima	2.2 min
Corte de la materia prima	0.5 min
Proceso de freír las rebanadas	7.5 min
Condimentar con sal las frituras	2 min
Pesar el producto	0.7 min
Embazar el producto final	0.3 min
Total	13.2 min

Las proyecciones de costos se basarán principalmente en el plátano verde como materia prima fundamental. En la siguiente tabla podemos hacer un estimado del costo de elaboración del producto final, el cual puede ser observado por medio de la tabla 25.

Tabla25. Costo de elaboración del producto/Precio de venta

Capacidad de envase	Envase	Materia Prima	Sal	Aceite	Costos operativos	Costo de producción	Precio de venta
200gr	0.003	0.33	0.01	0.20	0.5	1.043	1.50
400gr	0.004	0.67	0.02	0.21	0.5	1.404	1.75
600gr	0.005	1.00	0.03	0.22	0.5	1.755	2.00

4.4.1. *Proyección de ventas y gastos*

Las siguientes proyecciones son una estimación de la cantidad de unidades que se venderán por cada presentación para concluir con la venta total anual, la proyección puede visualizarse mediante la tabla 26.

Tabla26. Ventas previstas

Año	Mes1			Mes2			Mes3			Mes4		
	600gr	400gr	200gr	600gr	400gr	200gr	600gr	400gr	200gr	600gr	400gr	200gr
1	100	80	80	110	90	90	120	90	100	120	100	100
2	110	90	90	120	100	100	130	100	110	130	100	110
3	120	100	100	130	110	110	130	110	110	140	110	120
4	130	100	110	140	110	120	140	110	120	140	110	130
5	140	110	120	150	110	130	150	110	130	150	110	140

Mes5			Mes6			Mes7			Mes8		
600gr	400gr	200gr	600gr	400gr	200gr	600gr	400gr	200gr	600gr	400gr	200gr

120	100	100	130	110	110	150	120	110	170	120	120
130	100	120	140	110	120	160	120	120	180	130	120
130	100	120	140	120	130	170	130	120	190	140	130
140	100	130	150	120	130	180	130	130	200	140	130
150	110	140	160	120	140	190	140	130	200	150	130

Mes9			Mes10			Mes11			Mes12		
600gr	400gr	200gr	600gr	400gr	200gr	600gr	400gr	200gr	600gr	400gr	200gr
120	120	120	130	130	130	130	120	110	140	130	120
130	130	120	140	130	130	140	120	120	150	130	120
130	130	130	150	140	130	150	130	120	160	140	130
140	140	130	160	140	140	160	130	120	170	140	130
150	140	140	160	150	140	170	140	120	180	150	140

Total, ventas anuales		
600gr	400gr	200gr
1540	1310	1290
1660	1360	1380
1740	1460	1450
1850	1470	1520
1950	1540	1600
8740	7140	7240

Estableciendo una tasa de descuento del 10% y los precios de venta establecidos previamente en la tabla 25, se puede contemplar en la tabla 27 como se establece el flujo de caja necesario para determinar el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno, el flujo de caja se ve representado por medio de la tabla 27.

Tabla27. Flujo de Caja (VAN/TIR)

Año	0	1	2	3	4	5
Producción en unidades						
600gr (\$2.00)	0	1540	1660	1740	1850	1950
400gr (\$1.75)	0	1310	1360	1460	1470	1540
200gr (\$1.50)	0	1290	1380	1450	1520	1600
Ingresos totales en \$	0	7307,5	7770	8210	8552,5	8995
Costos variables	0	2000	2200	2500	2750	3000
Costos fijos	0	1000	1000	1000	1000	1000
Costos operacionales	0	3000	3200	3500	3750	4000

Margen operacional	0	4307,5	4570	4710	4802,5	4995
Necesidad de capital		600	640	700	750	800
Local	7000					
materia prima	5000					
maquinaria	6000					
infraestructura básica	3500					
mano de obra	1500					
Total, de gasto	23000					
Capital de trabajo	600	40	60	50	50	-800
inversión inicial	15000					
Flujo de caja	-8600	3707,5	3930	4010	4052,5	4195
VA de flujo de caja	\$-8.600,00	\$3.370,45	\$3.247,93	\$3.012,77	\$2.767,91	\$2.604,76
VAN	\$6.403,84					
TIR	23%					

El valor actual neto del proyecto se ha determinado en \$6.403,87 como costo del capital de inversión, permitiendo ganancias factibles.

