



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE MECATRÓNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA
TRITURADORA DE LA MAZORCA DE MAÍZ**

Trabajo de titulación previo a la obtención
del Título de Ingenieros en Mecatrónica

AUTORES: NELSON RICARDO CAMPO VÉLEZ
CRISTIAN OMAR IPIALES COQUE

TUTOR: RENÉ PATRICIO QUITIAQUEZ SARSOZA

Quito - Ecuador

2022

I. CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Nelson Ricardo Campo Vélez con documento de identificación N°1724005085 y Cristian Omar Ipiales Coque con documento de identificación N°1726463753; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos 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, 08 de noviembre del año 2022

Atentamente,



Nelson Ricardo Campo Vélez
1724005085



Cristian Omar Ipiales Coque
1726463753

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

Nosotros, Nelson Ricardo Campo Vélez con documento de identificación N°1724005085 y Cristian Omar Ipiales Coque con documento de identificación N°1726463753, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Dispositivo tecnológico: “**Diseño y construcción de una máquina automática trituradora de la mazorca de maíz.**”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 08 de noviembre del año 2022

Atentamente,



Nelson Ricardo Campo Vélez
1724005085



Cristian Omar Ipiales Coque
1726463753

III. CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, René Patricio Quitiaquez Sarsoza con documento de identificación N°1710597269, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA TRITURADORA DE LA MAZORCA DE MAÍZ**, realizado por Nelson Ricardo Campo Vélez con documento de identificación N° 1724005085 y por Cristian Omar Ipiales Coque con documento de identificación N° 1726463753, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de un Dispositivo tecnológico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 08 de noviembre del año 2022

Atentamente,



Ing. René Patricio Quitiaquez Sarsoza, Mgtr

1710597269

IV. AGRADECIMIENTO

El agradecimiento infinito a Dios por darme la fortaleza y sabiduría para enfrentar los obstáculos que se ha presentado para poder lograr los objetivos anhelados.

A mis padres, quienes me han apoyado incondicionalmente, dándome consejos, así de igual forma sus enseñanzas tanto en mi vida personal como también en lo académica, así mismo a todos aquellos que confiaron en mi dándome palabras de aliento para seguir adelante.

A la Universidad Politécnica Salesiana, a principalmente a los docentes de la carrera de Ingeniería Mecatrónica por demostrarnos su visión y valores que nos ayudarán en nuestra vida laboral.

(Ipiates C.)

Agradezco de manera especial a mi tía Magdaly Vélez, pues ella fue mi principal apoyo para continuar con mis estudios y quien confió en mi desde el inicio de mis estudios universitarios.

A mi familia por siempre estar en las buenas y malas, apoyándome y dándome consejos que la vida es un poco dura, pero vale la pena todo el esfuerzo que se hace para lograr un ser un buen profesional con principios y valores.

A mis docentes de la carrera, a mis amigos.

(Campo R.)

V. DEDICATORIA

El presente proyecto dedico con mucho amor a mis padres Luis Ipiales y María Coque, quienes me ayudaron día a día para la culminación de mis estudios, apoyándome y dándome ánimos para seguir adelante.

También dedico a una persona muy especial Gabriel Meneses que gracias a su guía el fue mi apoyo principal para el ingreso a estudiar la carrera que escogí, el siempre fue como mi hermano.

(Ipiales C.)

Este proyecto va dedicado a mi madre Clelia Vélez, a mi padre Daniel Campo, a mis hermanos Francisco, Naomi y mis tíos que son como mis padres Esperanza Vélez y Nelson Campo, a quienes les agradezco el cariño, apoyo y ayuda desde el inicio de esta travesía sin saber cuál sería el destino.

De igual manera a Yennifer Zambrano quien me brindo su apoyo incondicional, comprensión y me recalaba que está orgullosa de mí siempre ayudándome en cada decisión que tomara, que con paciencia y dedicación decía “Nos falta poco”.

(Campo R.)

VI. ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN ...	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
NOMENCLATURA	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
OBJETO DE ESTUDIO	3
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
OBJETIVOS	4
Hipótesis de la investigación	5
Alcance de la investigación	5
CAPÍTULO 1	6
MARCO TEÓRICO	6
1.1 Marco teórico fundamental	6
1.1.1 Cosecha de Maíz en el Ecuador	6

1.1.2 Tipos de máquinas trituradoras	7
1.1.3 Tipos de grano	10
1.1.4 Tipos de materiales	12
CAPÍTULO 2	16
ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	16
2.1 Análisis de alternativas	16
2.1.1 Primera alternativa compra de trituradora	16
2.1.2 Segunda alternativa alquiler de trituradora	16
2.1.3 Tercera alternativa construcción de trituradora	17
2.2 Selección de alternativas	17
2.3 Sistema de Triturado.....	18
2.3.1 Trituradora de rodillos	18
2.3.2 Trituradora de martillos	19
2.3.3 Trituradora de bolas.....	20
2.4 Aspectos fundamentales.....	21
2.4.1 Selección de material	21
2.4.2 Sistema eléctrico externo.....	27
2.4.3 Sistema eléctrico interno.....	28
2.4.4 Componentes electrónicos de control.....	33
2.5 Formulación de ecuaciones	34
2.5.1 Diseño de rodillos.....	34
2.5.2 Soldadura.....	36
2.6 Formulación de ecuaciones	34
2.6.1 Cálculos eléctricos.....	38
CAPÍTULO 3	41
CÁLCULOS	41

3.1. Materiales	41
3.1.1 Ensayo de obtención de fuerza de corte del grano de maíz.....	41
3.1.2 Fuerza cortante para máquina de segunda generación.....	41
3.1.3 Fuerza promedio por cantidad de granos de 10 kg.....	42
3.1.4 Capacidad a la cual se va a moler el grano.....	43
3.1.5 Coeficiente de fricción	44
3.1.6 Determinación del ángulo para el coeficiente de roce dinámico.....	44
3.2. Rodillos	45
3.2.1 Ángulo de separación de los rodillos	45
3.2.2 Determinación del coeficiente de fricción	45
3.2.3 Ángulo de separación	45
3.2.4 Capacidad de trituración de los rodillos	46
3.2.5 Longitud de los rodillos	47
3.2.6 Carga en los rodillos	47
3.2.7 Momento de inercia en el rodillo principal	47
3.2.8 Cálculo de inercia de rodillo mediante diámetro	48
3.2.9 Sumatoria total del rodillo principal	50
3.2.10 Cálculo de la aceleración angular.....	50
3.2.11 Torque del rodillo principal.....	51
3.2.12 Potencia requerida para el rodillo principal.....	51
3.3. Cálculos del motor	52
3.3.1 Torque.....	52
3.3.2 Potencia.....	52
3.4. Cálculos mecánicos de la cadena.....	53
3.4.1 Relación de transmisión 1:1	54
3.4.2 Velocidad de la cadena	54

3.4.3	Relación de transmisión para un rodillo	54
3.4.4	Velocidad real de salida	55
3.4.5	Tensión ramal conductor	55
3.4.6	Longitud de la cadena.....	55
3.4.7	Distancia entre centros.....	56
3.5.	Relación por transmisión de banda para potencia del rodillo.....	56
3.5.1	Velocidad de transmisión	56
3.5.2	Velocidad de la banda	57
3.6.	Calculo para la selección de la chaveta	57
3.6.1	Diseño por cizallamiento	57
3.7.	Cálculos de pernos para soporte	58
3.8.	Cálculos de soldadura	60
3.9.	Cálculos para la capacidad de la tolva.....	62
3.10.	Cálculos eléctricos para el control.....	63
3.10.1	Interruptor termomagnético	63
3.10.2	Conductor para el sistema de potencia	63
3.11.	Diseño eléctrico para panel de control.....	64
	CAPÍTULO 4	65
	ANÁLISIS Y RESULTADOS	65
4.1.	Simulación y análisis estructural SoliWorks.....	65
4.1.1	Análisis estructural	65
4.1.1.1	Análisis de tensión axial y de flexión.....	65
4.1.1.2	Desplazamiento.....	66
4.1.1.3	Factor de seguridad.....	66
4.1.2	Simulación y análisis Rodillos	67
4.1.2.1	Análisis de tensiones	67
4.1.2.2	Desplazamiento.....	68

4.1.2.3 Deformación estática.....	68
4.1.2.4 Factor de seguridad.....	69
4.1.3 Simulación de las placas laterales.....	69
4.1.3.1 Tensiones	69
4.1.3.2 Desplazamiento.....	70
4.1.3.3 Factor de seguridad.....	70
4.1.4 Análisis de simulación para la tolva.....	71
4.2. Simulación y análisis eléctrico.....	72
4.3. Costos.....	74
4.4. Manual de Operación	79
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	84
REFERENCIAS	85
ANEXOS	93

I. ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1.1 Trituradora de Mandíbulas.....	8
Fig 1.2 Trituradora de cono Trio serie TP.	9
Fig 1.3 Series S Trituradora de impacto hidráulico.	9
Fig 1.4 Trituradora desbrozadora reversible.	10
Fig 1.5 Tipos de granos de maíz.	12
Fig 1.6 Interfaz de control para la comunicación.	15
Fig. 2.1 Molino de Rodillos.....	19
Fig. 2.2 Molino impactor de martillos MM650.	19
Fig. 2.3 Molino de bolas individual.	20
Fig. 2.5 Motor Trifásico 3 Hp.	28
Fig. 2.6 Fusible.	29
Fig. 2.7 Interruptor termo magnético	29
Fig. 2.8 Contactor	30
Fig. 2.9 Relé térmico	31
Fig. 2.10 Tipos de cables (conductor de electricidad)	32
Fig. 2.11 Pulsadores	33
Fig. 2.12 Luz piloto	34
Fig. 2.13 Paro de emergencia	34
Fig 2.14 Tipos de soldadura y esfuerzos	38
Fig 3.1 Proceso experimental para obtener una fuerza de corte del grano.....	41
Fig 3.2. Aplicando La segunda ley de Newton	44
Fig 3.3 Densidad de cada uno de los granos.	46
Fig 3.4 La densidad del material a AISI SAE 1045.	48
Fig 3.5 Diseño del Rodillo.....	48
Fig 3.6 Cálculo para determinar la inercia con diámetro de 25 mm	49
Fig 3.7 Diámetro para determinar la inercia largo de 100 mm	49

Fig 3.8 Potencia nominal del motor.	52
Fig 3.9 Polea y Banda Transmisión de potencia	56
Fig 3.10 Chaveta.....	57
Fig 3.11 Soldadura	61
Fig 3.12 Tolva cónica	62
Fig 3.14 Diseño esquemático eléctrico.....	64
Fig 4.1 Análisis de tensiones estructurales.....	66
Fig 4.2 Análisis de desplazamiento en la estructura	66
Fig 4.3 Factor de seguridad de la estructura.....	67
Fig 4.4 Tensión por la ley de von Mises en los rodillos.....	67
Fig 4.5 Tensión por la ley de URES en los rodillos	68
Fig 4.6 Deformación estática ESTRN de los rodillos	68
Fig. 4.7 Factor de seguridad rodillos	69
Fig 4.8 Análisis de tensiones placa lateral.....	69
Fig 4.9 Análisis de desplazamiento placa lateral.....	70
Fig 4.11 Análisis de tensiones para la tolva	71
Fig 4.12 Análisis de desplazamientos	71
Fig 4.13 Factor de seguridad tolva.	72
Fig 4.14 Indicador para el encendido de la máquina.....	72
Fig 4.15 Indicador para el encendido del botón Inicio.....	73

II. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades mecánicas del acero al carbono.....	13
Tabla 2. Propiedades mecánicas del acero aleado.	14
Tabla 3. Selección de alternativas de máquina trituradora de maíz.....	18
Tabla 4. Selección de tipo de trituradora	20
Tabla 5. Composición química acero AISI SAE 1045	21
Tabla 6. Propiedades Mecánicas del Acero AISI SAE 1045	21
Tabla 7. Composición química de la plancha ASTM A653	22
Tabla 8. Recubrimiento de la plancha ASTM A653	22
Tabla 9. Composición química tubo cuadrado estructural	23
Tabla 10. Propiedades Mecánicas ASTM A36 (AISI 1018)	23
Tabla 11. Diámetro de chumaceras.....	25
Tabla 12. Tipo de cadena con su respectivo número de piñón	26
Tabla 13. Polea tipo A de un canal	27
Tabla 14. Especificaciones técnicas del motor	28
Tabla 15. Amperaje que soporta el cable conductor	32
Tabla 16. Tipo de electrodo y características técnicas	37
Tabla 17. Análisis para la fuerza de corte del grano.....	42
Tabla 18. Fuerza aproximada para 10 kg.....	43
Tabla 19. Coeficiente de roce dinámico (μ_k)	44
Tabla 20. Selección de la cadena.	53
Tabla 21. Coeficiente para la relación de transmisión	54
Tabla 22. Selección módulo de elasticidad del material del perno.....	59
Tabla 23. Selección del perno 7/16 en pulgadas.....	60
Tabla 24 Costos de los elementos para máquina trituradora.	74
Tabla 25 Materiales mecánicos.....	75
Tabla 26 Materiales eléctricos y electrónicos.....	76

Tabla 27 Costos de producción.....	76
Tabla 28 Servicios básicos.....	77
Tabla 29 Mantenimiento y transporte	77
Tabla 30 Mano de obra directa para construcción de máquina	77
Tabla 31 Mano de obra indirecta para construcción y armado de máquina	78
Tabla 32 Resumen de costos de elaboración de la máquina.....	78
Tabla 33 Cálculos del TIR	78
Tabla 34 Valor de la tasa interna de retorno	79
Tabla 35 Cálculos para determinar el VAN.....	79
Tabla 36 Valor Actual Neto (Van)	79

III. NOMENCLATURA

Símbolo	Descripción	Unidad
kgf	Kilogramo fuerza	kg
uk	Roce dinámico	F/N
I	Inercia	
α	Aceleración angular	kg/m^2 rad/s^2
L	Longitud de la cadena	mm
kb	rigidez del sujetador	Mpsi
ju	Momento polar	mm
P	Potencia	watts

RESUMEN

El presente proyecto se desarrolló con el fin de establecer el diseño y construcción de una máquina trituradora para granos de maíz, para así lograr ajustarse al diseño, las condiciones que se especifican a las necesidades en el área para este tipo de trabajo.

Para el diseño de la máquina trituradora fue necesario tomar en cuenta su funcionalidad internamente que consta de dos rodillos los cuales trabajaron a 1500 revoluciones para triturar todo el producto con una capacidad mínima de 10kg/h que ingresa por la tolva,

así mismo su sistema eléctrico se basó en un panel el cual consta internamente de relés, breaker, fusibles, que protegieron el motor de cualquier cambio de voltaje en la parte del control se definió con tres botones de inicio, paro de la máquina y paro de emergencia lo cual permitió el control total de la máquina para cualquier evento que se presentase.

A través de cálculos y simulaciones que se aplicaron a la parte estructural se consideró que la máquina es factible para ponerla en marcha a trabajar.

Palabras claves: máquina trituradora, granos, maíz, simulaciones, sistema eléctrico

ABSTRACT

This project was developed to establish the design and construction of a crushing machine for corn grains, to adjust to the design, the conditions that are specified to the needs in the area for this type of work.

For the design of the crushing machine, it was necessary to take into account its functionality internally which consists of two rollers which worked at 1500 revolutions to crush all the product with a minimum capacity of 10kg/h that enters through the hopper,

Likewise, its electrical system was based on a panel which consists internally of relays, breaker, fuses, which protected the engine from any voltage change in the control part was defined with three buttons start, stop the machine and emergency stop which allowed total control of the machine for any event that arises.

Through calculations and simulations that were applied to the structural part, it was considered that the machine is feasible to start it to work.

Keywords: crushing machine, grains, corn, simulations, electrical system

IV. INTRODUCCIÓN

La investigación del marco teórico se realiza con el fin de recolectar la mayor cantidad de información que permita conocer la historia y el proceso de triturado de maíz desde la antigüedad hasta la actualidad.

Una vez recolectada la información sobre los tipos de trituradoras de maíz, así también como los granos que existen en el país y además los materiales que se implementa en la construcción de la máquina.

Para ello se utilizaron algunos tipos de materiales para conocer su composición tanto química y las propiedades que permita que el material tenga una larga duración, la parte eléctrica que sea resistente al trabajo a emplear.

En este capítulo se realizó la recolección de datos de forma específica que permita la observación directa de la mejor alternativa gracias a esto se seleccionó en cuanto a comprar, construir o alquilar la máquina trituradora de maíz, así mismo el tipo de máquina trituradora en cuanto a la parte interna que son rodillos, martillos, bolas o discos a realizar. Así mismo se escoge los materiales tanto mecánicos, eléctricos y electrónicos que permitan el fácil ensamblaje de la máquina.

Con el planteamiento de fórmulas se logró determinar que existe una necesidad de crear la máquina trituradora a un precio accesible a emprendedores.

En el presente capítulo se especifican y detallan cada uno de los elementos tanto mecánicos como eléctricos que deben ser diseñados, calculados y seleccionados acorde a las normas de cada elemento aplicando conocimientos que cumplan con la funcionalidad de la máquina trituradora, de acuerdo con el grado de trituración.

En el presente capítulo se define las diferentes simulaciones de los componentes internos y externos que se encuentra en la máquina, los análisis y resultados de los costos que se emplearon tanto en la parte mecánica como la eléctrica para la elaboración, de igual formal el manual de operación y el mantenimiento que se debe realizar a la máquina para el correcto funcionamiento de los componentes.

V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la antigüedad la actividad del triturado de mazorca de maíz en las diferentes partes de la región costa del Ecuador se la realiza de forma manual, considerándose que es una actividad de esfuerzo físico que lleva a aumentar precios en la mano de obra al realizar este tipo de trabajo, así mismo esta actividad se realiza diferentes tiempos ya que a mano se debe tomar lapsos de descanso para que la persona a cargo no sufra lesiones a largo plazo, con eso el resultado de realizar esta actividad es que el producto se lo utilizan para diferentes aplicaciones y el desperdicio que es la tusa normalmente se desecha completamente por lo que esto conlleva que el tiempo de descomposición sea a largo plazo.

Además, al momento de desempeñar este trabajo del triturado de la mazorca se desprenden pequeñas partículas de polvo las cuales ocasionan daños respiratorios y alergias a los trabajadores, de igual manera debe tener una técnica específica y, por ende, de una posición específica en este tiempo.

Posteriormente, se crearon los primeros molinos de granos, pero estos tenían una desventaja en cuanto a tiempo y baja producción. En la actualidad, gracias a los nuevos inventos, se han construido diferentes máquinas que realizan varios procesos de triturado de maíz y de esta forma abastecen a las necesidades de las grandes industrias existentes en el país. Los costos de las máquinas actuales son demasiado elevados aproximadamente se encuentran entre \$1700 dólares la base y dependerá posteriormente de la capacidad de molienda y potencia que tenga la misma. [1]

VI. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En razón lo expuesto en cuanto al planteamiento del problema, el proyecto busca responder la siguiente pregunta:

¿Es factible el diseñar y construir una máquina que a través del triturado se pueda realizar un proceso eficaz automatizado para que pueda tener como capacidad de elaboración mínima de 10kg/h donde se desarrollara una producción de materia prima para el alimento y además se podrá utilizar como un abono orgánico para la fertilización de los suelos?

VII. OBJETO DE ESTUDIO

Como objeto de estudio se considera el diseño y construcción de una máquina automática trituradora de la mazorca de maíz que conste con una capacidad de producción de 10kg/h. Por medio de este proceso se convertirá los diversos granos como una fuente de consumo y además como abonos o fertilizantes de suelos.

VIII. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Actualmente se dispone de diferentes máquinas que realizan el proceso de triturado, pero su costo es demasiado elevado para las personas que se dedican a este tipo de actividad, afectando su salud y obteniendo una baja producción. [2]

Se propone automatizar el proceso de triturado del maíz donde se aprovechará en su totalidad tanto el grano como el sobrante, la ventaja de esta máquina es que realizará la trituración, de granos de maíz lo que permitirá reducir costos de producción, así mismo aprovechando toda la mazorca de maíz,[3] y el producto sobrante servirá como materia prima para abono orgánico para fertilizar suelos, papel higiénico, alimentos para perros, entre otros.

Además, este prototipo automatizado permitirá que los trabajadores del sector agrícola desarrollen la actividad de forma más sencilla, mejorando tiempos de trabajo y aumentando la producción de triturado de maíz.

El presente proyecto se realizará con el fin de disminuir problemas físicos de salud para personas del ámbito agrícola, que se dedican a la trituración del maíz, y mejorar la calidad de vida de este sector.[4]

IX. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir una máquina automática para el proceso de triturado de la mazorca de maíz.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar las diferentes máquinas trituradoras de maíz para garantizar las especificaciones requeridas.

Implementar la máquina trituradora de maíz diseñada para mejorar la producción.

Verificar mediante pruebas de campo el funcionamiento del equipo construido para garantizar la capacidad mínima de producción.

X. Hipótesis de la investigación

Pregunta: La eficacia de la máquina trituradora dependerá de las variables mediante la identificación de la fase de control para el proceso de triturado de granos. El proceso de control será precisado por las principales variables que se puede determinar: el entorno de trabajo donde se va a realizar, el torque que se generará en los rodillos, la velocidad constante a la cual el motor girará, capacidad de triturado mediante lapsos de tiempos establecidos, el tipo de tratamiento térmico que se dará a los rodillos.

XI. Alcance de la investigación

El alcance para el presente trabajo de titulación se centra en el diseño y construcción de una máquina automática trituradora de la mazorca de maíz para la ayudar a mejorar la productividad a pequeños emprendedores, donde se considera que la capacidad de producción será de 10kg/h.

Para el diseño y construcción de la máquina se generará una caracterización de materiales, la realización de análisis y cálculos pertinentes para la parte interna donde se encuentran los rodillos, además de la simulación de los elementos principales del equipo de modo que se garantice un correcto funcionamiento.

El sistema eléctrico y de control se basa en un tomacorriente a trifásico que se puede encontrar en cualquier tipo de empresas industriales, la parte interna estará intervenida a través de una caja de control que se visualiza la velocidad, temperatura y el voltaje que está trabajando motor así mismo se encuentra el sistema de encendido, apagado, incremento de potencia, etc.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

La investigación del marco teórico se realiza con el fin de recolectar la mayor cantidad de información que permita conocer la historia y el proceso de triturado de maíz desde la antigüedad hasta la actualidad. Una vez recolectada la información sobre los tipos de trituradoras de maíz, así también como los granos que existen en el país y además los materiales que se implementan en la construcción de la máquina. Para ello se utilizaron algunos tipos de materiales para conocer su composición tanto química y las propiedades que permita que el material tenga una larga duración la parte eléctrica y sea resistente al trabajo en el que se lo va a emplear.

1.1 Marco teórico

La presencia del maíz se ha relacionado con el inicio de la agroindustria. En el momento en que las agrupaciones agrarias aumentaron el grosor de su población y adquirieron nueva información sobre como es el uso de las plantas silvestres, se empezaron a desarrollar algunas hortalizas para satisfacer las necesidades alimentarias de la agrupación humana. Probablemente, las mujeres fueron las principales ganaderas. [5]

Fue localizado progresivamente en varios países, y aunque los vencedores no imaginaron entonces, en ese momento, que este cereal habría sido un incentivo más notable para la humanidad. [5]

Hoy, el maíz es una de las principales semillas en América y en el mundo. En definitiva, la gran mayoría de su creación proviene de las naciones americanas. Además, es probablemente el grano más arraigado, cuyo inicio es aún incierto. [5]

1.1.1 Cosecha de Maíz en el Ecuador

El maíz, junto al arroz, el banano, el cacao y el camarón son productos que en el Ecuador se producen en gran cantidad. A pesar de que no representa más del 8% de la actividad agraria, es un pilar fundamental de la alimentación en el país, además sirve para la cría de aves, ganado vacuno y porcino. [6]

Con respecto a los precios por hectárea, el informe dice que fueron menores a lo comunicado, el 53% considera que siguieron como antes. Por lo tanto, el volumen de

cosecha disminuyó en el año 2018, el 41% demostró que continuó como antes como en 2017, mientras que el resto es del 19% que hubo un aumento. [6]

En un examen más desagregado sobre la cosecha del cereal, el espacio reunido de maíz duro para región de la costa se expandió en la gran mayoría de los cantones: Chone, Calceta, Bolívar y Tosagua, y así como en Junín, Jipijapa y Paján . [6]

Con la globalización, quien no se esfuerce por lograr rendimientos más significativos, potencialmente saldrá del mercado. Esta prueba es una tarea en la que asumen un papel importante las empresas, la financiación, el gobierno, las universidades, la asociatividad y, legítimamente, la diferencia en la mentalidad de los creadores para lograr nuevos objetivos. [7]

1.1.2 Tipos de máquinas trituradoras

Por lo general, estaba destinado a ser uno de los instrumentos cruciales a la hora de preparar el alimento ajustado, para planificar el estiércol o para disminuir en volumen las ramas de poda. Tiene la capacidad de picar o triturar tales como se puede ver en la caña de azúcar, ramas finas, plantas de maíz con producto natural, yuca, alimento para caballos, etc.). [8]

Para el caso de moler se visualiza tal como es el maíz, (maíz con cáscara y cascarilla, cereales o algún tipo de grano seco, vainas verdes de varias especies, caracoles, hueso consumido, una amplia gama de semillas) y finalmente se elaboran diferentes productos como harina de maíz, semillas diferentes, cena de hueso, algarroba es decir que es especie de arbusto donde tiene forma de vaina y en su parte interna tiene unas 8 a 12 semillas, entre otros artículos. Se utiliza para triturar ramas de hasta 8 o 10 cm de ancho.[8]

Las trituradoras se clasifican en:

- **Trituradora de Mandíbula**

Se compone de una mandíbula decente y una mandíbula versátil que se verbaliza en su parte superior y que, balanceándose sobre este cubo, puede acercarse y alejarse de la mandíbula propia, compactando la piedra. Balanceándose sobre este cubo, puede muy bien crearse cierta distancia con la mandíbula decente, empaquetando la piedra entre ellas en este desarrollo. [9]

La energía para la presión se imparte a la mandíbula versátil por el giro de un eje posterior, con un enorme volante de inercia, que mueve un polo asociado y esto impulsa dos placas o baldosas entre la mandíbula portátil y un punto adecuado.[9]

Este tipo de artilugio es una ventaja competitiva productiva que permite dividir las piedras y minerales entre las mandíbulas del herraje cuando se acercan y entregar la tensión cuando se independizan. [9]

Para garantizar la retirada de la mandíbula móvil y para mantener unido todo el conjunto de piezas móviles, hay una barra con un muelle de tensión que se embala cuando la mandíbula se cierra y potencia la apertura en la etapa inicial. [9]



Fig 1.1 Trituradora de Mandíbulas.[10]

- **Trituradora de Cono**

Generalmente utilizadas para machacar materiales duros y desagradables en las empresas mineras y totales, las trituradoras de cono se han utilizado durante algún tiempo como triturador esencial, opcional y terciario. [11]

Planeadas particularmente para los materiales más duros, las trituradoras de cono son quizás la decisión más ideal para pulverizar roca de arroyo, basalto y piedra, junto con materiales duros en el negocio minero como hierro, cromo, magnesita y cobre.[12]

Mediante un robusto diseño que existe y en donde el cuerpo es de acero fundido de una muy alta calidad de nuestras trituradoras cónicas proporcionan la fuerza y la estabilidad necesarias para triturar estos materiales de gran dureza, a la vez que garantizan un bajo coste de mantenimiento. [11]



Fig 1.2 Trituradora Trio TP. [13]

- **Trituradora de alto Impacto**

Es aquella máquina donde se puede aprovechar tanto una energía de un efecto o también se puede utilizar un factor físico la catástrofe para destrozarse toda la materia. En general, estas máquinas dan curvas más exactas en comparación con los aplastadores de mandíbula, sólo como un forma recatada recatada. [14]

No es apta ni apropiadas hacia la materia de rejilla, excepto si son delicados o con superficie estratificada. Hay dos tipos fundamentales de aplastadores de efectos: los aplastadores de palo y los aplastadores de mazo. [15]

En los primeros, el componente de golpeo es una barra alargada, fija y correspondiente al rotor, con un área transversal rectangular. En la última opción, el componente de percusión es un surtido de mazos situados en el rotor. [14]

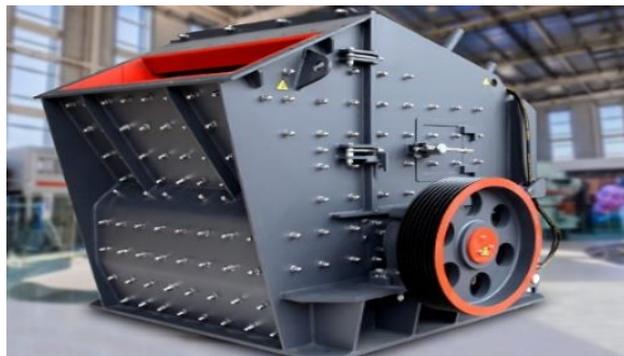


Fig 1.3 Series S Trituradora de impacto hidráulico. [16]

- **Trituradora Desbrozadora**

Su capacidad fundamental es la de trocear la vegetación superficial y los depósitos de la cosecha. Trituran el espacio de la planta para que los recolectores o recogedores puedan funcionar admirablemente un tiempo después. [17]

Ese tipo de máquinas se utilizan cadenas que golpean el material. Una cubierta con una pequeña salida lateral retiene los residuos de la cosecha hasta que se termina de destruir. Se utilizan tolvas para conservar un nivel constante sobre la superficie. [17]

Existe en el mercado desbrozadoras fijas, impulsadas por agua y portátiles para ajustarse a cualquier condición del terreno. Tienen una carga de 150 a 400 kg, con una anchura de funcionamiento de 0,90 a 2,00 m, y requieren una fuerza que oscila a 20 y los 100 caballos de fuerza. [18]



Fig 1.4 Trituradora desbrozadora reversible. [19]

1.1.3 Tipos de granos

El maíz, al igual que todas las especies, tiene una impresionante variedad de tipos, que dependen de algunos modelos como indican algunos modelos: en cuanto a su contextura del endospermo en base al grano de maíz, su tono, el clima de desarrollo y su utilización además del clima. Los principales maíces en términos monetarios son los tipos harinoso, dentado y duro.[20]

Los granos se clasifican de la siguiente manera:

- **Maíz duro**

Sus porciones son ajustadas y duras al tacto. El almidón de su endospermo es predominantemente vítreo y duro, con un desarrollo precoz y menor rendimiento.

Generalmente se utiliza para la alimentación humana, para fabricar almidón de maíz o para alimentar a los animales de granja. [20]

Tiene una amplia gama de variedades y cubre una superficie de más de 30 millones de hectáreas en las selvas. [20]

- **Maíz reventón**

Como el anterior, pero con una medida más prominente de endospermo duro. Las porciones son redondas y ovaladas, de poco tamaño. Cuando se exponen al calor, pueden detonar y dar lugar a las supuestas palomitas. Se desarrollan a escala limitada en las selvas. [20]

- **Maíz dentado**

Su nombre se debe a la forma de sus dientes. Es el más utilizado para grano y ensilado. A diferencia de los recién representados, este tipo de maíz tiene un endospermo más delicado, restringiendo el duro sólo a trozos específicos del grano. El mismo se compone de almidón córneo translúcido. Los blancos se utilizan para la alimentación humana mientras que los amarillos se utilizan para los animales. [20]

- **Maíz harinoso**

Circula en México y en los principales países del distrito andino. Es uno de los productos con la medida más elevada de almidón delicado. Se utiliza para uso humano y para la elaboración de bebidas y platos únicos. En esta sección, el maíz blanco imperial, tradición del dominio inca, se reconoce por el enorme tamaño del grano. [21]

- **Maíz ceroso**

El nombre se debe a la serosidad y oscuridad de su endospermo. Su desarrollo es excepcionalmente cercano y restringido. Su almidón está formado únicamente por amilopectina, lo que le da su característica pegajosa, como la mandioca. [21]

Mediante cruces se han reunido cualidades modificadas que han dado un rendimiento superior, pasando a denominarse maíz proteico de calidad. [21]

- **Maíz dulce**

Se desarrolla para el aprovechamiento de las mazorcas aún verdes, que contienen una alta medida de azúcar. Tiene una cualidad pasiva en cromosoma 4 que impide el cambio de algunos azúcares disolubles en almidón. No suele llenarse en las regiones tropicales debido a su bajo rendimiento, un par de surtidos y mitades en el sudeste asiático. De hecho, los maíces normales cerosos y duros se desarrollan por sus mazorcas verdes en vista de los problemas de los maíces dulces. [21]

- **Maíz baby**

Las mazorcas se recogen en fases iniciales y se utilizan para hortalizas, se consumen nuevas o en manojos. Se desarrolla ampliamente en las selvas, especialmente en Tailandia. [21]

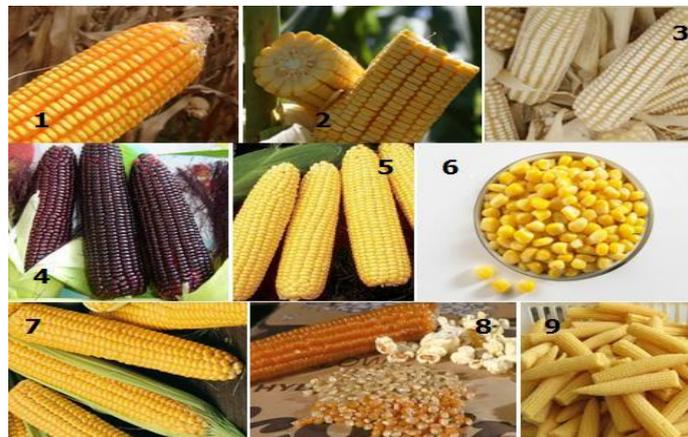


Fig 1.5 Tipos de granos de maíz. [22]

1.1.4 Tipos de materiales

El acero es un elemento presente en muchas partes del mundo y además en el día a día. Esto ha impulsado la utilización de algún tipo de acero, dependiendo del motivo.

Mediante la capacidad de manipulación de este componente, el acero se compone básicamente de hierro y carbono. Este último elemento tiene una presencia de alrededor del 2% de todo el total. [23]

No obstante, durante su proceso de fabricación o reutilización, se pueden hacer varios tipos de acero, dado que se añade diferentes elementos que ampliarán las propiedades de este material.[23]

El tipo de metal para su estructura en las trituradoras dependerá de las capacidades y características de cada una de las máquinas, dentro de los metales para su estructura los más comunes están de la siguiente manera:[23]

- **Acero carbono**

De forma física de color mate y es notable por ser uno de los más sensibles ante la corrosión. Hay tres subtipos de este acero: acero de bajo, medio y alto carbono, con un bajo del 30% de carbono, un medio del 0,60% y un alto del 1,5%. Proviene la forma en que aguanta una pequeña medida de otros componentes de fusión. Son especialmente fuerte, razón lo cual se utilizan en muchos casos para fabricar artículos, por ejemplo, cuchillas, cables de muy alta tensión, piezas de automóviles y otros artículos equivalentes. [24]

Como se observa en la Tabla 1 se determina que para el acero al carbono existen varias normas donde se establece los límites elástico a la tensión, también la resistencia máxima a la cual está sometida, una elongación, y por último cuanta dureza posee en Brinell.

Tabla 1. Propiedades mecánicas del acero al carbono.[25]

Número SAE/AISI	Estado	Límite elástico a la tensión (convencional al 2%)		Resistencia máxima a la tensión		Elongación en 2 in	Dureza Brinell
		kpsi	Mpa	kpsi	Mpa	%	-HB
1010	laminado en caliente	26	179	47	324	28	95
	laminado en frío	44	303	53	365	20	105
1020	laminado en caliente	30	207	55	379	25	111
	laminado en frío	57	393	68	469	15	131
1040	laminado en caliente	42	290	76	524	18	149
	laminado en frío	71	490	85	586	12	170
1045	laminado en caliente	45	310	82	565	16	163
	laminado en frío	77	531	91	627	12	179

- **Acero aleado**

Para este tipo se tiene combinación de varios metales, como son el níquel, cobre y aluminio. Por lo general, son económicos, además de ser duraderos a la corrosión y en algunos casos se utilizan en la fabricación de algunas piezas de tuberías, autos, estructuras para transporte u proyectos de la parte mecánica. Así, las cualidades pueden depender del componente que contienen. [26]

Mediante la Tabla 2 se determina que el acero aleado se tiene composiciones químicas, además los tipos de tratamiento, su resistencia a las tensiones que están sometidas, límites elásticos, alargamientos a sus principales aplicaciones.

Tabla 2. Propiedades mecánicas del acero aleado.[27]

Número SAE/AISI de aleación	Composición química, % en peso	Tratamiento	Resistencia a la tensión Mpa	Límite elástico, Mpa	Alargamiento %	Aplicaciones típicas
Aceros al manganeso						
1340	0.40C,175Mn	Recocido	704	435	20	Pernos de alta resistencia
		Revenido	1587	1421	12	
Aceros al cromo						
5140	0.40C,0.80Cr, 0.80 Mn	Recocido	573	297	29	Engranajes de transmisión de automóviles
		Revenido	1580	1449	10	
Aceros al cromo-molibdeno						
4140	0.40 C,1.0 Cr, 0.9Mn,0.20Mo	Recocido	655	421	26	Engranajes y transmisiones de turbinas de gas para aviones
		Revenido	1550	1433	9	
Aceros al níquel (1,83 %)-cromo-molibdeno						
4340 (E)	0.40C,1.83Ni, 0.90Mn,0.80Cr, 0.20 Mo	Recocido	745	469	22	Secciones pesadas, trenes de aterrizaje, partes de camiones
		Revenido	1725	1578	10	
Aceros al níquel (1,83 %)-cromo-molibdeno						
8620	0.20C,0.55Ni, 0.50Cr,0.80Mn, 0.20 Mo	Recocido	531	407	31	Engranajes de transmisión
		Normalizado	635	359	26	

- **Sistema eléctrico**

Uno de los activos más involucrados en la actualidad referente al marco de control es impulsada a la creación por el diseño requiere esta interacción para lograr objetivos específicos. La capacidad de este marco es supervisar o dirigir la manera en que otro actúa para evitar decepciones. Pueden ser eléctricos, neumáticos, accionados por presión o mecánicos, entre otros. [28]

La clase de aparatos se determinan con gran régimen para el fin que se desea lograr, sino que debe comprender la razón de ser de no menos de 3 componentes esenciales como son una variable para seleccionar un actuador, controlar o seleccionar un punto de referencia. Un marco para controlar es aquel que da la reacción ideal controlando el resultado.[28]

En un marco de control de círculos cerrados es el conjunto acabado de engranajes y la razón de ser del ciclo, incluyendo el producto y el equipo que se espera que controle cada uno de los aspectos de su interacción, estos son: [29]

- Instrumentos de campo para examinar el valor de una variable de proceso medida (PV) y enviar información a su regulador para interconectar cada una de las fuentes de información y los resultados de su marco de programación y codificación para diseccionar y almacenar la información, y luego transmitir mensajes a los últimos componentes de control.[29]
- Una interfaz hombre-máquina (HMI) para mostrar la información de campo de forma que los individuos puedan comprenderla. La correspondencia de campo, que incorpora una amplia gama de cableados y convenciones.[29]

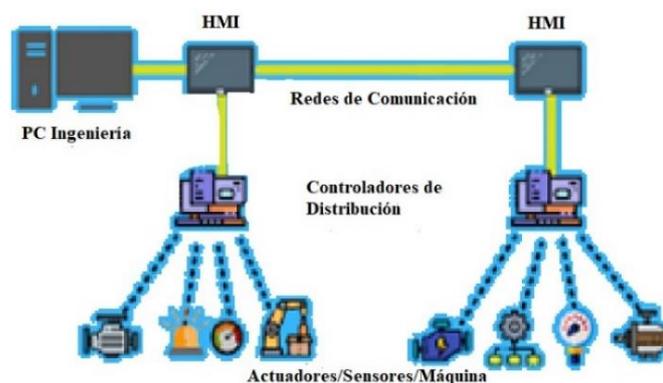


Fig 1.6 Interfaz de control para la comunicación.[30]

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

En este capítulo se realizó la recolección de datos de forma específica que permita la observación directa de la mejor alternativa gracias a esto se seleccionó en cuanto a comprar, construir o alquilar la máquina trituradora de maíz, así mismo el tipo de máquina trituradora en su parte interna que son de rodillos, martillos, bolas o discos a realizar.

Así mismo se escoge los materiales tanto mecánicos, eléctricos y electrónicos que permitan el fácil ensamblaje de la máquina.

Con el planteamiento de fórmulas se logró determinar que existe una necesidad de crear la máquina trituradora a un precio accesible a los emprendedores.

2.1 Análisis de alternativas

Para el análisis de alternativas del proyecto se seleccionan según las características de fácil mantenimiento, costo, tipo de material y parámetros de uso.

2.1.1 Primera alternativa compra de la trituradora de maíz

La compra de la máquina tritura de maíz es la solución más simple, debido a que se adquirirá el equipo con un solo pago, pero en ello entran aspectos a considerar como que el costo de este tipo de máquinas en ocasiones es demasiado elevado debido a que estas máquinas son importadas y repuestos no se encuentran en el país.

Varias alternativas de mantenimiento para que la máquina obtenga un buen funcionamiento al cabo de realizar mantenimiento preventivos rutinarios, pero en ocasiones no se pueden poner en acción ya que no hay personal calificado para este tipo mantenimientos o probablemente los repuestos no los encontramos en el país.

2.1.2 Segunda alternativa alquiler de la trituradora de maíz

El alquiler de una máquina trituradora de maíz es una buena opción si se tiene que trabajar a gran escala en determinados días o a una baja producción debido a que los costos de alquiler son elevados dentro de las industrias por la dificultad de adquisición de la maquinaria.

De acuerdo con soluciones temporales se encargará de dotar de los recursos relacionados con el servicio de alquiler, entre ellos el diseño de la máquina, puesta en marcha de los equipos, mantenimiento y desmantelamiento. De esta forma se podrá llevar a cabo su actividad.

La disponibilidad de encontrar máquinas en ocasiones donde las necesidades de suministro llegan sin previo aviso.

2.1.3 Tercera alternativa construcción de la trituradora de maíz

En esta alternativa es el diseño y construcción de máquina trituradora de maíz, en esta se puede destacar que el costo en comparación a las anteriores será menor, dado que se construirá con materiales que se encuentran en el país, esto influirá directamente en que la obtención de repuestos será de fácil acceso.

Con esta alternativa se facilita la realización de mantenimientos preventivos y correctivos, debido al diseño de la máquina como fue elaborada para preparar las alternativas de soluciones al momento de realizar cualquier tipo de mantenimiento o si se presenta algún daño a la máquina se solventará de manera eficaz.

Dado que la construcción de esta máquina se realizará según los requerimientos necesarios para la producción seleccionada ya que se puede escoger tanto el tipo de material con el que se la construirá, así como los parámetros de control que se requieran para el fácil entendimiento del operador al momento de manipular la máquina trituradora.

2.2 Selección de alternativas

Dentro del punto 2.2 se tomará en cuenta las opciones presentadas en el ítem 2.1 para generar una calificación cuantitativa de cada una considerando los siguientes aspectos: costo, mantenimiento, parámetros de control, capacidad de triturado de producto, tipos de granos, tipos de martillos, determinando cuantitativamente el sistema adecuado que se adapte a los requerimientos de triturado.

Se puede considerar las siguientes alternativas:

- **Alternativa 1:** Compra de máquina trituradora.
- **Alternativa 2:** Alquiler de máquina trituradora
- **Alternativa 3:** Construcción de máquina trituradora.

En la Tabla 3 se determina las diferentes alternativas para la máquina trituradora las cuales estas están ponderadas entre 1 siendo el valor más bajo y 5 el valor más alto a la opción con la ayuda de diferentes criterios para así seleccionar el tipo de alternativa.

Tabla 3. Selección de alternativas de máquina trituradora de maíz.

N°	Criterio	Compra	Alquiler	Construcción
1	Costos	1	2	5
2	Mantenimiento	3	4	5
3	Calibración	2	3	5
4	Capacidad	1	1	3
5	Facilidad de operación	2	2	5
6	Potencia	2	2	5
7	Repuestos	4	4	5
8	Materiales	5	5	3
	Total	20	23	36
Valor Porcentual		50%	58%	90%

Se estableció de acuerdo con varios criterios que la mejor opción para ejecutar el proyecto es la construcción la máquina trituradora de maíz con el 90%.