El TIR se ha determinado en el 23% lo que significa que mientras la tasa de descuento no sea superior al 23% el proyecto será sostenible.

4.5 Evaluación del Proyecto

Por medio de la recopilación y análisis de datos, se ha conseguido el objetivo de ahorrar tiempo, garantizando mejores estándares de higiene y seguridad para el operador, sin embargo, se han encontrado detalles que pueden mejorarse al momento de la construcción de la máquina.

Como es la importancia de utilizar elementos con mínima fricción en los eslabones del mecanismo biela manivela, una solución es utilizar rodela de cobre para asegurar cierto juego entre las piezas de acero de ese modo permitiendo su movilidad.

Para evitar fricción y atascos en el canal del mecanismo impulsor, se recomienda que la placa impulsora sea un par de milímetros más pequeña que el espacio del canal, evitando así el contacto entre ambas.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se examinaron los distintos tipos de plátano verde, mencionados en el primer capítulo, además de establecer la gama de cortes que se utilizara, con un espesor variable gracias a la cuchilla de acero regulable para adaptarse a las exigencias del mercado.
- En la etapa de pruebas se comparó la cantidad de producto procesado por la máquina prototipo y se la comparo con la productividad de las demás máquinas de este estilo disponibles en el mercado nacional.
- Todas las piezas y elementos encontrados en el Prototipo fueron seleccionadas mediante análisis, estudio y cálculos encontrados en el capítulo 3, cabe destacar que elementos sometidos a cargas tienen un cierto sobredimensionamiento para asegurar la integridad física del proyecto y evitar inconveniencias por las vibraciones del motor. Los perfiles de acero estructural A36 de 20mm x 20mm y de 2 mm de espesor absorben las vibraciones de los elementos funcionales con eficiencia.
- Basado en el análisis de los costos, se concluye que el proyecto construido está valorado en alrededor de 866.69 USD. Un precio considerablemente aceptable al tener en cuenta el precio de máquinas equivalentes a nivel nacional.
- Aplicando el análisis económico por medio de la obtención del VAN y TIR de esta máquina, puesta en marcha en un emprendimiento, se logró establecer la factibilidad y rentabilidad del proyecto.

Recomendaciones

Durante el desarrollo del proyecto se presentaron algunos inconvenientes, razón por lo cual se formularon las siguientes recomendaciones

- Es importante al momento de elegir los materiales para la construcción del proyecto consultar sus precios y disponibilidad en el mercado nacional.
- Es recomendable realizar pruebas de funcionamiento de los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos y estimar su correcta disposición en el interior de la maquina antes de pintar la estructura, esto debido a que el trabajo de pintura requiere desarmar la máquina.

REFERENCIAS

- [1] BANCHISFOOD s.a. "CHIFLE NATURAL". 2023 <https://banchis.com/producto/chile-natural/>
- [2] El Comercio. "Tres tipos de plátano se cosechan". 2011 <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/tres-tipos-de-platano-se.html#:~:text=El%20pl%C3%A1tano%2C%20tambi%C3%A9n%20conocido%20como,%3A%20barraganete%2C%20dominico%20y%20maque%C3%B1o.>
- [3] MUNEXIFUITS. "Plátano Barraganete". 2019 <https://munexi.com/platano-verde-barraganete/>
- [4] Famiagro. "Plátano Dominico". 2016 <https://famiagro.webnode.com.co/products/platano-dominico/>
- [5] LA VANGUARDIA. "Plátano rojo: propiedades, beneficios y valor nutricional". 2021 <https://www.lavanguardia.com/comer/frutas/20180914/4030/frutas-platano-rojo.html>
- [6] Interempresas. Horticultura. "Especialista en maduración de plátanos". 2003 <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/71727-Especialista-en-maduracion-de-platanos.html>
- [7] Alvarado, P. M., Cossío, N. S., & Gile, M. A. "ESTUDIO DE LA CADENA AGROALIMENTARIA DEL PLÁTANO EN LA PROVINCIA DE MANABÍ. ". 2021 ECASinergia, 12(3), 155-159.
- [8] Escalante, J. I. "Plátano: propiedades, beneficios y valor nutricional. ". 2019 La vanguardia.
- [9] Recetasgratis. "Receta de Chifles". 2020 <https://www.recetasgratis.net/receta-de-chifles-25119.html>
- [10] WEG. "Motor Eléctrico Modulo I". <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hb1/hee/WEG-guia-practica-de-capacitacion-tecnico-comercial-50026117-brochure-spanish-web.pdf>