2.3 Sistema de triturado

2.3.1 Trituradora de rodillos

En este tipo de trituradoras hay varios molinos de rodillos, ya sea por contrastes masivos en el plan de proporcionar ligeras variedades en las realizaciones, los que más se emplean son:[31]

- Molino que tiene un rodillo
- Molino que tiene dos rodillos

Este tipo de rodillos se fabrican en lisos, surcados, en cuanto a los materiales a manipular. En este sentido, si bien la fabricación de rodillos dentados es significativamente más adaptable y están aplicados a la trituración de cuerpos sólidos excepcionalmente duros. [31]



Fig. 2.1 Molino de Rodillos. [32]

2.3.2 Trituradora de martillos

Internamente se basa en una trituradora que puede aplastar, golpear y pulverizar una amplia escala de elementos. Esta máquina utiliza un sin número de golpes de para trabajar. [33]

Suele utilizarse para aplastar una amplia gama de materiales, por ejemplo, para la producción de alimentos para animales, comida para mascotas, entre otros. Además, este tipo de equipos se utilizan generalmente en la manipulación de semillas aceitosas. [33]

Este tipo de estructura es admisible para la limpieza sencilla y eficaz de los equipos, fabricados en varios tipos de aceros, para que su interior tenga una buena ventilación. [33]



Fig. 2.2 Molino impactor de martillos MM650. [34]

2.3.3 Trituradora de bolas

La trituradora de bolas se compone de una cámara de acero colocada uniformemente sobre plataformas y que gira alrededor de su pivote de nivel. Esta cámara contiene en su interior un medio de trituración razonable, como bolas de acero o de piedra. El material para triturar se introduce en la cámara a través de un registro situado en el punto concéntrico de una generatriz de la cámara, que se fija de forma hermética. [35]

La trituradora gira por la actividad de un material circunferencial, a través de correas de transmisión de nivel o diferentes en forma de V, o a través de rueda dentada y cadena acoplada. [35]

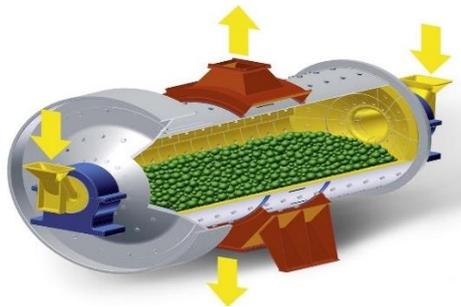


Fig. 2.3 Molino de bolas individual. [36]

En la Tabla 4 se determinan el tipo de trituradora que se va a implementar las cuales están ponderadas entre 1 siendo la peor y 5 la mejor opción a elección de diferentes criterios para seleccionar la trituradora a conveniencia.

Tabla 4. Selección para la trituradora

N°	Criterio	Trituradora de bolas	Trituradora de martillos	Trituradora de rodillos
1	Construcción	2	3	5
2	Durabilidad	3	4	4
3	Tamaño	4	2	4
4	Económico	3	2	3
5	Mantenimiento	3	3	4
6	Seguridad	3	4	5
	Total	18	18	25
	Valor porcentual	51%	51%	71%

La mejor opción con los criterios calificados se establece que la trituradora de martillos es mucho más factible para que este proyecto tenga resultados satisfactorios con un 71%.

2.4 Aspectos fundamentales

Dentro de los aspectos principales se mostrarán los materiales con los que se trabajara, además de dar la introducción de las ecuaciones principales que se utilizarán para el diseño del equipo.

2.4.1 Selección de material

Mediante una selección de materiales adecuados para la cual se realizará la máquina trituradora de maíz se podrá discutir en las siguientes opciones:

- **Acero AISI / SAE 1045**

Es un gran acero de carbono medio con alta resistencia. También se le conoce como acero (JIS S45C y DIN C45). Se utiliza en general en condiciones normalizadas debido a su desafortunada templabilidad. Tiene que ser tratado y templado para obtener una mayor ejecución mecánica. Se utiliza para hacer que las piezas ensambladas a la máquina obtengan una alta resistencia. Por ejemplo, engranajes, ejes, pasadores de cilindros, etc. [37]

Como se puede observar en la Tabla 5, para este tipo de acero 1045 tiene como composición de 0.43 a 0.50% de carbono, 0.60 a 0.90% de magnesio, 0.15 a 0.35% de silicio, $\leq 0.04\%$ de fosforo y $\leq 0.5\%$ de azufre.

Tabla 5. Composición química [38]

%C	%Mn	%Si	%P	%S
0,43 a 0,50	0,60 a 0,90	0,15 a 0,35	$\leq 0,04$	$\leq 0,5$

Para las propiedades mecánicas del Acero AISI 1045 donde se puede observar en la Tabla 6, que la dureza del material 170 a 190 *HB*, el esfuerzo fluencia es de 40 *Kg/mm²*, el esfuerzo tracción es de 63 a 73 *Kg/mm²*, y la elongación es de 40 % máx.

Tabla 6. AISI SAE 1045 Propiedades mecánicas [38]

Dureza (HB)	Esfuerzo Fluencia (mín.) <i>Kg/mm²</i>	Esfuerzo Tracción <i>Kg/mm²</i>	Elongación (mín.) %
170-190	40	63-73	15

- **Plancha Galvanizada ASTM A653**

Es una plancha metálica que tiene un recubrimiento de zinc en las dos caras para evitar el consumo. Es un material flexible y seguro, lo que le permite soportar diversas posibilidades como el roce, los golpes y el contacto. Es delgada, lo que disminuye el peso y permite realizar trabajos de corte y unión a para diferentes trabajos.[39]

Esta plancha metálica se utiliza en varios campos de la industria y en áreas de desarrollo, tanto en el interior como en el exterior de máquinas. Debido a sus cualidades, se puede utilizar muy bien para hacer techos, entresijos, carpintería metálica, tanques, piezas de automóviles, perfiles, tuberías, armarios, cobertizos y un increíble número de piezas y establecimientos. [39]

Como se puede observar en la Tabla 7, la composición que posee de la plancha ASTM A653 es de 0.12% de carbono con 0,50%, etc.

Tabla 7. Composición química de la plancha ASTM A653 [40]

Norma Técnica		Composición Química			
De la plancha	Del Acero	C %	Mn %	P %	S %
ASTM A653/ 653M	JIS G 3302 SPCC SD	0,12%	0,50%	0,04%	0,05%

Para el recubrimiento de la plancha ASTM A653 se puede evidenciar en la Tabla 8, que un tipo de recubrimiento G-40 donde es de 40 *oz/pie²* y además un tiene 120 *gr/m²* en las dos caras, para el G-60 es de 60 *oz/pie²* y también tiene 180 *gr/m²*, y un G-90 de recubrimiento con 90*oz/pie²* y 270*gr/m²* a sus dos caras de recubrimiento.

Tabla 8. Recubrimiento de la plancha ASTM A653 [40]

Recubrimiento	(Total ambas caras)	
Tipo	oz / pie ²	gr / m ²
G-40	40	120
G-60	60	180
G-90	90	270

- **Tubo cuadrado o galvanizado ASTM A 36 (AISI 1018) y ASTM A572**

Los competentes AISI 1018 son aceros primarios de carbono para el desarrollo de puentes y la industria del desarrollo en general que cumplen con las necesidades de las directrices ASTM AISI 1018. Se utilizan para producción de estructuras soldadas y para el desarrollo de la construcción, con respecto a construir puentes. El acero AISI 1018 se utiliza igualmente en la producción de cosas y piezas ampliamente útiles para el área de desarrollo y diseño aplicando ingeniería. [41]

Como se puede observar en la Tabla 9, para este tipo de tubo cuadrado estructural tiene como composición de ≤ 0.25 % de carbono, menor o igual al 0.40 % de silicio, 0.05% en azufre, ≤ 0.04 fósforo y $\geq 0.20\%$ de cobre.

Tabla 9. Composición química tubo cuadrado estructural [42]

C	Si	Mn*	S	P	Cu**
$\leq 0,25$	$\leq 0,40$	~	$\leq 0,05$	$\leq 0,04$	$\geq 0,20$

Para las propiedades mecánicas del Tubo cuadrado ASTM A36 (AISI 1018) donde se observar en la Tabla 10, donde se tiene un límite elástico de 250Mpa , además de un límite de resistencia de 400 a 550Mpa , y una elongación de 20%.

Tabla 10. Propiedades Mecánicas ASTM A36 (AISI 1018) [42]

Límite elástico mínimo, Mpa	Límite de resistencia, Mpa	Alargamiento relativo mínimo (probeta de 200mm), %
250	400-550	20

En la Fig 2.4 determina qué tipo de dimensiones se utilizará para la elaboración de estructuras desde las más pequeña hasta la de mayor, además depende de igual manera qué tipo de espesor se utiliza para su respectiva carga que soportará la estructura, de igual manera de puede saber los momentos de inercia y módulos de resistencias que existen.

Designaciones		Área	Peso	Propiedades Estáticas		
				Eje x-x = y-y		
				Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro
B	e	A	P	I	W	i
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
20	1,40	0,99	0,78	0,56	0,56	0,75
	1,50	1,05	0,83	0,58	0,58	0,75
	1,80	1,23	0,96	0,66	0,66	0,73
	2,00	1,34	1,05	0,70	0,70	0,72
25	1,40	1,27	1,00	1,16	0,93	0,95
	1,50	1,35	1,06	1,22	0,97	0,95
	1,80	1,59	1,25	1,39	1,11	0,94
	2,00	1,74	1,36	1,49	1,19	0,93
30	1,40	1,55	1,22	2,08	1,39	1,16
	1,50	1,65	1,30	2,20	1,47	1,15
	1,80	1,95	1,53	2,53	1,68	1,14
	2,00	2,14	1,68	2,73	1,82	1,13
38	1,40	2,00	1,57	4,41	2,32	1,48
	1,50	2,13	1,67	4,67	2,46	1,48
	1,80	2,52	1,98	5,42	2,85	1,47
	2,00	2,78	2,18	5,89	3,10	1,46
40	1,40	2,11	1,66	5,18	2,59	1,57
	1,50	2,25	1,77	5,49	2,75	1,56
	1,80	2,67	2,09	6,39	3,19	1,55
	2,00	2,94	2,31	6,95	3,47	1,54
	2,50	3,59	2,82	8,23	4,12	1,51
	3,00	4,21	3,30	9,36	4,68	1,49
	4,00	5,35	4,20	11,18	5,59	1,45

Fig 2.4 Dimensiones del tubo cuadrado estructural. [43]

- **Chumacera de pared**

Las chumaceras son rodamientos montados que se utilizan para ayudar a los ejes pivotantes. Estos cabezales están situados en línea y alineados con el centro del eje. Su plano les permite ofrecer una ayuda extraordinaria a la revolución, particularmente en el cuidado de cargas que pueden ir de ligeras a pesadas, por lo que se utilizan ampliamente en transportes y bombas. [44]

Este tipo de orientación tiene un plan de auto engrase, tienen un depósito que almacena eficazmente el aceite, por lo que no necesitan aceite exterior consistente para la ejecución ideal, esto recupera el tiempo en las paradas para el aceite y el apoyo del engranaje, su suministro de unguento amplía los tramos de aceite por lo que igualmente amplía la existencia del rodamiento. [44]

Como se puede observar en la Tabla 11, dependiendo del tipo de código de chumacera se escoge la medida de los diámetros internos adecuados para soportar la carga y estos pueden estar ya sea en milímetro o pulgadas.

Tabla 11. Diámetro de chumaceras [45]

REFERENCIA	MEDIDA	TIPO
UPC 204	20	Milímetros
UPC 204	19,05	Milímetros
UPC 204-12	3/4	Pulgada
UPC 205	25	Milímetros
UPC 205	22,225	Milímetros
UPC 205-14	7/8	Pulgada
UPC 205-16	1	Pulgada
UPC 206	30	Milímetros
UPC 206	28,575	Milímetros
UPC 206-18	1 1/8	Pulgada

- **Piñones y Cadena**

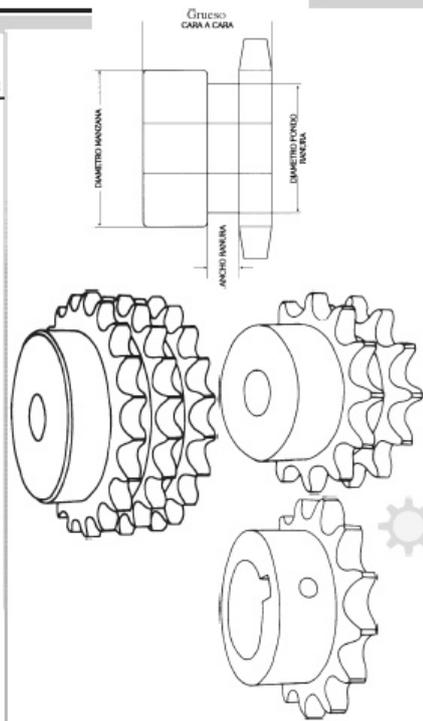
Las transmisiones por cadena son la decisión más idónea para las aplicaciones en las que hay que aplicar enormes fuerzas y en las que los ejes que transmiten potencia se mueven en bajas y medias velocidades. La transferencia de velocidad por cadena son accionamientos potentes que permiten la actividad en circunstancias naturales implacables y a altas temperaturas, aunque requieren grasa. [46]

Además, proporcionan un equilibrio de transmisión adecuado para algunas velocidades y la rotación de ejes, lo que permite su aplicación en el conjunto de automóviles y máquinas que lo requieran. Se fabrican piñones, platos simples, dobles y triples; ciegos o casquillo; con modelos estándar que van de 8 a 125 dientes; y con pasos de 03B-1-2-3 a 32B-1-2-3 para la norma ISO, o de paso 35-1-2-3 a 240-1-2-3 (tipos A, B y C) como se indica en algunas normas.[46]

Se puede analizar en la Tabla 12, dependiendo el número de dientes se puede seleccionar la longitud de la cadena así mismo determinar si es de paso simple o paso doble y además su respectivo factor de seguridad la cual dependerá hasta cantidad de carga es la que soportará.

Tabla 12. Tipo de cadena con su respectivo número de piñón [47]

NÚMERO DE DIENTES	DIAMETRO TOTAL		MANZANA DIAMETRO PULG.	HUECO ESTÁNDAR DIÁMETRO	HUECO MÁXIMO PERMISIBLE	GRUESO TOTAL DEL PIÑÓN	LARGO MANZANA SOLAMENTE
	PULG.	MILIM.					
9	0.836	21.2	5/8 R	1/4	1/4	3/4	0.640
10	0.920	23.4	5/8 R	1/4	1/4	3/4	0.640
11	1.002	25.5	15/16 R	1/4	5/16	3/4	0.640
12	1.082	27.5	1" R	1/4	3/8	3/4	0.640
13	1.164	29.6	1" R	1/4	7/16	3/4	0.640
14	1.246	31.6	1 1/6 R	1/4	9/16	3/4	0.640
15	1.326	33.7	7/8	1/4	9/16	3/4	0.640
16	1.406	35.7	1"	1/4	9/16	3/4	0.640
17	1.488	37.8	1 1/16	1/4	5/8	3/4	0.640
18	1.568	39.8	1 1/8	1/4	3/4	3/4	0.640
19	1.648	41.9	1 3/16	1/4	13/16	3/4	0.640
20	1.728	43.9	1 1/4	1/4	7/8	3/4	0.640
21	1.808	45.9	1 5/16	1/4	7/8	3/4	0.640
22	1.888	48.0	1 3/8	1/4	15/16	3/4	0.640
23	1.968	50.0	1 7/16	1/4	1"	3/4	0.640
24	2.050	52.1	1 9/16	1/4	1"	3/4	0.640
25	2.130	54.1	1 5/8	1/4	1"	3/4	0.640
26	2.210	56.1	1 11/16	3/8	1"	3/4	0.640
27	2.290	58.2	1 7/8	3/8	1"	3/4	0.640
28	2.368	60.1	1 15/16	3/8	1"	3/4	0.640
29	2.448	62.2	2	3/8	1 3/8	3/4	0.640
30	2.528	64.2	2 1/16	3/8	1 3/8	3/4	0.640
31	2.608	66.2	2 3/16	3/8	1 1/2	3/4	0.640
32	2.688	68.3	2 1/4	3/8	1 1/2	3/4	0.640
33	2.768	70.3	2 5/16	3/8	1 5/8	3/4	0.640
34	2.848	72.3	2 3/8	3/8	1 5/8	3/4	0.640
35	2.928	74.4	2 7/16	3/8	1 5/8	3/4	0.640
36	3.008	76.4	2 1/2	3/8	1 3/4	3/4	0.640
38	3.167	80.4	2 9/16	3/8	1 3/4	3/4	0.640
40	3.326	84.5	2 5/8	3/8	1 3/4	3/4	0.640



• **Banda y Polea**

Las correas también ensambladas con poleas son las más utilizadas en la transmisión moderna debido a su adaptabilidad, simple reunión, baja emanación de conmovión, costo y mantenimiento; sus desventajas son el deslizamiento y la transmisión por frotamiento causando desgracias de energía. [48]

Las dos coreas y poleas vienen en varios materiales, por ejemplo, acero, aluminio y fundiciones según la aplicación, una estimación correcta del tipo de material debe ser terminada a pesar del grosor de la correa que estaba bajo un tipo A B C directrices son los más utilizados y las líneas de transmisión de uno, dos o más canales. [48]

Mediante la Tabla 13 se determina el tipo de canal de la polea tomando en cuenta la relación de transmisión dependiendo a que revoluciones es necesario realizar el trabajo para así poder establecer una potencia requerida hacia el motor.

Tabla 13. Polea tipo A de un canal [49]

TIPO	MEDIDA	MATERIAL
TIPO A	1 1/2"	ALUMINIO
TIPO A	2 "	ALUMINIO
TIPO A	2 1/2"	ALUMINIO
TIPO A	3 "	ALUMINIO
TIPO A	3 1/2"	ALUMINIO
TIPO A	4 "	ALUMINIO
TIPO A	4 1/2"	ALUMINIO
TIPO A	5 "	ALUMINIO
TIPO A	5 1/2"	ALUMINIO
TIPO A	6 "	ALUMINIO
TIPO A	6 1/2"	ALUMINIO
TIPO A	7"	ALUMINIO
TIPO A	7 1/2"	ALUMINIO
TIPO A	8 "	ALUMINIO
TIPO A	9 "	ALUMINIO
TIPO A	10 "	ALUMINIO

2.4.2 Sistema eléctrico externo

- **Motor**

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas pivotantes que transforman la energía eléctrica en energía mecánica mediante el giro de un buje. Su acción se basa en las potencias entregadas entre un imán y un conducto por el que circula una transición eléctrica.[50]

- **Motor de corriente continua**

Son los más conocidos y menos caros; se encuentran en la mayoría de los juguetes alimentados por baterías, y suelen constar de dos imanes permanentes fijados en el estator y una progresión de bobinas de cobre situadas en el eje del rotor, que suelen ser tres. [50]

- **Motor de corriente alterna**

El estándar de actividad de estos motores depende del campo giratorio que hace una corriente de intercambio de tres etapas encontrado por Tesla y en la revelación de Faraday de los flujos impulsados; este campo giratorio creado en el estator incita un campo atractivo más en el devanado del rotor, que en general se acoplará con el campo del estator y posteriormente producirá el desarrollo pivotante. [50]

Como se observa en la Fig 2.5 el motor de 3 HP satisface las necesidades a la que se va a construir nuestra máquina para el triturado de maíz.



Fig. 2.5 Motor Trifásico 3 Hp. [51]

Para las especificaciones del motor trifásico donde se puede observar en la Tabla 14, que tiene una potencia de 3 HP, con una tensión de 220/380/460, con revoluciones de 1800 RPM y un grado de protección de IP55 lo cual cumple con las condiciones requeridas de trabajo.

Tabla 14. Especificaciones técnicas del motor [52]

Norma	NEMA MG-1	Potencia	3 HP
Frecuencia	60//50 HZ	Fijación	Con pies
Tensión	230//460//380 V	Brida	C
Número de polos	4	Forma constructiva	F-1
Grado de protección	IP55	Caja de conexión	Posición izquierda
Rotación sincrónica	1800 rpm	Refrigeración	IC411-TEFC

2.4.3 Sistema eléctrico interno

- **Fusible**

Está hecho de un filamento que está destinado a quemarse, está hecho de una fibra o lámina de metal que consume para eliminar la sección de flujo eléctrico. En el caso de que bajo cualquier condición este flujo empiece a aumentar. [53]

En este caso se pone un cable antes de la conexión de la corriente entre las conexiones. Suponiendo que la corriente sea excesivamente alta, hace que la calentura de la fibra

amente, por lo que conlleva a derretir. Esto se da para que no deje pasar más corriente, y logrando que no ingrese una cantidad de corriente excesivo a las conexiones. [53]

Mediante la Fig 2.6 es importante ya que protege el motor si existe alguna alteración en el flujo de corriente y para ello no se pueda dañar algún componente interna que exista, dependiendo del fabricante el amperaje de dicho componente varia desde 1 A hasta 25 A, y de igual manera puede soportar un voltaje máximo de 500 V. [54]



Fig. 2.6 Fusible. [55]

- **Interruptor termo magnético**

Un interruptor termomagnético como su nombre indica, consolida dos impactos, el de atracción y el de intensidad, para instruir en el flujo eléctrico de un circuito cuando se distinguen valores superiores a puntos de corte específicos. Esto puede deberse a choques de tensión (un exceso de flujo eléctrico en un momento), ya sea por una ayuda terrible de la fluides eléctrica o, por ejemplo, por la caída de un rayo este componente igual forma actúa como protección. [56]

En la Fig 2.7 determina que cuando existe factores ambientes o de cualquier otro tipo este dispositivo eléctrico sirva de protección.



Fig. 2.7 Interruptor termo magnético [56]

- **Contactor**

El contactor es un artilugio eléctrico que abre y cierra las conexiones fuera de carga, incluyendo pilas para el flujo que podrían afectar de forma perjudicial al administrador, por ejemplo, en la apertura y cierre de establecimientos de motor. [57]

Como se observa en la Fig 2.8, de un contactor, este dispositivo eléctrico pueda abrir o cerrar los circuitos los cuales están sometidos a cargas muy elevadas. Mediante características técnicas de los diferentes fabricantes, puede obtenerse amperajes desde 11A hasta 330A, así en potencia puede tener de 2 HP hasta 100 HP, y soportar voltajes de 110 V hasta 240 V, y finalmente potencias como mínimas de 2.5 KW hasta 90KW.[54]



Fig. 2.8 Contactor [58]

- **Relé Térmico**

Es un dispositivo destinado para la protección de los motores eléctricos. Está pensado para establecer solidez a motores modernos, protegiéndolos de la sobrecarga o el sobrecalentamiento. A pesar de que hay varios artilugios, todos tienen una capacidad similar, ya que están destinados a ampliar la valiosa existencia de estos dispositivos. Están hechos de una lámina bimetálica, con diversos factores de extensión. [59]

Para obtener un relé térmico como se muestra en la Fig 2.9 se cumple con características básicas de igual manera a través del fabricante se puede poseer tensiones nominales desde 230 hasta 400 V, corriente nominal como mínimo de 20 hasta 63 A, potencia desde 4 hasta 40 W y frecuencias de 50 o 60 Hz. [60]



Fig. 2.9 Relé térmico [61]

- **Selección Del Conductor (Tipo De Cable)**

Es un componente producido y destinado a conducir la energía. El material principal con el que se fabrica es el cobre (por su alto nivel de conductividad), aunque también se utiliza el aluminio, que, a pesar de tener un menor nivel de conductividad, es más barato que el cobre. [62]

Tipos:

- **Alambre desnudo.** Es un conductor solitario fuerte, no adaptable y sin cobertura, una ilustración del propósito de este tipo de transmisores es la utilización para conexiones relacionando con el establecimiento de barras a tierra.[62]
 - **Alambre aislado.** Para esta situación el conducto está cubierto con protección de material plástico para que el canal no entre en contacto con algún otro componente como diferentes transportadores, individuos o artículos metálicos.[62]
 - **Guía de cable flexible.** Está formado por un gran número de conexiones delgadas cubiertos por material plástico.[62]
 - **Guía de cordón.** Están enmarcados por más de un eslabón o alambre, todos están consolidados y envueltos para todo el tiempo, es decir, tienen aislamiento propio de cada canal además de uno que une a cada uno de ellos en un conjunto excepcional.[62]
- Mediante la Fig 2.10 pueden existir varias alternativas de cables para la conducir la electricidad, depende mucho de los voltajes, tensiones, amperajes y las conexiones donde se requería, para que no exista fugas de corrientes o puedan ocurrir un cortocircuito.

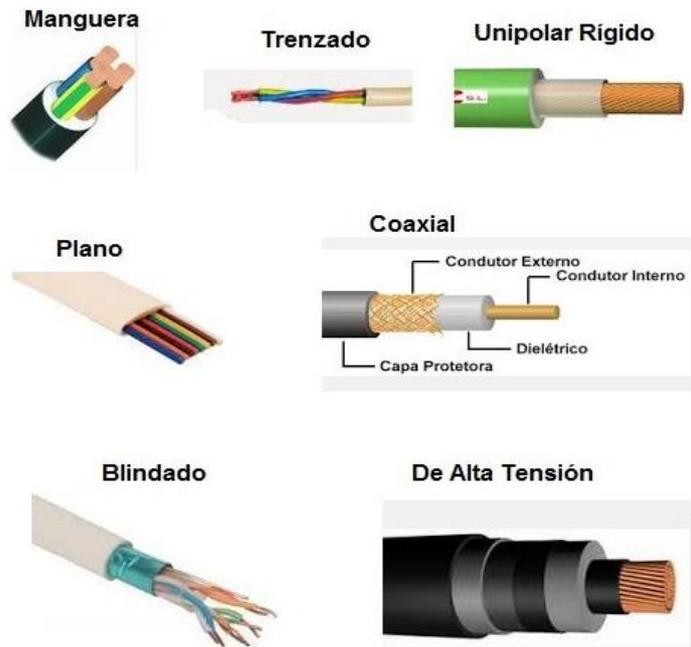


Fig. 2.10 Tipos de cables (conductor de electricidad) [63]

Para el amperaje del cable conductor se puede observar en la Tabla 15, donde se puede determinar el tipo de aislante o calibre que puede ir desde los 14 hasta 4/0 AWG, además de amperaje que puede ir desde los 15 hasta los 260 A.

Tabla 15. Amperaje que soporta el cable conductor [64]

Nivel de temperatura:	60 ° C	75 ° C	90 ° C	60 ° C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWM	THHN, XHHW-2, TH2N-2	SPT	
Medida	Amperaje soportado			Medida	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A	AWG	
10 AWG	30 A	30 A	30 A	18	10 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A	AWG	
6 AWG	55 A	65 A	75 A	16	13 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A	AWG	
3 AWG	85 A	100 A	115 A	14	18 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A	AWG	
1 AWG	110 A	130 A	145 A	12AWG	25 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	120 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

2.4.4 Componentes electrónicos de control

- **Pulsadores**

Un pulsador eléctrico o botón de presión es una pieza eléctrica que permite o impide la sección de flujo eléctrico cuando se aprieta o se desaconseja. El botón de presión posiblemente abra o cierre cuando la persona que está trabajando lo actúa o lo mantiene presionado. Cuando se entrega, vuelve a su posición. [65]

Para que el pulsador funcione, debe tener un muelle que lo haga volver a la situación anterior tras ser apretado. El modelo más claro es el de un pulsador para accionar el timbre de una casa. [65]

Mediante la Fig 2.11 se observa que los tipos de pulsadores pueden lograr una tensión para prueba de 1250 V, que opera de igual manera a 60 Hz, además este componente obtiene una resistencia de alistamiento para 500v y una prueba de vida en 100,00 maniobras. [66]



Fig. 2.11 Pulsadores [66]

- **Luz Piloto Led**

Este dispositivo está destinado a avisar visualmente de que el equipo electrónico está encendido. Se establece o está en actuación cuando la configuración hacia este elemento tiene consumo de corriente. [67]

Cuando utilizamos un equipo electrónico que no tiene piloto, nos damos cuenta al cabo de un tiempo que lo hemos dejado encendido y vemos que la batería está totalmente descargada. [67]

En base al circuito propuesto se realizan diferentes conexiones para que este Led . [67]

Se determina que para la Fig 2.12 de las luces led piloto estas obtienen características de voltaje que pueden ir desde los 24 hasta los 220 en AC/DC, temperatura de -40 °C a 70 °C, dependiendo de la marca y el fabricante donde se los adquiere. [66]



Fig. 2.12 Luz piloto [66]

- **Pulsador Paro De Emergencia**

Es un interruptor para el control de seguridad que suministra bienestar al equipo y a la persona que trabaja en el equipo o máquina. La razón del botón de paro de emergencia es detener el equipo rápidamente cuando hay un riesgo de lesión o cuando es importante detener el proceso de trabajo. [68]

Mediante la Fig 2.13 para el botón paro de emergencia, su elaboración puede ser de plástico o de metal, varía el voltaje de 660 V, intensidades las cuales trabaja de 2.5 A hasta 400 V, de igual forma 4.5 A hasta 230 V, dependiendo del manual del fabricante se puede conseguir protecciones como, por ejemplo: IP20 para su trabajo. [66]



Fig. 2.13 Paro de emergencia [66]

2.5 Formulación de ecuaciones

Se van a adjuntar las principales fórmulas adecuados para diseñar, construir y establecer una simulación de los elementos de la trituradora.

2.5.1 Diseño de Rodillos

Los rodillos son los elementos fundamentales en la máquina de la trituradora de maíz. Se trata del diseño para dos rodillos:

Fuerza de corte

$$g \times \frac{1[Kg]}{1000[g]} \times 9.8 \frac{m}{s^2} \quad (1)$$

Análisis de Fuerza

$$Vm = \frac{R}{P} \quad (2)$$

Capacidad de trituración

$$\frac{kg}{h} * \frac{1000 g}{1 kg} * \frac{1 grano}{0.3 gr} * \frac{1 h}{3600 seg} \quad (3)$$

Ángulo de rodillos

$$\text{tang}\theta = \mu \quad (4)$$

$$\cos(\theta) = \frac{Dr + Df}{Dr + Dt} \quad (5)$$

Diámetro de los rodillos

$$D_r = \frac{D_t \times \text{Cos}(\theta) - D_f}{1 - \text{Cos}(\theta)} \quad (6)$$

Capacidad de trituración

$$v = \frac{m}{d} \quad (7)$$

Longitud de los rodillos

$$l = \frac{Q}{\pi N \cdot Dr \cdot Df} \quad (8)$$

Momento de inercia

$$I_{Rodillo} = \frac{\pi \cdot D_r^4 \cdot p \cdot l}{32} \quad (9)$$

Aceleración angular

$$w = w_0 + \alpha t \quad (10)$$

Torque del rodillo

$$T = I * \alpha \quad (11)$$

Potencia del rodillo

$$P = T \cdot w \quad (12)$$

2.5.2 Soldadura

La soldadura alude a la unión o entrelazamiento de piezas mediante la utilización de intensidad o potencialmente presión para que las piezas estructuren una soldadura persistente. La fuente de intensidad en la soldadura es generalmente un fuego de segmento circular suministrado por la energía de la fuente de potencia de soldadura. La soldadura en vista de una curva se denomina soldadura en curva.[69]

SMAW (Soldadura de Arco con electrodo revestido)

Mediante la soldadura SMAW da una caracteriza por la unión de los dos metales que se unen a través de una función limitada por lo que esta es producida mediante un arco eléctrico a través de un electrodo metálico y una base para la unión de la soldadura.[70]

Al poco tiempo se descubrió que el oxígeno y el nitrógeno del clima causaban fragilidad y poros en el metal soldado. Causaban fragilidad y poros en el metal soldado, por lo que se añadió un recubrimiento al metal soldado. centro metálico que, al quemase, este se gaseaba, por lo que este actuaba como una atmósfera protectora con lo que conllevaba a que pueda mejorar significativamente para otros procesos. [70]

Mediante una fusión de piezas esta puede producirse exclusivamente una base ala calor por lo que crea un arco en las piezas soldadas por lo que estas se funden entre sí. [70]

Para los electrodos que más utilizados en la soldadura pueden variar mucho. Por lo que estos se distinguen por un determinado código: [70]

Exxxx

Contando desde la izquierda:

Primera y segunda X: Tiene una resistencia máxima en kPsi [70]

Segunda X: Posición de la soldadura: 1 cualquier tipo de posición, 2 una horizontal plana, 4 toda posición y vertical abajo. [70]

Tercera X: Otros factores especializados, por ejemplo, corriente a utilizar, cuanta penetración se requiere, escoria, contenido de polvo. [70]

En la Tabla 16 se determina qué tipo de electrodo es que se va a trabajar para la soldadura de la estructura y así mismo cada uno de estos tiene sus resistencias y su elongación. [70]

Tabla 16. Tipo de electrodo y características técnicas [70]

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

La soldadura MIG (Metal Inert Gas): es un proceso de soldadura por arco con electrodo consumible y bajo la acción de un gas protector inerte que no participa en el proceso de soldadura. [71]

El sistema MIG se emplea para soldar materiales no féreos, principalmente para soldar aceros de bajo y medio contenido de carbono, así como otros metales no féricos. Este proceso resultaría adecuado para soldar materiales como aluminio, cobre, magnesio y titanio. [71]

Para el cálculo de soldadura se debe seleccionar que tipo de soldadura es la que se aplicara en la máquina dependiendo de igual manera cual es la posición más adecuada a trabajar que se observa en la Fig 2.13.

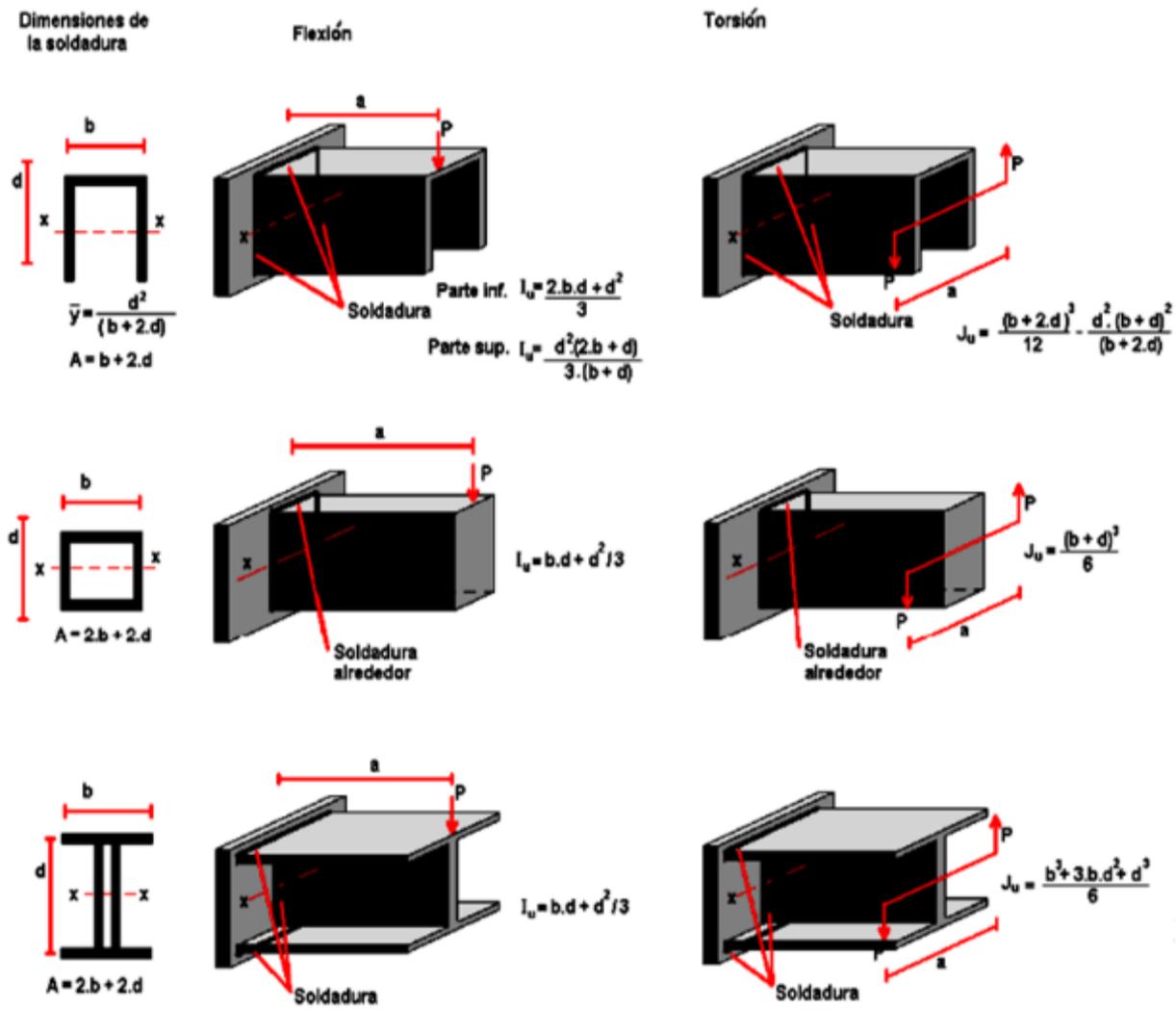


Fig 2.14 Tipos de soldadura y esfuerzos [69]

2.6.1 Cálculos eléctricos

- Resistencia

Para establecer un circuito eléctrico se empieza calculando la resistencia que va a tener o resistencia que se encuentra en el esquema establecido con la ayuda de la ley de ohm:

$$R = \text{Resistencia}(\Omega)$$

V = Voltaje (v)

I = Intensidad (Amperios)

$$I = \frac{V}{R} \quad (13)$$

- **Frecuencia eléctrica**

T = Período

$$f = \frac{1}{T} \quad (14)$$

- **Potencia del Motor**

P = Potencia

V = Tension

I = Intensidad

$$P = V \cdot I \quad (15)$$

- **Velocidad motor síncrono**

P = número de polos

N = Velocidad en rpm

$$P = \frac{60 \cdot f}{N} \quad (16)$$

- **Velocidad de sincronismo**

$$P_s = \frac{120 \cdot f}{2N} \quad (17)$$

- **Potencia motor de inducción**

Hp = Caballeros de fuerza

Kw = Kilovatio

$$HP = \frac{KW}{0.736} \quad (18)$$

- **Deslizamiento**

N = Velocidad asíncrona

Ns = Velocidad síncrona

$$d = \frac{Ns - N}{Ns} \cdot 100\% \quad (19)$$

- **Resistencia de los conductores**

R = Resistencia

P =Coeficiente de resistividad

L =Longitud

S =Superficie

$$R = P \frac{L}{S} \quad (20)$$

CAPÍTULO 3

CÁLCULOS DE LA TRITURADORA

En el presente capítulo se detallan los elementos tanto mecánicos como eléctricos que deben ser diseñados, calculados y así seleccionarlos acorde a las normas de cada elemento aplicando conocimientos que cumplan con la funcionalidad de la máquina trituradora, de acuerdo con el grado de trituración.

3.1 Materiales

3.1.1 Ensayo de la obtención de la fuerza de corte del grano de maíz

Mediante una fuerza determinada por medio de un procedimiento práctico se puede observar en la figura 3.1, donde el grano de maíz se puede comprimir por medio de un playo se puede fracturar a través de una fuerza determinada donde podemos verificar por medio de un dinamómetro (Máquina simple).

Fórmula para fuerza medida en (Kg) de la ecuación (1):

$$0.2g \times \frac{1[Kg]}{1000[g]} \times 9.8 \frac{m}{s^2}$$

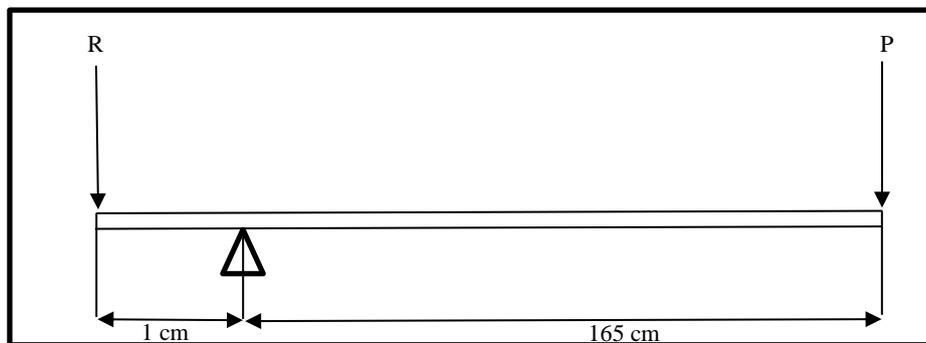


Fig 3.1 Proceso experimental para obtener una fuerza de corte del grano

3.1.2 Fuerza cortante para máquina de segunda generación.

Donde remplazamos los valores de la ecuación (2):

R: Fuerza resistente

P: Fuerza aplicada

$$\sum M_0 = 0$$

$$P \times (16.5\text{cm}) = R(1\text{cm})$$

$$P = R \times \frac{1\text{cm}}{16.5\text{cm}}$$

$$P = 1.96 \times 10^{-3} \times \frac{1[\text{cm}]}{16.5[\text{cm}]}$$

$$P = 1.18 \times 10^{-4}[\text{N}]$$

Mediante la Tabla 17, se determina el peso de cada una de las muestras así de igual manera la fuerza a la cual se fractura el grano de maíz, así calculando la media aritmética y desviación estándar de los datos obtenidos.

Tabla 17. Análisis para la fuerza de corte del grano

Número de muestra	Peso del grano en (gr)	Fuerza medida en (Kg)	Fuerza de corte en (N)
1	0.2 gr	1.96×10^{-3}	$1.18 \times 10^{-4}[\text{N}]$
2	0.3 gr	2.94×10^{-3}	$1.78 \times 10^{-4}[\text{N}]$
3	0.4 gr	3.92×10^{-3}	$2.37 \times 10^{-4}[\text{N}]$
4	0.5 gr	4.9×10^{-3}	$2.96 \times 10^{-4}[\text{N}]$
5	0.2 gr	1.96×10^{-3}	$1.96 \times 10^{-4}[\text{N}]$
Promedio	0.32 gr	3.136×10^{-3}	$2.05 \times 10^{-4}[\text{N}]$
Media aritmética es $(x) = 0.32$		Desviación estándar: 0.1303	

Con la ayuda de 5 muestras la fuerza cortante promedio para la ruptura de grano de maíz es de 2 [N] de corte.

3.1.3 Fuerza promedio por cantidad de granos en 10 kg

$$2 [\text{N}] = 0.2039 \text{ kgf}$$

$$F = 10\text{kg} * 2\text{N}$$

$$F = 10\text{kg} * 0.2039 \text{ kgf}$$

$$F = 2.039 \text{ kgf}$$

En la Tabla 18, se establece una fuerza promedio para determinar una capacidad mínima de 10 kg para la cual se toma la fuerza de corte tabla 17.

Tabla 18. Fuerza aproximada para 10 kg

Número de muestra	Fuerza de corte en (N)	Cantidad en (kgf)
1	$1.18 \times 10^{-4} [N]$	1.023 kgf
2	$1.78 \times 10^{-4} [N]$	1.815 kgf
3	$2.37 \times 10^{-4} [N]$	2.4167 kgf
4	$2.96 \times 10^{-4} [N]$	3.0184 kgf
5	$1.96 \times 10^{-4} [N]$	1.9986 kgf
Valor Promedio	$2.05 \times 10^{-4} [N]$	2.05 kgf
Media aritmética	0.0002174	
Desviación estándar	4.9927	

La fuerza promedio para la cantidad de granos para una capacidad mínima de 10 kg es de 2.05 kgf o un aproximado de 20[N]

$$2.05 \text{ kgf} * \frac{9.8067}{1 \text{ kgf}} \approx 20.10 [N]$$

3.1.4 Capacidad a la cual se va a moler el grano

Para el diseño de la máquina se parte de la capacidad que se requiere como un mínimo de 10 Kg por hora.

Para el peso del grano de maíz es de 0.3 gr, en base podemos calcular cuanto producción va a obtenerse reemplazando valores en la ecuación (3).

$$10 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ grano}}{0.3 \text{ gr}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}} = 9.25 \frac{\text{granos}}{\text{seg}}$$

$$9.25 \frac{\text{granos}}{\text{seg}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = 555.56 \frac{\text{granos}}{\text{min}}$$

Como una base de requerimiento la velocidad angular del molino para esa capacidad debe estar en un rango de 800 a 3500 rpm, para el diseño de nuestra máquina se tendrá un valor intermedio de 1500 rpm.

$$\frac{555.56 \frac{\text{granos}}{\text{seg}}}{1500 \text{ rpm}} \approx 0.37$$

Es decir que en cada revolución se deberá tritura aproximadamente cada 1 grano de maíz.

3.1.5 Coeficiente de fricción

Para determinar el coeficiente para el roce dinámico (μ_k) se determina mediante un procedimiento experimental aplicando la segunda ley de Newton como se observa en la Fig 3.2, dónde se realiza una sumatoria de fuerzas en la dirección perpendicular al plano inclinado se obtiene: [72]

3.1.6 Determinación del ángulo para el coeficiente de roce dinámico

Para la aceleración del grano se va deslizado hacia abajo por un plano inclinado, donde se determina fijando una cierta distancia de recorrido (d), además midiendo el tiempo en que el grano efectúa el total del recorrido (t) .[72]

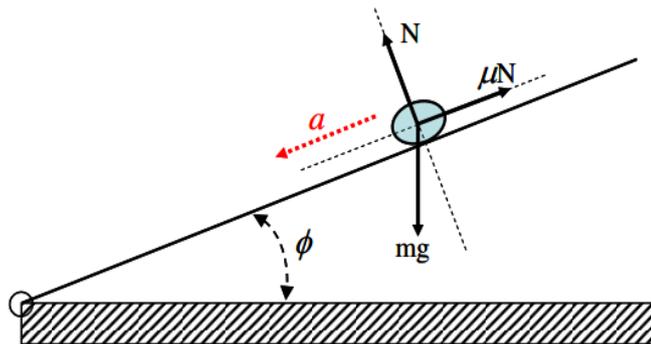


Fig 3.2. Aplicando La segunda ley de Newton [72]

Mediante la determinación del coeficiente dinámico, se comprueba mediante la tabla 19 los siguientes valores para su respectivo análisis: [72]

Tabla 19. Coeficiente de roce dinámico (μ_k) [72]

Ensayo	X(m)	T(s)	ϕ (grados)	$a(\frac{m}{s^2})$	μ_k
1	0.1503	0.6110	22.3525	0.8050	0.2758
2	0.1502	0.6165	22.3549	0.8061	0.2757
3	0.1533	0.6163	22.3570	0.8072	0.2756
Valor Promedio					0.2765

Mediante este procedimiento experimental se obtiene que el roce dinámico promedio es de $\mu = 0.2765$

3.2. Rodillos

3.2.1 Ángulo de separación en base a los rodillos

Establecer el punto de contacto para los rodillos y punto de contacto con el producto.