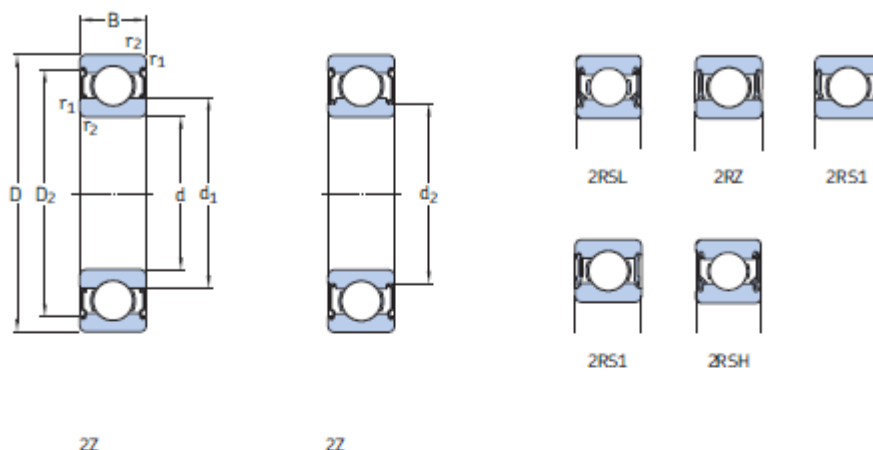
- [11] Construex. "Rebanadora Acero inoxidable Ecuador". 2024 https://www.construex.com.ec/exhibidores/acero_y_maquinas/producto/rebanadora_acero_inoxidable_ecuador
- [12] Martin. "Poleas para banda tipo V". 2021 https://es.martinsprocket.com/docs//brochures/power%20transmission/5_poleas%20para%20banda%20tipo%20v/01_poleas_banda_v.pdf
- [13] FULO. "Bandas en V (Trapeciales)". 2023 <https://www.fulo.com.mx/productos/industrial/bandas-en-v>
- [14] Dr. Emilio Vargas. Universidad Autónoma de Querétaro "Cinemática del mecanismo biela, manivela, corredera". 2014 <https://www.mecatronica.net/emilio/Mecanismo%20biela.htm>
- [15] William D. Callister, Jr. Editorial Reverté. "Ciencia e Ingeniería de los Materiales". 2007 https://books.google.es/books?id=gndPV1txXiUC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- [16] Material Mundial. "ASTM A36 Acero Propiedades & Ficha Técnica". 2024 <https://www.materialmundial.com/acero-astm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/>
- [17] Material Mundial. "Acero Inoxidable AISI 304 Ficha Técnica, Propiedades, Densidad, Dureza". 2024 <https://www.materialmundial.com/acero-inoxidable-ss-astm-sae-aisi-304-ficha-tecnica/>
- [18] AAR. PALMEXICO. "FICHA TÉCNICA Acero Maquinaria 1018". 2024 https://assets-global.website-files.com/62d716421c31e1d636e4135e/635083549ab32cda7a879952_Ficha%20T%C3%A9cnica%20Acero%20Maquinaria%201018%20AAR.pdf
- [19] Arduino.cl. "Arduino UNO". 2024 <https://arduino.cl/arduino-uno/>
- [20] Mootio COMPONENTS. "Motorreductor DC 12V 60rpm". 2024. https://www.mootio-components.com/motorreductor-dc-12v-60rpm_ref_011626-12.html
- [21] ICs & Robot Gadgets. "DC Motor Driver Board Module PWM Speed Controller DC 6V 12V 24V 36V 15A Regulator Module DC 6-36V ". 2024. <https://www.icstation.com/motor-driver-board-module-speed-controller-regulator-module-p-12328.html>