Se emplea la ecuación (4)

Donde:

θ : ángulo en el que están separados

μ : coeficiente de para la fricción

3.2.2 Determinación para conocer el coeficiente de fricción

Se puede observar que en la Tabla 19 se obtuvo un promedio para determinar que el coeficiente es $\mu = 0.2756$

En este caso μ entre partícula y los rodillos

3.2.3 Ángulo de separación

θ : es el ángulo de separación de los rodillos.

Dt: el diámetro del maíz [mm].

Df: el diámetro del resultado final del maíz [mm]

Dr: el diámetro para los rodillos [mm]

Ángulo de separación es θ :

$$\theta = \text{tang}^{-1}(\mu)$$

$$\theta = \text{tang}^{-1}(0.2756)$$

$$\theta = 15.41^\circ$$

Diámetro promedio de las partículas Dt es:

$$D_t = 5 \text{ a } 10 [mm]$$

Diámetro de las partículas que va a entregar la máquina:

$$D_f = 2 \text{ [mm]}$$

Remplazar a la ecuación (5) de D_r

$$D_r = \frac{6\text{mm} \times \text{Cos}(15.47) - 2\text{mm}}{1 - \text{Cos } 15.47}$$

$$D_r = 104.40 \text{ mm}$$

Por facilidad de construcción se toma en cuenta que el diámetro es de 110 mm de los rodillos en relación se emplea mediante la longitud.

3.2.4 Capacidad de trituración de los rodillos = 10kg/h

Donde:

m : viene dada por la cantidad específica de 10 kg/h

d : densidad del grano de maíz de 700 kg/m^3

Se establece que el dato para la densidad del grano en la Fig 3.3, se realiza los cálculos pertinentes:

DENSIDAD APARENTE	
PRODUCTOS AGRICOLAS SOLIDOS	DENSIDAD (kg/m3)
Cebada	550 - 690
Frijoles o habichuelas, granos	750 - 850
Guisantes	800- 880
Lino	600- 680
Maíz, granos	700- 820
Maíz, mazorcas peladas	450
Malta	530- 600
Mijo	700
Soja, granos	720 - 800
Sorgo, granos	670 - 760
Trigo	750 - 840

Fig 3.3 Densidad de cada uno de los granos.[73]

Reemplazando la ecuación (6) obtenemos el volumen de molienda de maíz:

$$v = \frac{10[\text{kg/h}]}{700\text{kg/m}^3}$$

$$v = 0.0143\text{m}^3/\text{h}$$

Se trata de la capacidad volumétrica que viene dada por Q que es la capacidad:

$$Q = \pi N \cdot D_r \cdot D_f \cdot l \quad (21)$$

Donde:

Q: capacidad que ingresen para la trituración

N: Número de RPM de los rodillos

D_r : diámetro que se estableció en los rodillos [mm]

D_f : diámetro de las partículas finales entregadas por la máquina [mm]

l: longitud final de los rodillos [mm]

3.2.5 Longitud entregada para los rodillos

Por motivos en cuanto a diseño y optimización del tamaño en cuanto a la máquina consideramos que con la ayuda de la ecuación (8):

$$l = \frac{0.0143 \left[\frac{m^3}{h} \right] \cdot \frac{1h}{60[min]} \cdot \frac{10^9 [mm^3]}{m^3}}{\pi \cdot 1500[RPM] \cdot 110[mm] \cdot 2[mm]}$$

$$l = 229 [mm]$$

En este caso la longitud de los rodillos es para la capacidad de trituración, en nuestra máquina sobredimensionamos para mejorar la productividad a 4800 mm.

3.2.6 Carga para establecer rodillos

En este punto la carga se dará como resultado para la cual van a estar establecidas de forma directa para la comprensión que se generará por el maíz.

3.2.7 Momento de inercia en el rodillo principal

Se determina la masa total del rodillo principal con la ayuda de la ecuación (9)

Donde:

$I_{Rodillo}$: inercia de la masa total [$kg \cdot m^2$]

D_r : diámetro del rodillo en [m]

ρ : densidad del acero (AISI 1045, $7870 kg/m^3$)

l: longitud del rodillo [m]

En la Fig 3.4 se toma el valor de la densidad del material para su respectivo análisis para determinar los momentos de inercia de dicho material.

Dureza	163 HB (84 HRb)
Esfuerzo de Fluencia	310 MPa (45000 PSI)
Esfuerzo Máximo	565 MPa (81900 PSI)
Elongación	16% en 50 mm
Reducción de Área	40%
Modulo de Elasticidad	200 GPa (29000 KSI)
Maquinabilidad	57%
Calor Especifico	460 J/(Kg °K)
Densidad	7,87 g/cm ³ (0,284/in ³)
Conductividad Térmica	52 W/(m °C)
Coefficiente de Poisson	0,3

Fig 3.4 La densidad del material a AISI SAE 1045. [74]

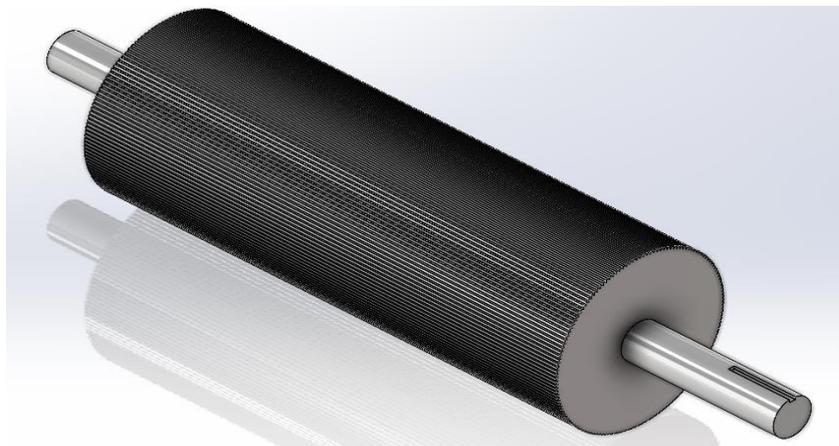


Fig 3.5 Diseño del Rodillo

3.2.8 Cálculo de inercia de rodillo mediante diámetro

$$D_r = 110 \text{ [mm]}$$

$$l: 480 \text{ [mm]}$$

$$I_{Rodillo} = \frac{\pi \times (0.11 \text{ [m]})^4 \times 7870 \text{ kg/m}^3 \times 0.48 \text{ [m]}}{32}$$

$$I_{Rodillo} = 0.0542 \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

En la Fig 3.6 determinamos el momento de inercia de un extremo lo cual se toma el valor de 25 mm de diámetro.

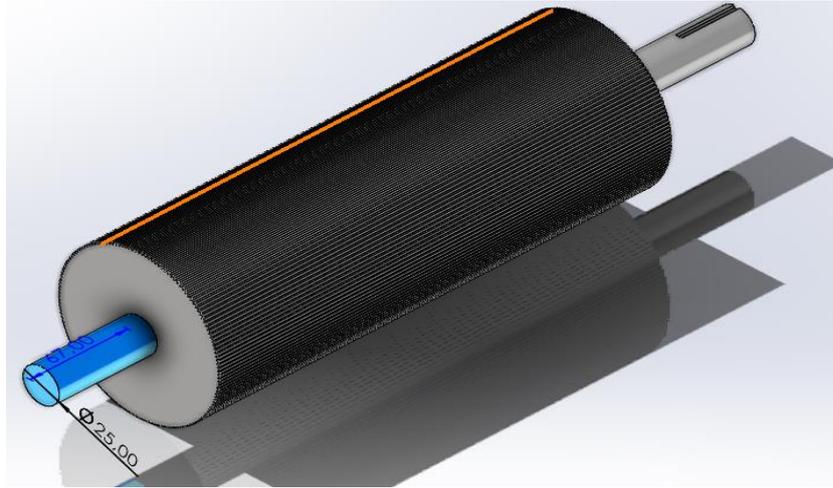


Fig 3.6 Cálculo para determinar la inercia con diámetro de 25 mm

$$I_{inicial} = \frac{\pi \times (0.025 [m])^4 \times 7870 \text{kg/m}^3 \times 0.67 [m]}{32}$$

$$I_{inicial} = 2.022 \times 10^{-4} [\text{kg/m}^2]$$

En la Fig 3.7 se determina el momento de inercia de un extremo tanto del largo que es de 100 mm y el valor del diámetro que es 25 mm.

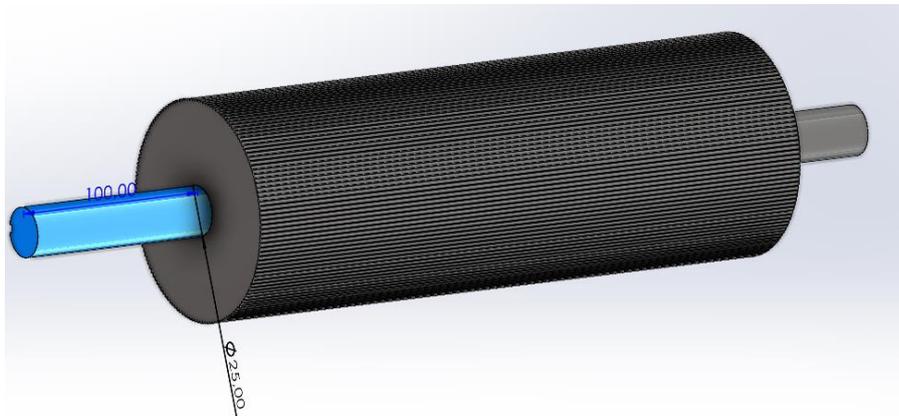


Fig 3.7 Diámetro para determinar la inercia largo de 100 mm

$$I_{final} = \frac{\pi \times (0.025 [m])^4 \times 7870 \text{kg/m}^3 \times 0.1 [m]}{32}$$

$$I_{final} = 3.018 \times 10^{-5} [\text{kg/m}^2]$$

3.2.9 Sumatoria total del rodillo principal

$$I_{RODILLO\ PRINCIPAL} = I_{Rodillo} + I_{inicial} + I_{final}$$

$$I_{RODILLO\ PRINCIPAL} = 0.0544 [kg.m^2]$$

Para la inercia de masa del segundo rodillo se procede con los mismos cálculos.

3.2.10 Cálculo de la aceleración angular

Reemplazando la ecuación (10) obtendremos la aceleración angular.

Donde:

w : Velocidad final [rad/s]

w_0 : Velocidad inicial [rad/s]

α : aceleración [rad/s^2]

t : Tiempo en cuanto a este punto[s]

Para determinar el tiempo que la máquina se estabilice es en un rango para 0.2 segundos.

$$w = 1500 \frac{rev}{min} \times \frac{2\pi rad}{1 rev} \times \frac{1min}{60s}$$

$$w = 157.07[rad/s]$$

3.2.7.1 Aceleración angular

Despejando la ecuación (10) obtenemos la ecuación (22) para encontrar la aceleración angular.

$$\alpha = \frac{w}{t} \tag{22}$$

$$\alpha = \frac{157.07[rad/s]}{0.2[s]}$$

$$\alpha = 785.40[rad/s^2]$$

3.2.11 Torque del rodillo principal

Reemplazando los valores de la ecuación (11) determinaremos el torque.

Donde:

T: Torque del rodillo [N.m]

I: Inercia del rodillo [$kg.m^2$]

α : aceleración final angular [rad/s^2]

$$T = 0.0544 [kg.m^2] \times 785.40 [rad/s^2]$$

$$T = 42.72 [N.m]$$

Dividir para la parte donde se van a triturar el grano.

$$T = 13.19 [Nm]$$

3.2.12 Potencia requerida para el rodillo principal

Reemplazando las ecuaciones del torque y velocidad establecidas en el punto 3.2.11, se obtiene la potencia requerida del rodillo principal en la ecuación (12).

Donde:

P: Potencia requerida [watt]

T: Torque [N.m]

W: velocidad angular final [rad/s]

$$P = 13.19 [N.m] \times 157.07 [rad/s]$$

$$P = 2071.75 [watt]$$

Es decir que se necesita un motor aproximado de $\approx 2,8$ HP para lo cual se decide tomar el valor más exacto que es de 3 HP para la potencia requerida de los rodillos y en las diferentes transmisiones que se necesita, este motor se puede conseguir fácilmente en el mercado.

3.3. Cálculos del motor (3 HP)

Para determinar la eficiencia nominal mínima como se observa en la Fig 3.8 puede variar dependiendo del motor:

Power (hp)	Minimum Nominal Efficiency ¹⁾
1 – 4	78.8%
5 – 9	84.0%
10 – 19	85.5%
20 – 49	88.5%
50 – 99	90.2%
100 – 124	91.7%
> 125	92.4%

Fig 3.8 Potencia nominal del motor. [75]

3.3.1 Torque

Para la obtención del torque se encuentra con la ayuda de la ecuación (23):

$$T = \frac{HP \times 5252}{RPM} \quad (23)$$

$$T = \frac{3HP \times 5252}{1500}$$

$$T = 10.504[Nm]$$

3.3.2 Potencia

Para determinar la potencia del motor se obtiene de los siguientes datos:

$$P = 2\pi \times f \times T \quad (24)$$

$$P = 2\pi \times 60 \times 10.504$$

$$P = 3959.91[watt]$$

Donde transformamos la potencia

Transformar a Kw:

$$P = 3HP \times 0.736$$

$$P = 2.208 \text{ kW}$$

Potencia eléctrica consumida por el motor:

$$3HP = 2.208 \text{ kW (Potencia mecánica)}$$

$$\eta = 78.8\% \text{ (Dato de placa de motor 3 HP)}$$

$$P(\text{Kw.h}) = \frac{2.208}{0.835}$$

$$P(\text{Kw.h}) = 2.80 \text{ Kwh}$$

3.4 Cálculos mecánicos de la cadena

Tabla 20. Selección de la cadena. [76]

ANSI Standard Roller Chain						ANSI B29.1, ISO R606, DIN 8188						
ANSI Roller Chain												
ANSI Chain number	Pitch P	Roller diameter A	Width between inner plates B	Pin diameter C	Pin length D, E		Inner plate height F	Plate thickness g/G	Transverse pitch H	Minimum tensile strength kN	Average tensile strength kN	Weight kg/m
SIMPLEX												
*15-1R	4.763	2.48	2.38	1.62	6.10	6.90	4.30	0.60	-	1.8	2.0	0.08
*25-1R	6.350	3.30	3.18	2.31	7.90	8.40	6.00	0.80	-	3.5	4.6	0.15
*35-1R	9.525	5.08	4.77	3.58	12.40	13.17	9.00	1.30	-	7.9	10.8	0.33
41-1R	12.700	7.77	6.25	3.58	13.75	15.00	9.91	1.30	-	6.7	12.6	0.41
40-1R	12.700	7.95	7.85	3.96	16.60	17.80	12.00	1.50	-	14.1	17.5	0.62
50-1R	15.875	10.16	9.40	5.08	20.70	22.20	15.09	2.03	-	22.2	29.4	1.02
60-1R	19.050	11.91	12.57	5.94	25.90	27.70	18.00	2.42	-	31.8	41.5	1.50
80-1R	25.400	15.88	15.75	7.92	32.70	35.00	24.00	3.25	-	56.7	69.4	2.60
100-1XR	31.750	19.05	18.90	9.53	40.40	44.70	30.00	4.00	-	88.5	109.2	3.91
120-1XR	38.100	22.23	25.22	11.10	50.30	54.30	35.70	4.80	-	127.0	156.3	5.62
140-1XR	44.450	25.40	25.22	12.70	54.40	59.00	41.00	5.60	-	172.4	212.0	7.50
160-1XR	50.800	28.58	31.55	14.27	64.80	69.60	47.80	6.40	-	226.8	278.9	10.10
180-1XR	57.150	35.71	35.48	17.46	72.80	78.60	53.60	7.20	-	280.2	341.8	13.45
200-1XR	63.500	39.68	37.85	19.85	80.30	87.20	60.00	8.00	-	353.8	431.6	16.15

Se obtiene mediante la Tabla 21 el coeficiente requerido para la relación de transmisión de catalina y su respetiva cadena que se va a ocupar.

Tabla 21. Coeficiente para la relación de transmisión [77]

		Relacion de transmisión							
		1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1	7:1	8:1
Distancia entre centros C	20 pasos	1,45	1,25	1,15	1,08	1,03	1	1	0,92
	30 pasos	1,31	1,14	1,06	1,01	0,97	0,9	0,9	0,87
	40 pasos	1,22	1,07	1,00	0,95	0,92	0,9	0,9	0,84
	50 pasos	1,15	1,01	0,95	0,91	0,88	0,9	0,8	0,81
	60 pasos	1,08	0,97	0,91	0,87	0,85	0,8	0,8	0,78
	80 pasos	1,00	0,87	0,84	0,81	0,79	0,8	0,8	0,73

3.4.1 Relación de transmisión 1:1

W: Potencia para transmitir (Kw) = 2.208 kW

v: Velocidad lineal para la transmisión (m/min.)

P: Paso (mm) 12.7mm

Z1: piñón 1 número de dientes 17

Z2: piñón 2 número de dientes 17

n1: Vueltas RPM

3.4.2 Velocidad de la cadena

$$v = \frac{P \times z1 \times n1}{1000} \quad (25)$$

$$v = \frac{12.27 \times 17 \times 1500}{1000}$$

$$v = 312.885 \text{ m/min}$$

3.4.3 Relación de transmisión para un rodillo

Piñón conductor :17z

Dientes de la catalina N2 40

Paso de la catalina 3 plg

$$Z = \frac{Z1}{N2} \quad (26)$$

$$Z = \frac{40}{17}$$

$$Z = 2.35$$

Cada vuelta de la catalina el piñón conductor dará 2.35 vueltas

3.4.4 Velocidad real de salida [1500rpm]

$$n2 = n1 \times \frac{N1}{N2}$$

Velocidad del piñón conductor n1 [1500 RPM]

Velocidad real de salida de la catalina n2

Número de dientes del piñón conductor

Número de dientes de la catalina

$$n2 = 1500rpm$$

3.4.5 Tensión ramal conductor [kg]

$$T = \frac{6120 \times W}{V} \quad (27)$$

$$T = \frac{6120 \times 3.68}{354.603}$$

$$T = 63.51[kg]$$

3.4.6 Longitud para la cadena [mm]

$$L = 2C + \frac{Z1 + Z2}{2} P + \frac{\left(\frac{Z2 - Z1}{6.28}\right)^2}{C} P^2 \quad (28)$$

$$L = 2 \times 417.259 + \frac{17 + 17}{2} 12.27 + \frac{\left(\frac{17 - 17}{6.28}\right)^2}{417.259} 12.27$$

$$L = 1043 [mm]$$

3.4.7 Distancia entre centros [mm]

Con la ayuda de la ecuación (29) se determina la distancia entre centros que se necesitan para colocar los rodillos.

$$C = P \frac{\left(\frac{L}{P} - \frac{Z1 + Z2}{2}\right) + \sqrt{\left(\frac{L}{P} - \frac{Z1 + Z2}{2}\right)^2 - 8\left(\frac{Z2 - Z1}{6.28}\right)^2}}{4} \quad (29)$$

$$C = 12.27 \frac{\left(\frac{40}{12.27} - \frac{17 + 17}{2}\right) + \sqrt{\left(\frac{40}{12.27} - \frac{17 + 17}{2}\right)^2 - 8\left(\frac{17 - 17}{6.28}\right)^2}}{4}$$

$$C = 417.259[mm]$$

3.5. Relación por transmisión de banda para potencia del rodillo.

Para obtener la transmisión entre poleas como se observa en la Fig 3.9 se determina mediante diámetros mayor y menor para determina la velocidad requerida.

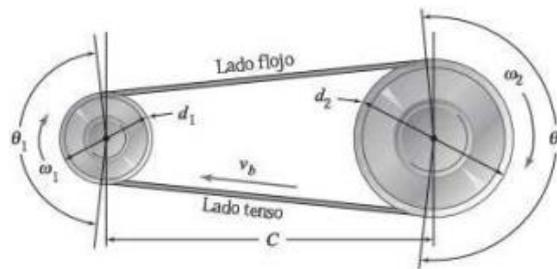


Fig 3.9 Polea y Banda Transmisión de potencia [78]

Donde:

D= diámetro >

d= diámetro <

C= Longitud entre sus ejes

3.5.1 Velocidad de transmisión

$$i = \frac{w_1}{w_2} = \frac{D_{2conductora}}{d_{1conducida}} \quad (30)$$

$$d_{1conducida} = \frac{1750 \times 70}{1500}$$

$$d_{1conducida} = 81,6 \text{ mm}$$

El diámetro de la pole conducida es de un diámetro de 81,6 mm la cual nos permite establecer una velocidad de trabajo a 1500 RPM aproximada para los rodillos.

3.5.2 Velocidad de la banda

$$V = \frac{\pi dn}{12} \left(\frac{\text{pie}}{\text{min}} \right) \quad (31)$$

$$V = \frac{\pi \times 81,6 \times 1500}{12} \left(\frac{\text{pie}}{\text{min}} \right)$$

$$V = 32000 \left(\frac{\text{pie}}{\text{min}} \right)$$

3.6. Cálculos para la selección de la chaveta

Los cálculos para determinar el tipo de chaveta (Fig 3.10) se emplea mediante el diámetro del eje, la profundidad a la cual debe compartir la chaveta y la distancia requerida.

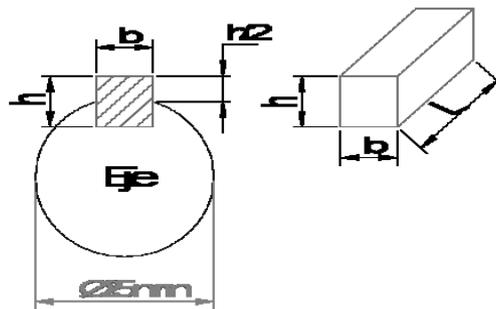


Fig 3.10 Chaveta. [47]

Se empleara una chaveta de selección rectangular:

- Para un diámetro de 25[mm].

$$b = 8[mm]$$

$$h = 8[mm]$$

$$A = 64[mm^2]$$

3.6.1 Diseño por cizallamiento

Aplicando la falla de la energía de la distorsión:

$$S_{SY} = \text{Resistencia de fluencia al corte [N/m}^2]$$

$$S_{SY} = 0.577S_{SY}$$

Longitud de la chaveta

$$L \geq \frac{5NT}{S_{SY}dW} \quad (32)$$

Donde:

L: longitud [m]

N:FDS (2.5)

T: Torque 0.89[N.m]

D: Diámetro del eje para transmitir 0.025[mm]

S_{SY} : Resistencia 135.6 [MPa]

W: Ancho 0.008[m]

$$L \geq \frac{5 \times 2.5 \times 0.89}{135.6 \times 0.025 \times 0.008}$$

$$L \geq 0.41[mm]$$

3.7. Cálculos de pernos para soporte

La ecuación (33) de analiza que pernos para la sujeción se necesita para las chumaceras como para las planchas respectivamente:

$$K_b = \frac{A_d A_t E}{A_d l_t + A_t l_d} \quad (34)$$

Donde:

A_t : Área de esfuerzos sometida a tensión → ver en tablas

l_t : Parte roscada

A_d : Diámetro mayor del sujetador

l_d : Parte sin rosca

C: Constante de rigidez

E: Módulo de elasticidad

Área del diámetro del sujetador

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

$$A_d = \frac{\pi 0,4375^2}{4}$$

$$A_d = 0,150 \text{ mm}$$

Longitud de la parte sin rosca

$$l_d = L - L_T \rightarrow \text{sin rosca}$$

$$l_d = 50[\text{mm}] - 30[\text{mm}]$$

$$l_d = 20[\text{mm}]$$

$$l_t = l - l_d \rightarrow \text{parte rosca}$$

Rigidez del sujetador

$$K_b = \frac{0,150 \times 0,1063 \times 30}{0,150 \times 30 + 0,1063 \times 20}$$

$$K_b = 0,0721 \text{ Mpsi}$$

Tabla 22. Selección módulo de elasticidad del material del perno. [78]

Material	Módulo de elasticidad E		Módulo de rigidez G		Relación de Poisson ν	Peso unitario w		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/pulg ³	lb/ft ³	kN/m ³
Aluminio (todas las aleaciones)	10.3	71.0	3.80	26.2	0.334	0.098	169	26.6
Cobre al berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Acero al carbono	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Fundición de hierro (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Abeto Douglas	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Vidrio	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Magnesio	6.5	44.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molibdeno	48.0	331.0	17.0	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Metal Monel	26.0	179.0	9.5	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Níquel plata	18.5	127.0	7.0	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Acero al níquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Bronce fosforado	16.1	111.0	6.0	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Acero inoxidable (18-8)	27.6	190.0	10.6	73.1	0.305	0.280	484	76.0

Se determina mediante la Tabla 23 la selección 7/16 para la sujeción de las chumacera hacia la placa donde están ubicados los dos rodillos, para lo cual se determina que es necesario colocar 16 pernos con sus respectivas rodela y tuercas.

Tabla 23. Selección del perno 7/16 en pulgadas. [78]

Diámetros y área de roscas unificadas de tornillo UNC y UNF*

Designación de tamaño	Diámetro mayor nominal pulg	Serie gruesa-UNC			Serie fina-UNF		
		Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión A_r , pulg ²	Área del diámetro menor A_r , pulg ²	Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión A_r , pulg ²	Área del diámetro menor A_r , pulg ²
0	0.0600				80	0.001 80	0.001 51
1	0.0730	64	0.002 63	0.002 18	72	0.002 78	0.002 37
2	0.0860	56	0.003 70	0.003 10	64	0.003 94	0.003 39
3	0.0990	48	0.004 87	0.004 06	56	0.005 23	0.004 51
4	0.1120	40	0.006 04	0.004 96	48	0.006 61	0.005 66
5	0.1250	40	0.007 96	0.006 72	44	0.008 80	0.007 16
6	0.1380	32	0.009 09	0.007 45	40	0.010 15	0.008 74
8	0.1640	32	0.014 0	0.011 96	36	0.014 74	0.012 85
10	0.1900	24	0.017 5	0.014 50	32	0.020 0	0.017 5
12	0.2160	24	0.024 2	0.020 6	28	0.025 8	0.022 6
$\frac{1}{4}$	0.2500	20	0.031 8	0.026 9	28	0.036 4	0.032 6
$\frac{5}{16}$	0.3125	18	0.052 4	0.045 4	24	0.058 0	0.052 4
$\frac{3}{8}$	0.3750	16	0.077 5	0.067 8	24	0.087 8	0.080 9
$\frac{7}{16}$	0.4375	14	0.106 3	0.093 3	20	0.118 7	0.109 0
$\frac{1}{2}$	0.5000	13	0.141 9	0.125 7	20	0.159 9	0.148 6
$\frac{9}{16}$	0.5625	12	0.182	0.162	18	0.203	0.189
$\frac{5}{8}$	0.6250	11	0.226	0.202	18	0.256	0.240
$\frac{3}{4}$	0.7500	10	0.334	0.302	16	0.373	0.351
$\frac{7}{8}$	0.8750	9	0.462	0.419	14	0.509	0.480
1	1.0000	8	0.606	0.551	12	0.663	0.625
$1\frac{1}{4}$	1.2500	7	0.969	0.890	12	1.073	1.024
$1\frac{1}{2}$	1.5000	6	1.405	1.294	12	1.581	1.521

3.8. Cálculos de Soldadura

Para determinar el análisis de la soldadura, como se observa en la Fig 3.33 se establece realizar cuan penetración se necesita de igual manera que área de la garganta circular es donde se va a poner la soldadura y el tipo de electrodo de igual manera.

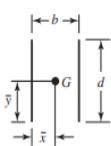
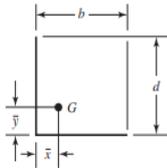
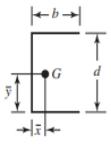
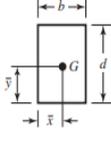
Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento polar unitario del área
	$A = 0.70 \, hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = d^3/12$
	$A = 1.41 \, hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$ $\bar{y} = \frac{d^2}{2(b+d)}$	$J_u = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{(b+d)^3}{6}$
	$A = 1.414 \, \pi r$		$J_u = 2\pi r^3$

Fig 3.11 Soldadura [78]

Área de la garganta

$$A = 1,414 \pi 2 [mm] \quad (35)$$

$$A = 11,10 \, mm^2$$

Segundo momento polar unitario del área

$$J_u = 2 \times \pi \times r^3 \quad (36)$$

$$J_u = 2 \times \pi \times 1,25^3$$

$$J_u = 12,271 [mm]$$

Esfuerzo promedio:

$$\tau = \frac{F}{hl} \quad (37)$$

Donde:

h : garganta de la soldadura

l : longitud de la soldadura

f : carga

$$\tau = \frac{20[N]}{0,4[mm] \times 40[mm]}$$

$$\tau = 1,66 \text{ kpsi}$$

3.9. Cálculos para la capacidad de la tolva

Para analizar el espacio de la tolva (Fig 3.12) se debe determinar los datos de cuanta capacidad de entra es que se requiere:

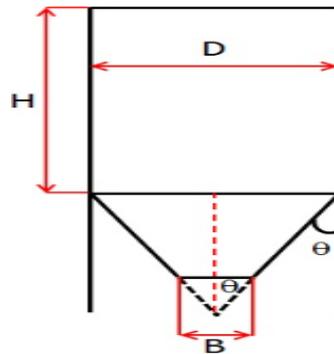


Fig 3.12 Tolva cónica [79]

Donde:

H: Largo de la tolva

D: Ancho de la tolva

B: Cajetín de la tolva

V: Capacidad de la tolva.

$$V = \frac{\pi}{24 \tan\theta} (D^3 - B^3) + \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \quad (38)$$

$$V = \frac{\pi}{24 \tan\theta} (245^3 - 50^3) + \frac{\pi}{4} \times 245^2 \times 330$$

$$V = 18184414,89 \text{ mm}^3$$

3.10. Cálculos eléctricos para el control

3.10.1. Interruptor termomagnético

Mediante la corriente nominal tanto del motor como la corriente del interruptor que se va a utilizar (Fig 3.13) se establece la siguiente ecuación (39):

Donde:

I_{T-M} : Corriente nominal del interruptor termomagnético

I_n : Corriente nominal del motor

I_{max} : Máxima corriente admisible

$$I_{max} = I_n * I_{T-M} \quad (40)$$

$$I_{max} = 9,4 A * 10 A$$

$$I_{max} = 94 [A]$$

TRIPOLARES (3 POLOS)		CORRIENTE NOMINAL (In)	CAPACIDAD DE INTERRUPCION (Icu)	VOLTAJE DE AISLAMIENTO
CHI0105A	NXB-63H 3P C10 10kA	10A	10KA	500V
CHI0106A	NXB-63H 3P C16 10kA	16A	10KA	500V
CHI0107A	NXB-63H 3P C20 10kA	20A	10KA	500V
CHI0108A	NXB-63H 3P C32 10kA	32A	10KA	500V
CHI0109A	NXB-63H 3P C40 10kA	40A	10KA	500V
CHI0110A	NXB-63H 3P C50 10kA	50A	10KA	500V
CHI0111A	NXB-63H 3P C63 10kA	63A	10KA	500V
CHI0117A	NXB-125 3P C80 10KA	80A	10KA	500V
CHI0118A	NXB-125 3P C100 10KA	100A	10KA	500V
CHI0154A	NXB-125 3P C125 10KA	125A	10KA	500V

Fig 3.13 Selección del interruptor termomagnético

$$9,4 A \leq I_{T-M} \leq 94 A$$

3.10.2 Conductor para el sistema de potencia

$$I_{trabajo} = I_n + 30\% * I_n \quad (41)$$

$$I_{trabajo} = 10 A + 0,3\% * 10 A$$

$$I_{trabajo} = 10,03 A$$

Mediante la selección del conductor (cable), se debe seleccionar la temperatura de trabajo, por ende, hay una temperatura promedio de 348,15 °K o (75 °C). Es decir que la corriente de trabajo es de 10,03 A. Además de una temperatura para su operación de 348,15 °K o (75 °C) ver en la Tabla 15.

3.11. Diseño eléctrico para panel de control

Mediante el software CADE_Simu se realiza un esquema eléctrico real de las conexiones del circuito donde se va a determinar el funcionamiento de tanto del motor con sus respectivas protecciones como se observa en la Fig 3.14 determinando el sistema de control.

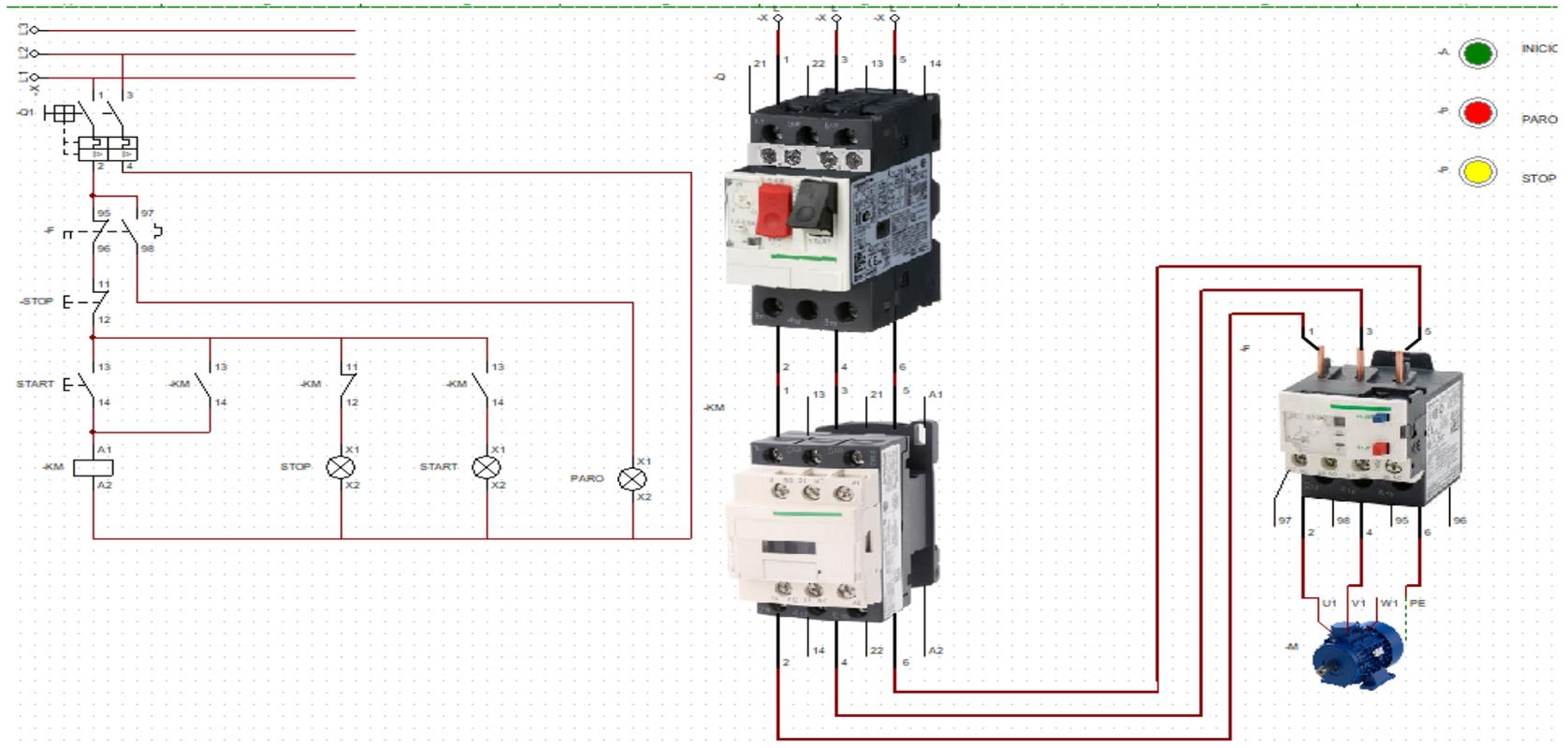


Fig 3.14 Diseño esquemático eléctrico

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el último capítulo podremos definir las diferentes simulaciones de los componentes internos y externos que se encuentra en la máquina, los análisis y resultados de los costos que se emplearon tanto en la parte mecánica como la eléctrica para la elaboración, de igual forma el manual de operación y el mantenimiento que se debe realizar a la máquina para el correcto funcionamiento de los componentes prolongando su vida útil, de igual manera se realiza los costos beneficios a futuro mediante la implantación V.A.N. y el T.I.R.

4.1. Simulación y análisis estructural SolidWorks

La estructura se propone con 16 nodos los cuales permiten el análisis estructural colocando las bases iniciales establecido como puntos fijos para continuar analizando un mallado con una deformación y una fuerza determinada en la parte inicial de 20 N y el aplicando el material ASTM A36 y como resultado un factor de seguridad igualmente de $1,6 \times 10^3$.

El tubo cuadrado de la estructura es de 40x40x3 y un espesor de 3mm, así mismo en la simulación especificamos el material

4.1.1 Análisis estructural

4.1.1.1 Análisis de tensión axial y de flexión.

Mediante el análisis como se observa en la Fig 4.1 Se propone una fuerza de 50 N que simula el peso del motor, placas, rodillos, etc. Lo cual no es real, pero nos permite conocer un resultado favorable en el rango del límite elástico en el material con un valor promedio de 2.500×10^8 .

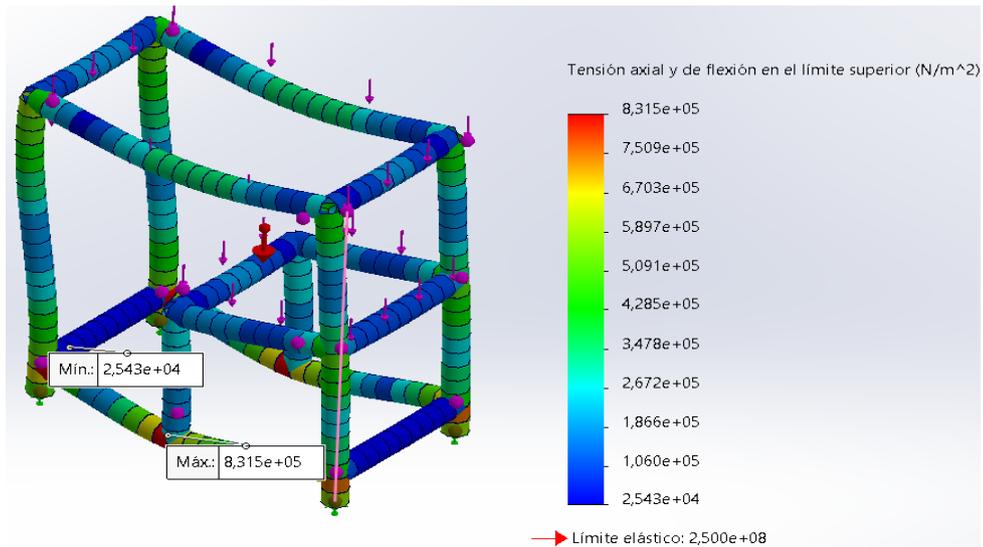


Fig 4.1 Análisis de tensiones estructurales

4.1.1.2 Desplazamiento

En la figura 4.2 se encuentra la simulación en función a los desplazamientos de la estructura base de la trituradora, se observa en la parte derecha la escala de deformación con un valor mínimo $1.00e-30$ y un máximo de $4.17e-03$.

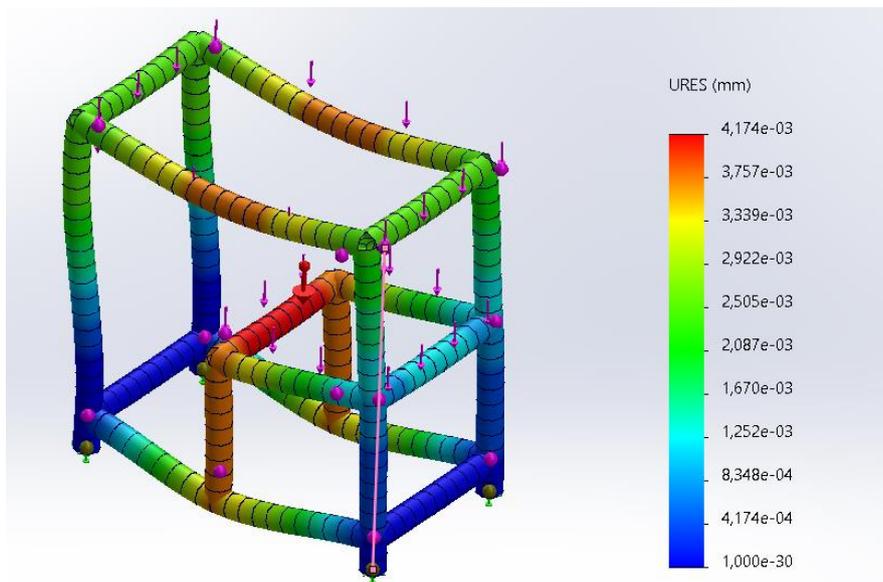


Fig 4.2 Análisis de desplazamiento en la estructura

4.1.1.3 Factor de seguridad

Se indica la selección de tensiones donde se encuentra mayor fuerza en la Fig. 4.3 para la estructura donde el factor de seguridad mínima para la estructura es de $3e+02$.

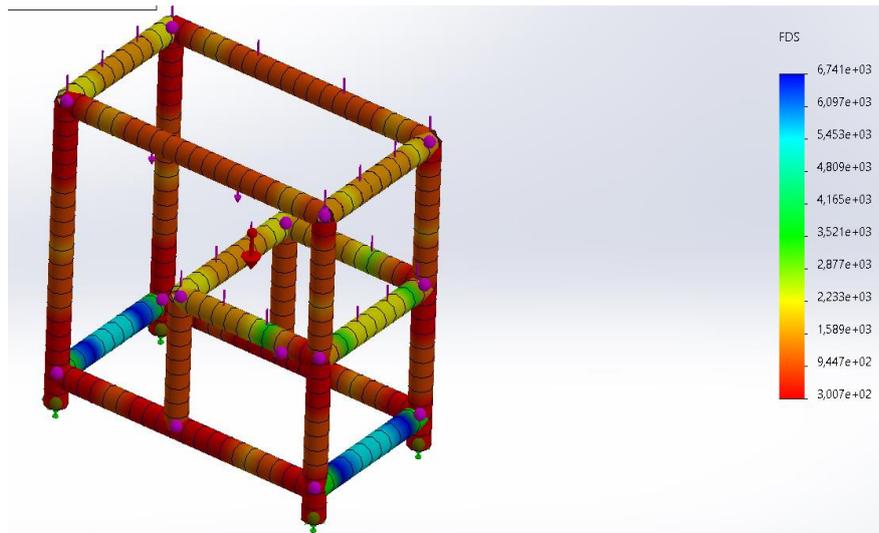


Fig 4.3 Factor de seguridad de la estructura

4.1.2 Simulación y análisis Rodillos

4.1.2.1 Análisis de tensiones

En la Fig 4.4 se encuentra el análisis estático del rodillo principal, el límite elástico del material, con la ley de von Mises que especifica en (N/m²) que el límite elástico es de 5.300 e+08 por lo que los soportes no tendrán una ruptura por las cargas que estará sometido el rodillo.

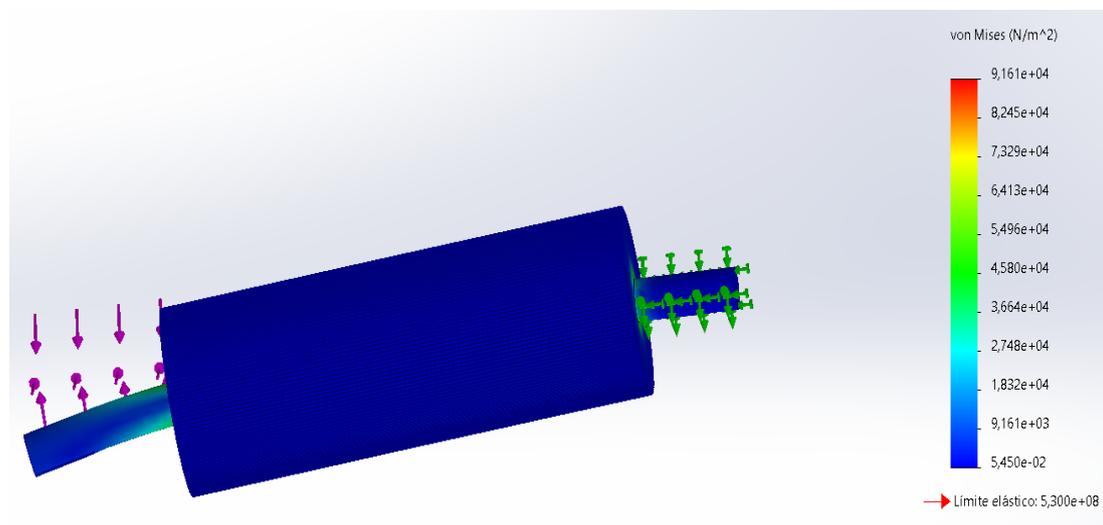


Fig 4.4 Tensión por la ley de von Mises en los rodillos

4.1.2.2 Desplazamiento

En la Fig 4.5 al aplicar el análisis estático de desplazamiento se observa que eje su tensión máxima es de 2.761×10^{-4} , esto a que el lado con mayor desplazamiento se da por que tiene el agarre de la polea y cadena.