- [22] Universidad Nacional de la Plata. "Características del proceso de soldadura eléctrica GMAW". 2013. <https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/66/33766/6530f11e23591debeac627d3c246ed89.pdf>
- [23] Prodalam. "Alambra para soldadura MIG Sólido Esab ER70S-6 de 0,90mm diámetro en Rollo de 15kg". 2024. <https://www.prodalam.cl/productos/64030-RLL/alambre-para-soldadura-mig-solido-esab-er70s6-de-090mm-diametro-en-rollo-de-15kg?grupo=WA000390>
- [24] Ingemecanica. "Técnicas y Fundamentos de la soldadura TIG". 2020. <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn52.html>
- [25] Intermec. "Catálogo de Poleas en V Intermec". 2013. https://www.intermec.com.co/Pdf/Manual_poleas_en_V_Intermec.pdf
- [26] ESPE. "Estudio cinemático del mecanismo biela manivela del motor a gasolina de tres cilindros utilizando programas computacionales". 2022. <https://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/29260/6/T-ESPEL-MAI-0748.pdf>
- [27] SKF. "Manual de Rodamientos SKF". 2020. https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/0901d19680416953/pdf_preview_medium/0901d19680416953_pdf_preview_medium.pdf

ANEXOS:

Anexo1. Catálogo de rodamientos

1.2 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas tapados d 17–20 mm



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P_L	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	
d	D	B	dinámica C	estática C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite ¹⁾		Rodamientos tapados en ambos lados	un lado
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	—	
17	26	5	2,03	1,27	0,054	56 000	28 000	0,0082	61803-2Z	—
	26	5	2,03	1,27	0,054	56 000	28 000	0,0082	61803-2RZ	—
	26	5	2,03	1,27	0,054	—	16 000	0,0082	61803-2RS1	—
	30	7	4,62	2,55	0,108	50 000	26 000	0,017	61903-2Z	—
	30	7	4,62	2,55	0,108	50 000	26 000	0,018	61903-2RZ	—
	30	7	4,62	2,55	0,108	—	14 000	0,017	61903-2RS1	—
	35	8	6,37	3,25	0,137	45 000	22 000	0,032	* 16003-2Z	—
	35	10	5,85	3	0,127	49 000	25 000	0,039	E2.6003-2Z	—
	35	10	6,37	3,25	0,137	45 000	22 000	0,041	* 6003-2Z	* 6003-Z
	35	10	6,37	3,25	0,137	45 000	22 000	0,039	* 6003-2RSL	* 6003-RSL
	35	10	6,37	3,25	0,137	—	13 000	0,039	* 6003-2RSH	* 6003-RSH
	35	14	6,05	3,25	0,137	—	13 000	0,052	63003-2RS1	—
	40	12	9,56	4,75	0,2	41 000	21 000	0,065	E2.6203-2Z	—
	40	12	9,95	4,75	0,2	38 000	19 000	0,068	* 6203-2Z	* 6203-Z
	40	12	9,95	4,75	0,2	38 000	19 000	0,067	* 6203-2RSL	* 6203-RSL
	40	12	9,95	4,75	0,2	—	12 000	0,067	* 6203-2RSH	* 6203-RSH
	40	16	9,56	4,75	0,2	—	12 000	0,089	62203-2RS1	—
	47	14	13,8	6,55	0,275	37 000	19 000	0,12	E2.6303-2Z	—
	47	14	14,3	6,55	0,275	34 000	17 000	0,12	* 6303-2Z	* 6303-Z
	47	14	14,3	6,55	0,275	34 000	17 000	0,12	* 6303-2RSL	* 6303-RSL
	47	14	14,3	6,55	0,275	—	11 000	0,12	* 6303-2RSH	* 6303-RSH
	47	19	13,5	6,55	0,275	—	11 000	0,16	62303-2RS1	—
20	32	7	4,03	2,32	0,104	45 000	22 000	0,018	61804-2RZ	—
	32	7	4,03	2,32	0,104	—	13 000	0,018	61804-2RS1	—
	37	9	6,37	3,65	0,156	43 000	20 000	0,038	61904-2RZ	—
	37	9	6,37	3,65	0,156	—	12 000	0,038	61904-2RS1	—
	42	12	9,36	5	0,212	41 000	21 000	0,069	E2.6004-2Z	—
	42	12	9,95	5	0,212	38 000	19 000	0,071	* 6004-2Z	* 6004-Z
	42	12	9,95	5	0,212	38 000	19 000	0,067	* 6004-2RSL	* 6004-RSL
	42	12	9,95	5	0,212	—	11 000	0,067	* 6004-2RSH	* 6004-RSH
	42	16	9,36	5	0,212	—	11 000	0,086	63004-2RS1	—

¹⁾ Para rodamientos con una sola placa de protección o un sello no rozante (Z, RZ), corresponden las velocidades límite de los rodamientos abiertos.