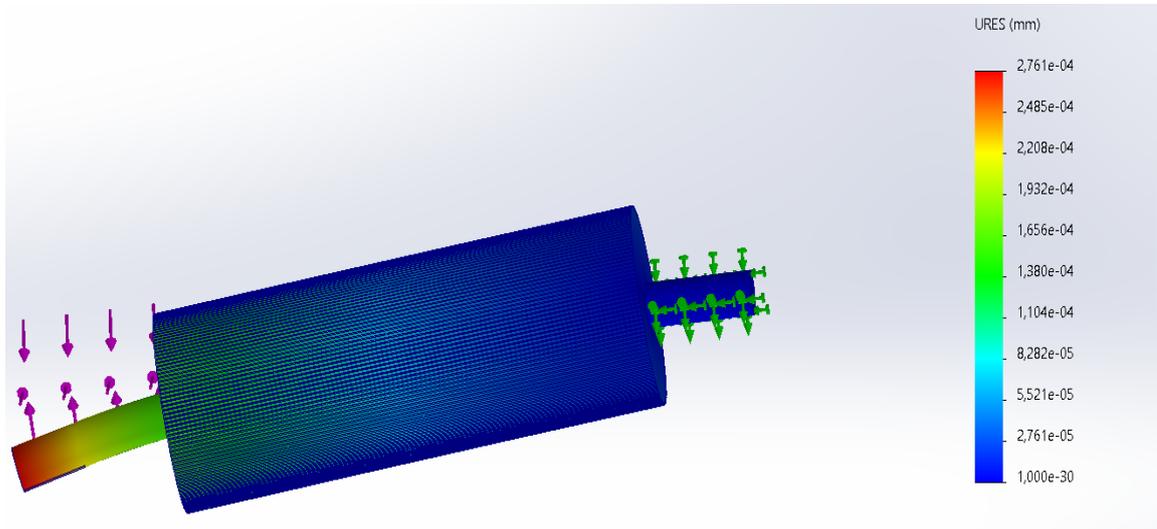


Fig 4.5 Tension por la ley de URES en los rodillos

4.1.2.3 Deformación estática

Como se observa en la Fig 4.6 en cuanto a la deformación estática en los rodillos en el eje con mayor carga aplicando el ESTRN se observa que está en un rango equilibrado con un máximo de 1.350×10^{-7} .

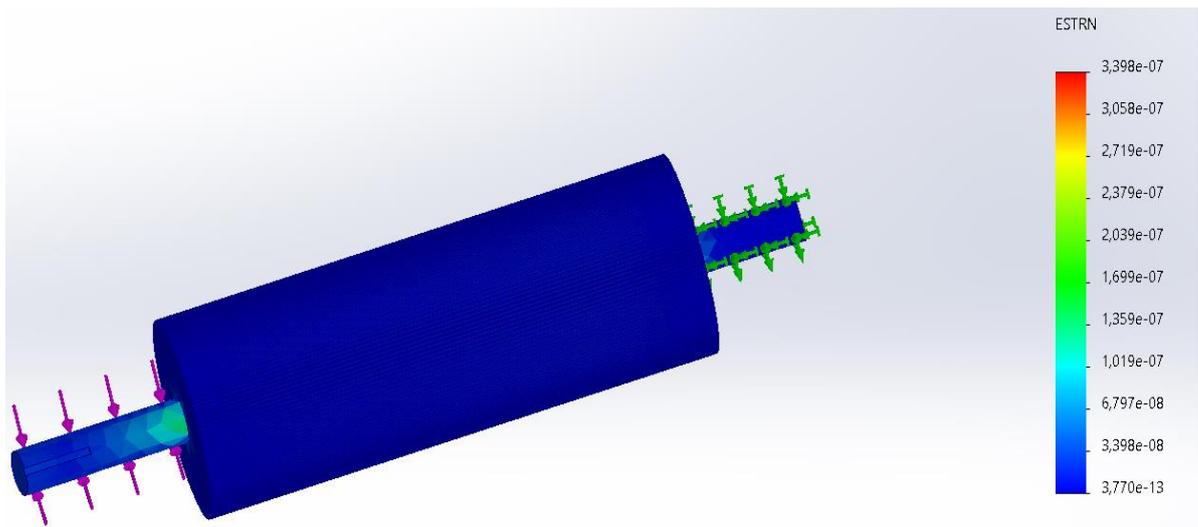


Fig 4.6 Deformación estática ESTRN de los rodillos

4.1.2.4 Factor de seguridad

Los datos de factor de seguridad de la tolva como se observa en la Fig 4.7, para lo cual se establece la parte de los rodillos en un $FDS=5,8e+03$.

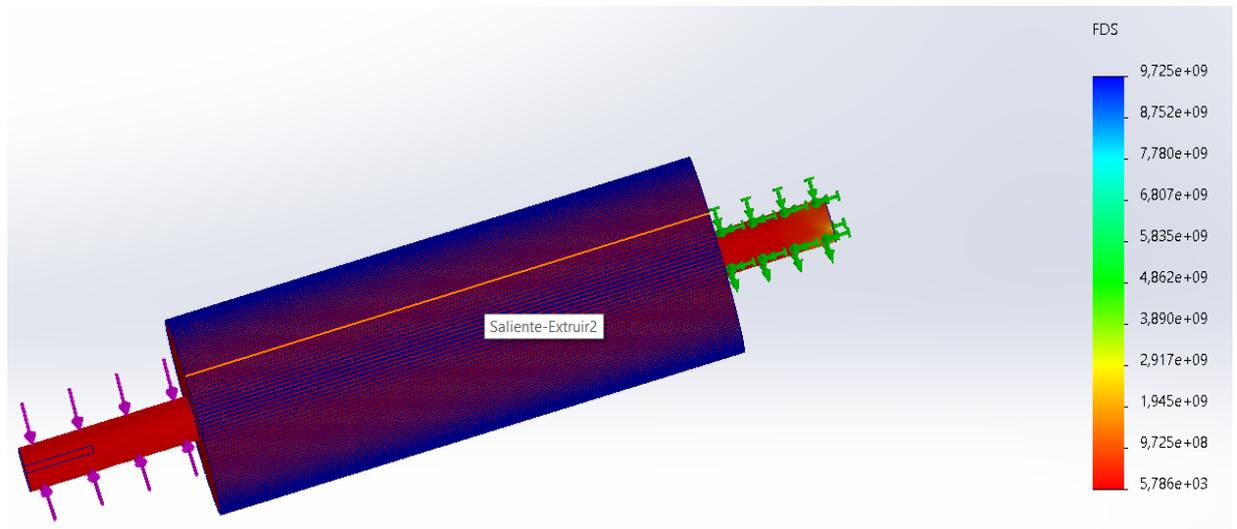


Fig. 4.7 Factor de seguridad rodillos

4.1.3 Simulación de las placas laterales

4.1.3.1 Tensiones

Como se observa en la Fig 4.8, en las placas se establece mediante la ley de von Mises aplicando una escala de deformación que nos da el software de 367.377 se observa que la tensión en las perforaciones su límite elástico del material se da en $2.500 e+08$.

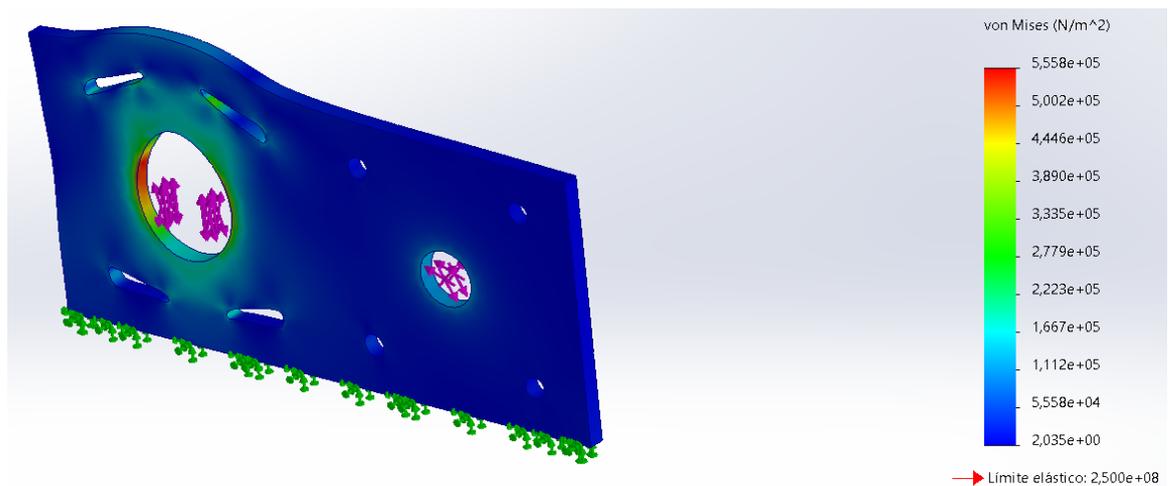


Fig 4.8 Análisis de tensiones placa lateral.

4.1.3.2 Desplazamiento

En la Fig 4.9, mediante un análisis de desplazamiento se aplica la ley de URES en mm establece que en una escala de deformación de 367.5 mm lo cual se observa donde tendrá mayor desplazamiento debido a que la perforación en esta sección tiene un ojo chino.

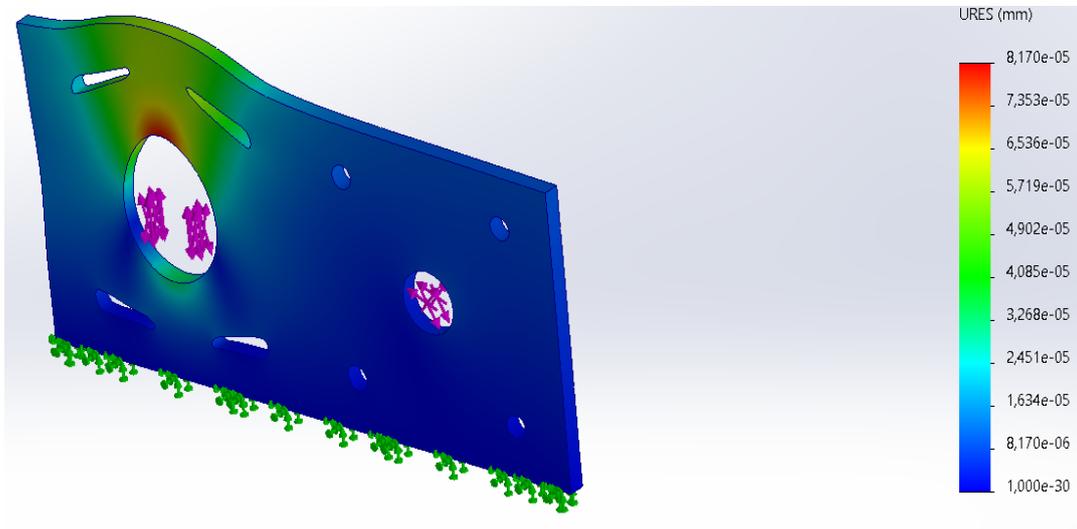


Fig 4.9 Análisis de desplazamiento placa lateral.

4.1.3.3 Factor de seguridad

Se logro obtener los datos de factor de seguridad de la tolva como se observa en la Fig 4.10, para lo cual se da en un rango mínimo de 1,229 e+ 08 y un factor máximo de 4,498e+02.

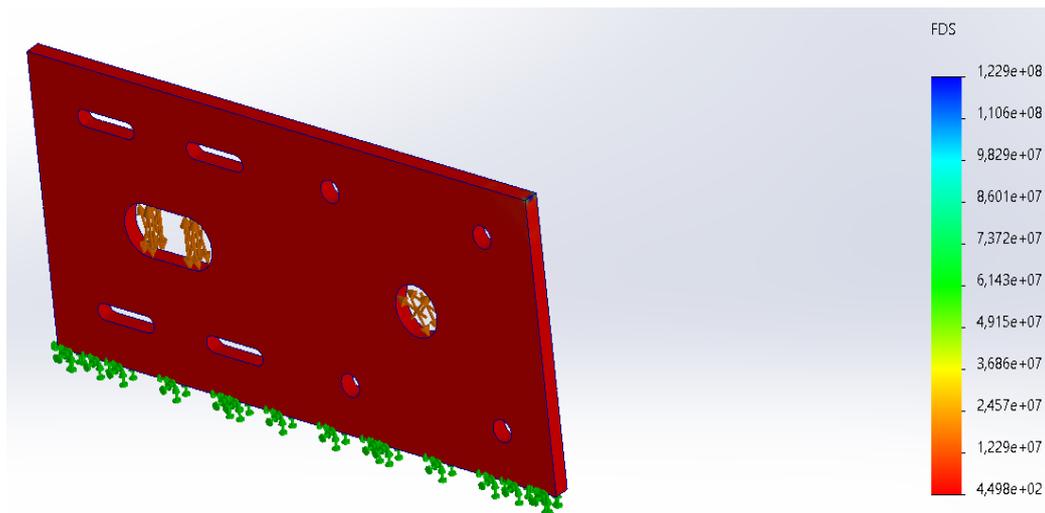


Fig 4.10 Factor de Seguridad placa lateral.

4.1.4 Análisis de simulación para la tolva

4.1.4.1 Análisis de tensiones

Como se observa en la Fig 4.11, se toma una fuerza de 20 N, la cual es un poco excedente a al peso real que va a ejercer la materia prima, obteniendo tensiones con un límite elástico de 3.5003×10^8 que podemos ver en la tolva de ley de von Mises.

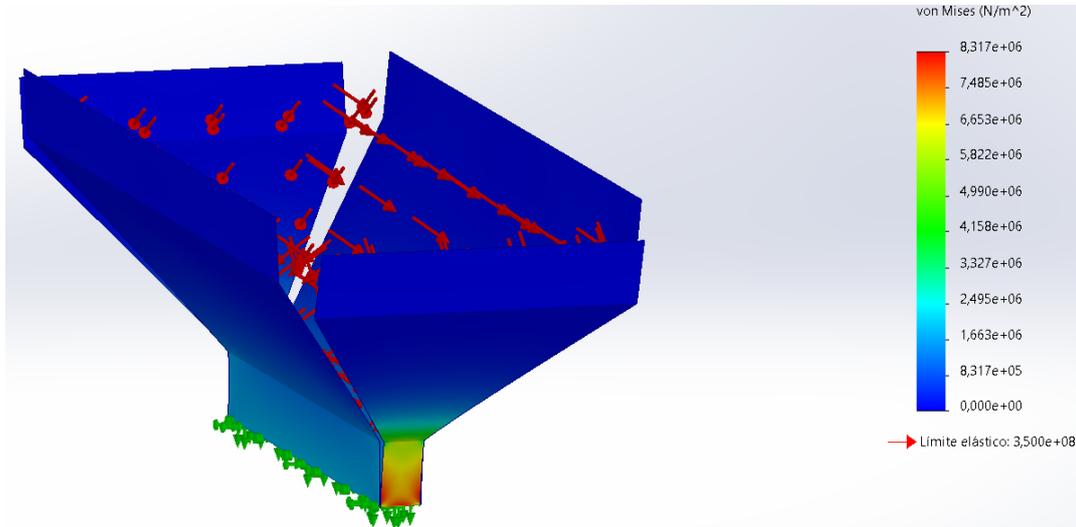


Fig 4.11 Análisis de tensiones para la tolva

4.1.4.2 Factor de tensión con un factor de sensibilidad de 25

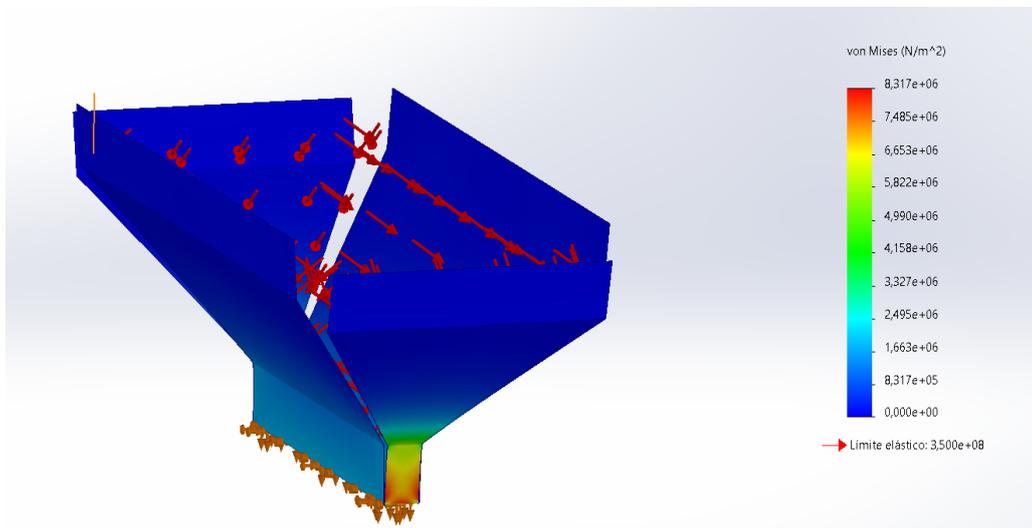


Fig 4.12 Análisis de desplazamientos

4.1.4.3 Factor de seguridad

Con la simulación, se pudo analizar los datos de factor de seguridad de la tolva como se observa en la Fig 4.13, para lo cual se da en un rango mínimo de 4.208×10^1 y un factor máximo de 1.000×10^{16} .

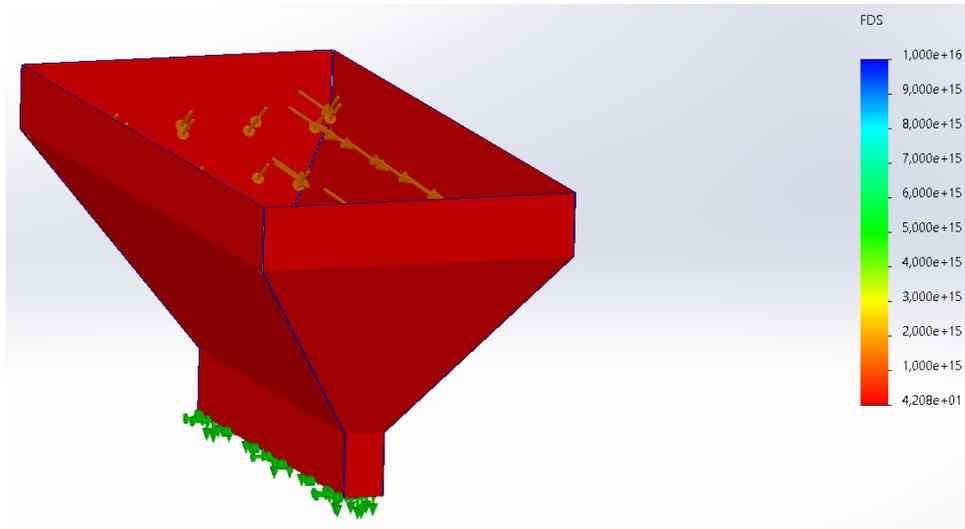


Fig 4.13 Factor de seguridad tolva.

4.2. Simulación y análisis eléctrico

4.2.1 Encendido de la máquina

Mediante el encendido en el panel de control del disyuntor de la figura 4.14, se visualiza que el indicador este funcionamiento correctamente y que no exista algún tipo de impedimento en el equipo.

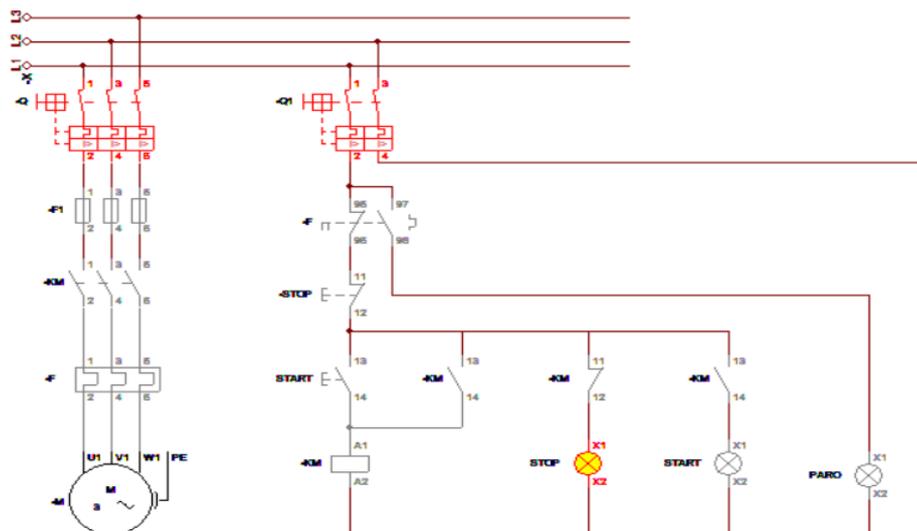


Fig 4.14 Indicador para el encendido de la máquina

4.2.2 Pulsando Start se enciende el motor

Una vez encendido el disyuntor y a su vez que exista un flujo de corriente hacia el circuito como se observa en la figura 4.15 podemos iniciar con el botón Start dando el funcionamiento total.

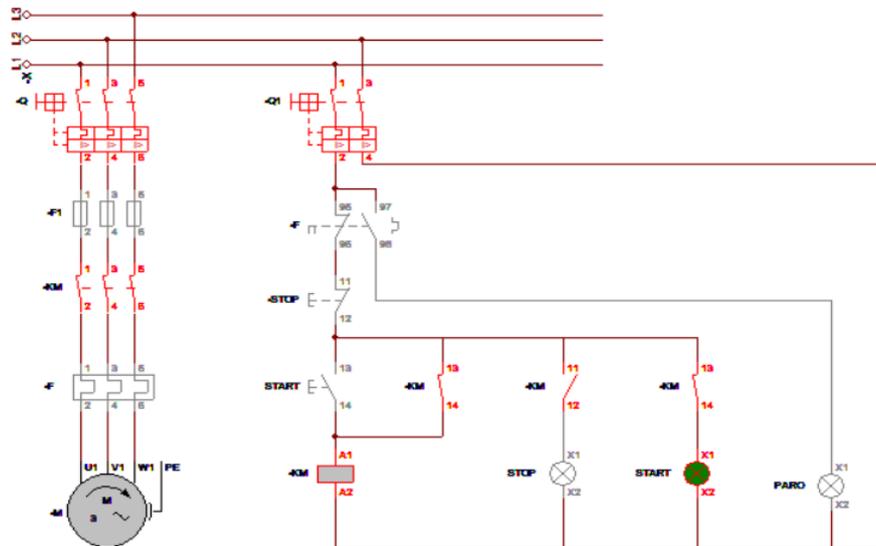


Fig 4.15 Indicador para el encendido del botón Inicio.