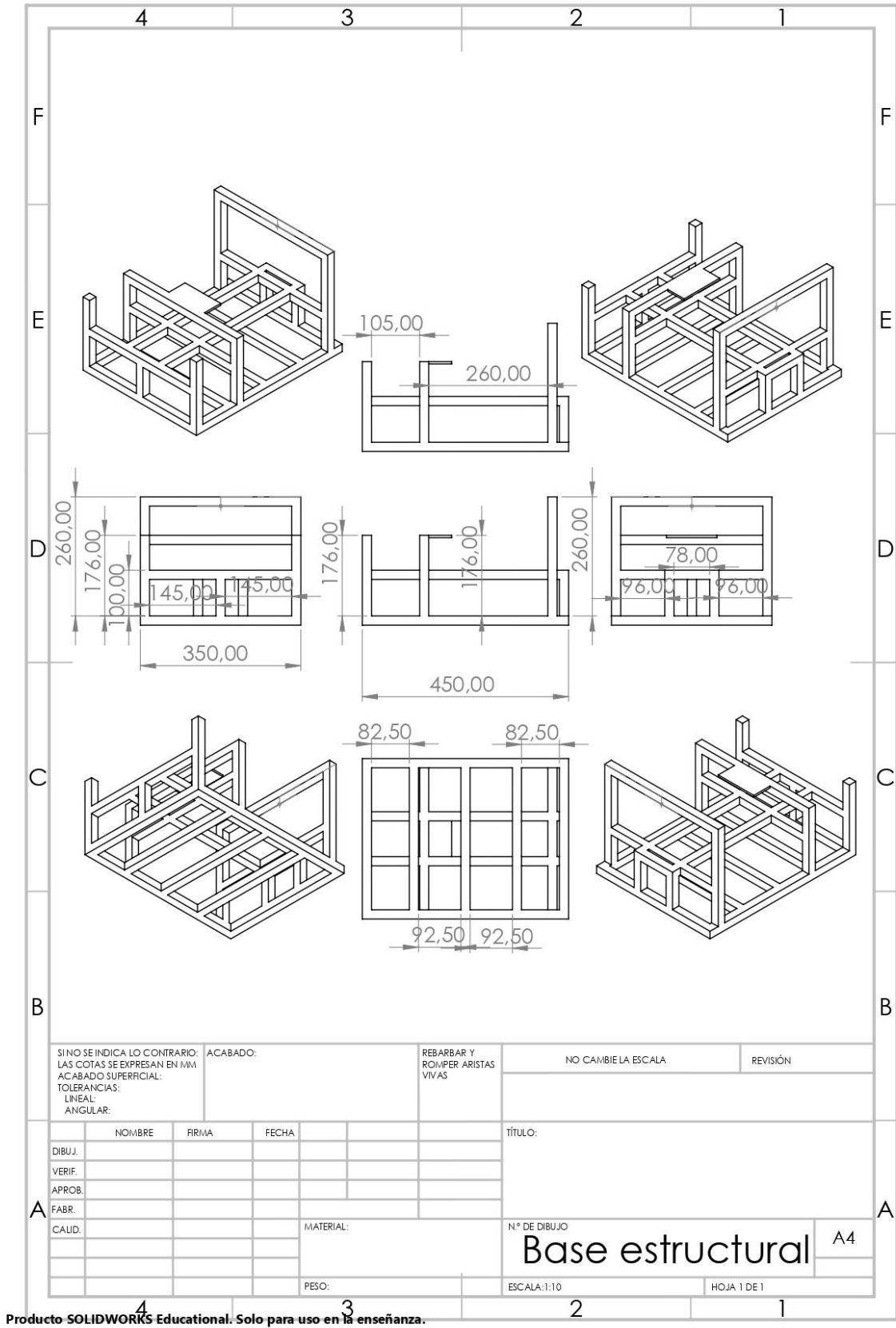
* Rodamiento SKF Explorer

E2 → Rodamiento energéticamente eficiente SKF

Anexo2. Imagen del proceso de construcción de la base estructural

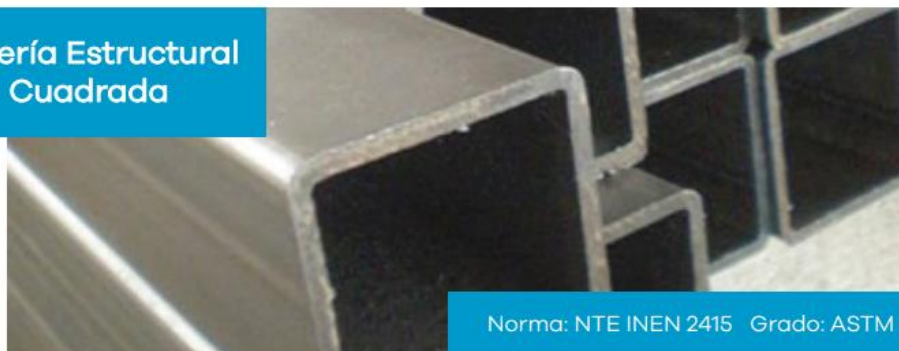


Anexo3. Planos de los elementos estructurales



Anexo4. Catálogo de aceros

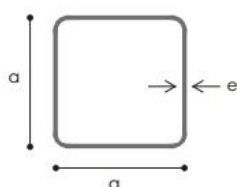
Tubería Estructural Cuadrada



Norma: NTE INEN 2415 Grado: ASTM A500

Descripción

Tubería cuadrada estructural, se la utiliza para cubiertas especiales, maquinaria industrial, carrocería, columnas, juegos infantiles, galpones, naves industriales, pasamanos, máquinas de gimnasio, estructuras para letreros.



Recubrimiento: Negro/Galvanizado
Longitud: 6 metros

Denominación (pulg.)	Denominación (mm)	Espesor (e) (mm)	Peso (kg/m)
3/4	20	1.40	0.78
		1.50	0.83
		1.80	0.96
		2.00	1.05

Anexo5. Cálculo de Poleas y Bandas

1. Reuna la siguiente información:

- * Tipo de unidad motriz (Motor) y potencia en caballos de fuerza (HP).
- * Revoluciones que entrega la unidad motriz (RPM de la polea Conductora).
- * Revoluciones requeridas en la máquina o equipo (RPM de la polea Conducida).
- * Diámetros de los ejes y dimensiones de sus respectivas cuñas.
- * Distancia entre centros de los ejes en pulgadas.
- * Tipo de máquina o equipo a impulsar.
- * Tipo de servicio según las horas de trabajo: **Intermitente** (menos de 12 horas por día), **normal** (de 12 a 18 horas por día) o **continuo** (más de 18 horas).

Ejemplo:

- * Motor eléctrico de 75 HP.
- * 1750 RPM.
- * 470 RPM.
- * Eje motor: 2-3/8", cuñero de 5/8" x 5/16"
- * Eje bomba: 3", cuñero de 3/4" x 3/8"
- * 1270 mm (50").
- * Bomba reciprocante (pistones).
- * Servicio continuo.

2. Determine la Potencia de Diseño en HP:

Remítase a la tabla de "Factores de Servicio Típicos" de la página 25 y escoja el tipo de máquina o equipo que más se asimile al de su aplicación. Según sea el servicio (intermitente, normal o continuo) encuentre el "Factor de servicio" (FS) adecuado. Multiplique la potencia de la unidad motriz (HP del Motor) por el "Factor de Servicio" (FS) para obtener la Potencia de Diseño.

Ejemplo:

Potencia de Diseño = HP del motor X FS

Potencia de Diseño = 75 HP X 1,6 = 120 HP

3. Elija el Tipo o Perfil de la correa:

En las páginas 26 y 27 están las "Tablas para selección del Tipo de Correa". En la primera columna vertical localice las RPM del Motor y abajo sobre la horizontal la "Potencia de Diseño" calculada en el punto anterior. Al cruzar estas dos variables, RPM del Motor y Potencia de Diseño, encontrará el Tipo de correa más adecuado. Consulte primero la tabla de selección para Correas de Alta Capacidad (3V,3VX,5V,5VX,8V) pues son de mayor capacidad o si lo prefiere puede emplear la tabla para correas clásicas en la misma página pero recuerde que cada vez se usan menos. También encontrará las tablas correspondientes a las correas métricas - Europeas de menor uso en nuestro medio.

Ejemplo:

Alternativa 1 (Recomendado):

Correas de Alta Capacidad: 5V o 5VX resultante de cruzar en las tablas los 120 HP con los 1.750 RPM.

Alternativa 2:

Correas Clásicas C o CX

Alternativa 3:

Correas métricas: SPB

4. Establezca la "Relación de velocidad":

La "Relación de Velocidad" es un número que se obtiene dividiendo las revoluciones mayores (normalmente del motor) entre las revoluciones menores (usualmente las de la máquina o equipo). Este número nos permitirá más adelante encontrar el diámetro de la polea conducida.

5. Seleccione la "Polea Conductora" o polea Motriz:

Consulte las "Tablas de Capacidad De Transmisión por Canal (En HP)" según el tipo de correa seleccionado: "Alta Capacidad" (páginas 28 a 36) "Clásicas" (páginas 38 a 50) ó "Métricas" (páginas 51 a 55). Se trata de encontrar la POLEA CONDUCTORA con el menor diámetro^{*1} y a la vez con el menor número de canales posibles para transmitir la "Potencia de Diseño" a las RPM del Motor. Recuerde que las tablas muestran la capacidad de transmisión por UNA canal, es decir, tendrá que dividir la Potencia de Diseño entre el número que arroje la tabla para obtener la cantidad de canales de la polea. Como regla general: A mayor diámetro más capacidad de transmisión por Canal y en consecuencia la polea Conductora requiere menos canales. Al contrario, si se desea disminuir el diámetro de la polea Conductora entonces se aumenta el número de canales. Asegúrese de que el Buje de la polea aloje el eje del motor para ello consulte las tablas de dimensiones en las paginas 58 a 100.

6. Cálculo de la Polea Conducida o de la máquina:

Tome el diámetro exterior de la polea Conductora seleccionada en el punto anterior y multiplíquelo por la "Relación de Velocidad" encontrada en el punto 4. Así obtendrá el diámetro de la polea Conducida. Refiérase a las tablas de dimensiones (páginas 58 a 100) para saber cuál es la polea estándar más cercana y que Buje le corresponde.

Importante: Para calcular una Transmisión de Aumento de velocidad, siga el procedimiento anterior para seleccionar la Polea Conductora y para obtener el diámetro de la Polea Conducida "Divida" (en lugar de multiplicar) el diámetro de la Polea Conductora entre la Relación de Velocidad. Tenga en cuenta que la polea de mayor diámetro irá en el motor y no en la máquina como sucede en las transmisiones de disminución de velocidad que son las más comunes. Asegúrese de que la Polea Conducida tenga suficiente diámetro para alojar el eje.

Ejemplo:

$$\frac{\text{RPM del motor}}{\text{RPM del equipo}} = \frac{1750 \text{ RPM}}{470 \text{ RPM}} = \text{Relación: } 3,72$$

Ejemplo:

Observamos en la tabla de capacidad para correas 5V (pág. 32), que una polea de 215 mm de diámetro exterior transmite 21.15 HP a 1750 RPM por cada correa y en consecuencia se requerirán 6 correas para alcanzar la potencia de diseño.

$$21,5 \text{ HP/canal} \times 6 \text{ canales} = 127 \text{ HP}$$

Luego verificando en la sección de dimensiones (pág. 70) encontramos que a la polea **PQ 6-5V215** le corresponde un **Buje GD= E** al cual le cabe un eje de hasta 73 mm ó 2-7/8" de diámetro.

^{*1} Refiérase a la sección "Diámetros mínimos de poleas recomendados para motores eléctricos" en la página 10.

❶ La distancia entre centros de los ejes puede aumentar o disminuir la capacidad de transmisión. Refiérase a la página siguiente "Cálculo de la distancia entre centros".

Ejemplo:

Polea conductora:

PQ 6-5V 215 (Polea de 6 canales para perfil 5V de 215mm de diámetro)

Diámetro exterior: 215 mm

Relación de velocidad: $\times \frac{3,72}{800 \text{ mm}}$

Polea conducida:

PQ 6-5V 800 (Polea de 6 canales para perfil 5V de 800mm de diámetro)

Buje GD = J (pág 70)