4.2.3 Paro de emergencia

Cuando hay cambios de energía este indicador se enciende dando una advertencia por lo que no hay paso de flujo de corriente y a su vez actúa como protección hacia el motor mediante el rele y los fusibles que existen hay como se observa en la figura 4.16.

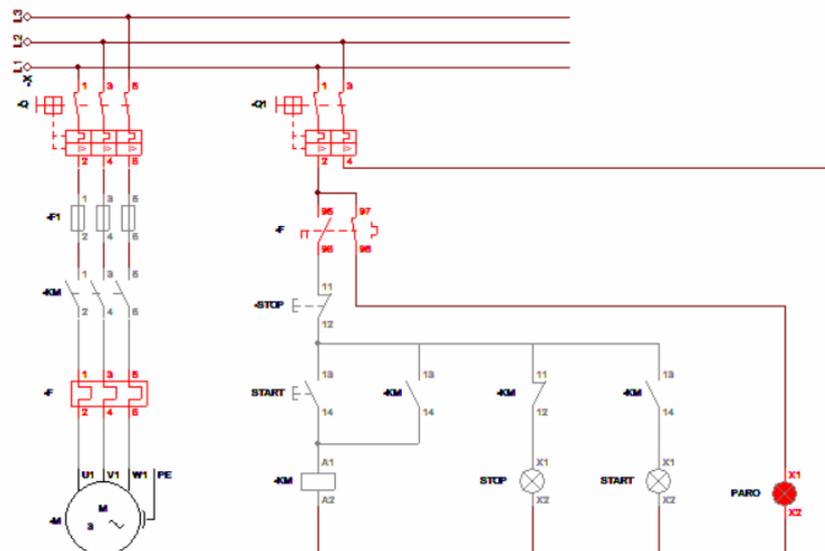


Fig 4.16 Indicador para el paro de emergencia del motor

4.3. Costos

4.3.1 Materiales estructurales

A continuación, se presenta en la Tabla 24 se encuentran los costos de los materiales se requieren para fabricar el prototipo.

Tabla 24 Costos de los elementos para máquina trituradora.

Costos de Materiales					
N°	Descripción	Cantidad		Valor Unitario	Valor general
1	Tubo estructural SAE J 403 40 mm X 3 mm (1 1/2)"	2	mt	\$ 56,99	\$ 113,98
2	Acero 1045 ø 115mm x 500 mm	2	U	\$ 22,45	\$ 44,90
3	Plancha ASTM A36 300mm X140mm X8mm	2	U	\$ 20,00	\$ 40,00
4	Tool Negro	1	U	\$ 39,28	\$ 39,28
5	Plancha Galvanizada	1	U	\$ 41,50	\$ 41,50
Costo total					\$ 279,66

4.3.2 Costos de insumos mecánicos

Como se observa en la Tabla 25, se encuentran los costos de producción para compra de insumos mecánicos.

Mientras que en las otras tablas para construir el equipo:

Tabla 25 Materiales mecánicos

Costos de insumos mecánicos					
N°	Elemento	Cantidad		Valor unitario	Valor general
1	Chumacera de pared 1"	4	U	\$ 12,00	\$ 48,00
2	Catalinas paso 40 # dientes 17	4	U	\$ 6,50	\$ 26,00
3	Cadena 40-1R X 10plg	1	U	\$ 20,00	\$ 20,00
4	Banda V # 17340 de 34"	1	U	\$ 10,00	\$ 10,00
5	Pernos 7/16 x 2"	16	U	\$ 0,26	\$ 4,16
6	rodelas 7/16	16	U	\$ 0,09	\$ 1,44
7	tuercas 7/16	16	U	\$ 0,08	\$ 1,28
8	Pernos 3/8 x2	8	U	\$ 0,15	\$ 1,20
9	Rodelas 3/8	8	U	\$ 0,05	\$ 0,40
10	Tuercas 3/8	8	U	\$ 0,10	\$ 0,80
11	Polea de 3"	1	U	\$ 5,00	\$ 5,00
12	Polea de 5"	1	U	\$ 20,00	\$ 20,00
13	Pernos Templador 1/2X 2"	2	U	\$ 1,25	\$ 2,50
14	Prisioneros 5/16	3	U	\$ 0,50	\$ 1,50
15	Chaveta 5/16	3	U	\$ 1,60	\$ 4,80
16	Pernos 3/8 x3 "	8	U	\$ 0,15	\$ 1,20
17	Tuercas 3/8	8	U	\$ 0,06	\$ 0,48
18	Rodelas planas y de presión de 3/8	8	U	\$ 0,08	\$ 0,64
Costo total					\$ 149,40

4.3.3 Costos insumos eléctricos

En la Tabla 26, se encuentran los costos para el control de la máquina trituradora de maíz.

Tabla 26 Materiales eléctricos y electrónicos

Costos de insumos eléctricos					
N°	ELEMENTO	CANTIDAD		VALOR UNITARIO	Valor general
1	Motor trifásico de 3 Hp	1	U	\$ 200,00	\$ 200,00
2	Gabinete metálico de 30x30	1	U	\$ 40,00	\$ 40,00
3	Breaker trifásico de 3 polos	1	U	\$ 7,18	\$ 7,18
4	Relés	1	U	\$ 15,00	\$ 15,00
5	Relé termomagnético	1	U	\$ 15,00	\$ 15,00
6	Contactador	1	U	\$ 16,00	\$ 16,00
7	Fusibles y Porta Fusible	1	U	\$ 20,00	\$ 20,00
8	Botón encendido	1	U	\$ 2,93	\$ 2,93
9	Botón apagado	1	U	\$ 2,93	\$ 2,93
10	Paro de emergencia	2	U	\$ 4,43	\$ 8,86
11	Luz piloto amarillo	1	U	\$ 1,60	\$ 1,60
12	Luz piloto rojo	1	U	\$ 1,61	\$ 1,61
13	Luz piloto verde	1	U	\$ 1,62	\$ 1,62
14	Cable 4X10 AWG	5	U	\$ 4,47	\$ 22,35
15	Canaleta Ranurada	1	U	\$ 5,08	\$ 5,08
16	Lector de velocidad	1	U	\$ 10,00	\$ 10,00
17	Lector de voltaje	1	U	\$ 15,00	\$ 15,00
18	Cable 4X10 AWG	5	Mtrs	\$ 4,47	\$ 22,35
Costo total					\$ 407,51

4.3.4 Costos generales de uso

En la Tabla 27, Tabla 28, Tabla 29, se especifican el uso para productos necesarios, servicios básicos y el más importante mantenimiento y transporte de la máquina.

Tabla 27 Costos de producción

Costos de producción					
N°	Descripción	Cantidad		Valor Unitario	Valor general
1	Maíz	1	quintal	\$ 60,00	\$ 60,00
2	Costales	4	arobas	\$ 2,00	\$ 8,00
Costo total					\$ 68,00

4.3.5 Servicios Básicos

Tabla 28 Servicios básicos

Servicios básicos				
N°	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor general
1	Luz	1	\$ 15,00	\$ 15,00

4.3.5 Mantenimiento y transporte

Tabla 29 Mantenimiento y transporte

Mantenimiento y transporte				
N°	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor general
1	Mantenimiento	1	\$ 40,00	\$ 40,00
2	Transporte	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Costo total				\$ 90,00

4.3.6 Mano de obra directa

Se considera mano de obra directa a los elementos que constan directamente con el elemento o máquina a elaborar, en la Tabla 30 se detallan

Tabla 30 Mano de obra directa para construcción de máquina

Mano de Obra Directa				
N°	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor general
1	Soldadura	8 hora	\$ 10,00	\$ 80,00
2	Ayudante	8 horas	\$ 5,00	\$ 40,00
3	Torno	16 horas	\$ 15,00	\$ 240,00
4	Fresadora	8 horas	\$ 10,00	\$ 80,00
5	Pintura	3 hora	\$ 20,00	\$ 60,00
6	Tolva	2 Unidad	\$ 15,00	\$ 30,00
7	Canal de salida del producto	1 Unidad	\$ 15,00	\$ 15,00
Costo total				\$ 545,00

4.3.7 Mano de obra indirecta

La sección detalla los costos de mano de obra indirecta para la elaboración de la máquina trituradora, se pueden observar en la Tabla 31.

Tabla 31 Mano de obra indirecta para construcción y armado de máquina

Mano de Obra Indirecta					
N°	Descripción	Cantidad		Valor Unitario	Valor general
1	Cortadora de Tubo	18	cortes	\$ 0,25	\$ 4,50
2	Taladrado	60	perforaciones	\$ 0,25	\$ 15,00
3	Dobles	12	Dobleces	\$ 0,30	\$ 3,60
4	Corte Plasma	2	mtrs lineales	\$ 8,00	\$ 16,00
Costo total					\$ 39,10

4.3.8 Resumen de costos

En la Tabla 32 podemos visualizar un resumen en cuanto a de todos los materiales utilizados.

Tabla 32 Resumen de costos de elaboración de la máquina

Resumen costos totales		
N°	Descripción	Valor general
1	Costos estructurales	\$ 279,66
2	Costos mecánicos	\$ 149,40
3	Costos eléctricos	\$ 404,79
4	Costos de producción	\$ 68,00
5	Servicios básicos	\$ 15,00
6	Mantenimiento y transporte	\$ 90,00
7	Mano de obra directa	\$ 545,00
8	Mano de obra indirecta	\$ 39,10
Costos totales máquina		\$ 1.590,95

4.3.9 Análisis para determinar el TIR**Tabla 33** Cálculos del TIR

Años	TIR		
	Cobranza	Pagos	Flujo en cuanto a caja
0	\$ -	\$ -	\$ -4.000,00
1	\$ 4.000,00	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
2	\$ 4.000,00	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
3	\$ -	\$ -	\$ -
4	\$ -	\$ -	\$ -
5	\$ 4.000,00	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
6	\$ 4.000,00	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00

Tabla 34 Valor de la tasa interna de retorno

#	Año	Cobros	Pagos	Flujos	TIR
1	6	\$ 16.000,00	\$ 8.000,00	\$ 8.000,00	25.72%

4.3.5 Análisis para calcular el VAN

Tabla 35 Cálculos para determinar el VAN

VAN			
Años	Cobros	Pagos	Flujo de caja
0	\$ -	\$ -	\$ -4.000,00
1	\$ 4.000,00	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
2	\$ 4.000,00	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
3	\$ 4.000,00	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
4	\$ 4.000,00	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
5	\$ 4.000,00	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00

Tabla 36 Valor Actual Neto (Van)

#	Año	Cobros	Pagos	VAN
1	5	20000	10000	1300,12

4.4 Manual de Operación

- Antes de comenzar con el proceso de la molienda
 1. Los principales mecanismos que se encuentra en la parte interna tales como: rodillos, chumaceras, catalinas, poleas, banda, cadena, tiene que estar por un personal capacitado.
 2. En cuanto a los implementos de seguridad industrial de debe considerar tales como: orejeras, guantes, antiparras, botas de seguridad, casco.
 3. Comprobar habitualmente los ajustes de cada una de las tuercas por lo que la máquina está sometida a las vibraciones que se produce en ella.
 4. Antes del encendido de la máquina esta debe estar completamente limpia.
- Durante el proceso se debe abrir la compuerta de la tolva para el paso el grano
 5. Tener mucho cuidado al introducir en la tolva los granos ya que pueden venir con impurezas y estas puedan afectar el funcionamiento de la máquina.

6. Colocar la cantidad adecuada para el triturado y revisar constantemente que no se termine el producto.
7. La alimentación del grano en la cámara de la tolva debe ser continua, para que se pueda obtener una buena calidad en la molienda.

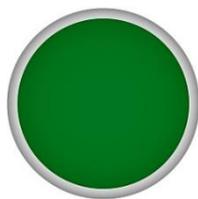
4.4.1 Sistema eléctrico

8. Tener mucho cuidado al conectar debe estar totalmente seco y libre el toma corriente donde se encuentra instalado para que no exista cortocircuito.



9. Inicialmente, para el acceso hacia la parte interna, el gabinete debe abrirse mediante una llave que debe ser girada por completo para acceder a ella.

10. Posteriormente, una vez que se abra la compuerta se encuentra el breaker principal donde para accionarlo debe estar en la posición hacia arriba para encenderla ON donde se energiza toda la máquina y de igual manera para el apagado total el OFF tiende hacia abajo para quitar la energía de la máquina.



11. A continuación, se cierra el gabinete se observa que la parte externa se encuentra el botón que puede generar, para la cual al momento de aplastar botón de encendido la máquina comienza a realizar su proceso.

12. Seguidamente, se puede visualizar a lado se encuentra un botón de apagado, donde al presionar se va a finalizar el proceso de la máquina.





13. Consecutivamente, cada uno de estos indicadores que posee la máquina nos establece que: Cuando se encendía el verde está funcionando correctamente la máquina, de igual manera cual se encienda el rojo funcionara como un aviso que esta con el botón de paro de emergencia para finalmente el amarillo nos indique una advertencia que hay un fallo en el sistema y debe ser solucionado.

14. Seguidamente, se debe girar para desactivar y así mismo el indicador de rojo se apaga seguidamente.

Nota: Si este botón esta activado puede revisar cualquier circunstancia que haya pasado la máquina.



- Después para el proceso de molienda para el grano de maíz
15. Se debe tener cuidado al momento de comenzar con el proceso porque se debe colocar en la parte de abajo los costales donde se va a retirar el producto ya elaborado para que no se riegue.
 16. Una vez puesta se coloca el producto a triturar en la tolva para después cerrarla por seguridad y que no expulsen los granos hacia la parte afuera de la tolva.
 17. Tras una revisión y que todo este correctamente sin ningún problema se procede con el encendido de la máquina con el botón ON.
 18. Supervisar que se encuentre con una alimentación breve y constante, mientras se esté produciendo el proceso de la molienda del grano de maíz.
 19. Para la finalización del proceso se puede realizar de dos formas: la primera pulsando el botón y el otro de igual manera presionando el botón de apagado.

4.4.2 Mantenimiento de la trituradora de grano

- Las vibraciones que se producen por el trabajo de la máquina se deben revisar consecutivamente por lo menos durante el periodo de tres meses para ello se realiza una pequeña inspección en donde más se puede realizar el trabajo en donde se encuentran las uniones roscadas, ya que es más fácil de que se aflojen para ello se debe realizar el ajuste de estas.
- Se debe tener mucho en cuenta que los rodillos acanalados deben estar trabajando correctamente de forma sincronizada para que no tenga mucho desgaste en sus canales.
- Además, se puede realizar una limpieza mediante una brocha tanto en cuanto entra el producto es decir en la entrada a la tolva como cuanto a su salida de igual forma.
- Revisar por lo menos cada 6 meses el sistema eléctrico que este funcionamiento correctamente, que los cables este con su respectiva protección y de igual forma el tomacorriente donde se encuentra la máquina.
- Comprobar de igual forma que la banda no exista fisuras y si existen cambiarlas de inmediato, seguidamente cuando se coloque la nueva se debe tener un templado correcto para que la maquina pueda operar sin ningún problema al momento de encender.
- Tener mucho cuidado que ya no haya nada en máquina por lo que se debe realizar una limpieza total una vez ya apagado toda la máquina.

XII. CONCLUSIONES

1. Mediante la elaboración del diseño de la trituradora de rodillos de granos, garantiza una producción de 10 kg/h, la cual se estableció bajo los parámetros de producción para la obtención de un producto de buena calidad.
2. La máquina trituradora de rodillos satisface las necesidades del consumidor cumpliendo con los factores de seguridad requeridos en cada material implementado, por lo que reduce el costo significativo en su construcción, además en su tiempo de producción.
3. Mediante la ejecución de los diferentes cálculos elaborados se define que la trituración del grano duro que existe en el mercado es necesario una potencia mínima de un motor de 3 HP girando a 1500 RPM para pulverizar y obtener materia elaborada.
4. A través de pruebas de campo realizadas en la máquina trituradora, se logró obtener la fuerza necesaria en la que se rompe el grano de maíz; donde se determinó la dimensión para la construcción de la máquina y elementos que la conforman para garantizar la capacidad mínima de producción.
5. La eficacia de la máquina fue necesario implementar el uso de transmisión de potencia mediante poleas, piñones y catalinas para un mejor rendimiento, lo que ayudo a seleccionar el tipo de trituradora de rodillos garantizando un trabajo competente.

XIII. RECOMENDACIONES

1. Es fundamental que el operario conozca cada paso del manual de uso y mantenimiento que ofrece una correcta funcionabilidad de la máquina de igual forma el mantenerse alejado de los daños que esta pueda ocasionar.
2. Para una mejor productividad y un mejor rendimiento de la triturada se recomienda revisar los componentes internos principalmente los rodillos acanalados.
3. Verificar que en el proceso de trituración no se mezcle la materia prima con otros elementos que puedan contaminar el producto al momento de realizar la molienda.
4. Revisar el panel de control que indique de forma correcta los valores de velocidad a la cual está trabajando la máquina, además que no exceda la temperatura y voltaje establecido por el diseñador.
5. Tomar en cuenta al momento de encender la máquina no exista ninguna obstrucción además observar que la máquina esté funcionando correctamente sin ningún sonido extraño que puedan ocasionar accidentes.

XIV. REFERENCIAS

- [1] F. Ramos and A. Vega, “Diseño y Construcción de una máquina trituradora de hojas secas de Guayusa con una capacidad de 6.5 quintales por hora,” p. 154, 2015.
- [2] L. Baca, “La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria,” *Pontif. Univ. Católica del Ecuador*, p. 84, 2016, [Online]. Available: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12652/La produccion de maíz amarillo en el Ecuador y su relacion con la soberania alimentaria - Luis Al.pdf?sequence=1](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12652/La%20produccion%20de%20maiz%20amarillo%20en%20el%20Ecuador%20y%20su%20relacion%20con%20la%20soberania%20alimentaria%20-%20Luis%20Al.pdf?sequence=1).
- [3] Á. M. Wilches Flórez, “Biocombustibles: ¿son realmente amigables con el medio ambiente?,” *Rev. Colomb. Bioética*, vol. 6, no. 1, p. 89, 2015, doi: 10.18270/rcb.v6i1.819.
- [4] Intagri S.C., “Aflatoxinas en Maíz,” 2021. <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/aflatoxinas-en-maiz> (accessed Jul. 27, 2022).
- [5] J. Echeverría and C. Muñoz, “Maíz: Regalo de los Dioses,” vol. 1, p. 199, 1988, [Online]. Available: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=54445>.
- [6] J. Josse, “Expectativas de la cosecha de maíz 2019,” *Rev. El Prod.*, vol. 29, pp. 6–28, 2019, [Online]. Available: www.fumidonoso.com.
- [7] CEPAL, “Efectos Sociales de la Globalización sobre la Economía Campesina. Reflexiones a partir de experiencias en México, Honduras y Nicaragua,” p. 83, 1999.
- [8] Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, “Máquina - Picadora - Moledora - Trituradora (Granos y Forrajes),” 2021. <https://inta.gob.ar/maquinarias/maquina-picadora-moledora-trituradora-granos-y-forrajes> (accessed Jul. 27, 2022).
- [9] Emilio Andrea Blanco, “Capítulo 7. Trituración,” *Optim. procesos en plantas Ind. Trituración y Clasif.*, pp. 1–80, 2011, [Online]. Available: <http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/tecnologia-mineralurgica/materiales-de>

clase-1/7._trituracion.pdf.

- [10] 911 Metallurgist, “Trituradora de Mandíbulas,” 2021. <https://www.911metallurgist.com/metallurgia/trituradora-de-mandibula/> (accessed Aug. 02, 2022).
- [11] Ecuainpro, “Trituradora de Cono,” 2021. https://construex.com.ec/exhibidores/ecuainpro/producto/trituradora_de_cono (accessed Jul. 27, 2022).
- [12] L. Fueyo Casado, “Equipos de trituración, molienda y clasificación : tecnología, diseño y aplicación,” 1999.
- [13] Weir Minerals, “Trituradoras de cono Trio Serie TP - Obras públicas - Trituradoras de cono,” 2021. <https://www.interempresas.net/ObrasPublicas/FeriaVirtual/Producto-Trituradoras-de-cono-Trio-Serie-TP-156863.html> (accessed Aug. 02, 2022).
- [14] V. Yepes, “¿Qué es una trituradora de impactos?,” 2013. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/03/23/que-es-una-trituradora-de-impactos/> (accessed Jul. 27, 2022).
- [15] I. Lauren Iguarán Salinas Asesor and J. Espejo Molano, “Optimización del proceso de trituración de agregados pétreos para la producción de mezclas asfálticas en caliente,” p. 59, 2008.
- [16] L. Kefid Machinery Co., “Serie S Trituradora de Impacto Hidráulico,” 2022. <https://es.kefid.com/v2/Product/Hydraulic-Impact-Crusher.html> (accessed Aug. 02, 2022).
- [17] Maquinaria Agrí-cola Lose, “Desbrozadoras para Tractor,” 2021. <https://tallereslose.com/desbrozadoras-para-tractor/> (accessed Jul. 27, 2022).
- [18] Zanon TFZ, “Trituradora desbrozadora - Agricultura,” 2021. <https://www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Producto-Trituradora-desbrozadora-Zanon-TFZ-99288.html> (accessed Jul. 27, 2022).
- [19] Zanon TRP, “Trituradora desbrozadora,” 2021.

- <https://www.interempresas.net/Ferreteria/FeriaVirtual/Producto-Trituradora-desbrozadora-Zanon-TRP-99146.html> (accessed Aug. 02, 2022).
- [20] T. Perez, “Tipos de maíz según el grano,” 2016. <https://borauhermanos.com/tipos-de-maiz-segun-el-grano/> (accessed Jul. 27, 2022).
- [21] M. Juliana, “Tipos de maíz,” 2021. <https://dudalia.com/tarea/je4o#ixzz4BNOLUdpc> (accessed Jul. 27, 2022).
- [22] Grupo Borau, “Tipos de maíz según el grano,” 2019. <https://borauhermanos.com/tipos-de-maiz-segun-el-grano/> (accessed Aug. 02, 2022).
- [23] Acero.es, “Tipos y clasificación de los aceros,” 2022. <https://acero.es/clasificacion/> (accessed Jul. 27, 2022).
- [24] WEERG STAFF, “¿Cuáles son los 4 tipos de acero?,” 2021. <https://www.weerg.com/es/es/blog/cuales-son-los-4-tipos-de-acero> (accessed Jul. 27, 2022).
- [25] Hermenegildo Rodríguez Galbarro, “Propiedades de los Materiales,” 2022. <https://ingemecanica.com/tutoriales/materiales.html#tabla9> (accessed Jul. 27, 2022).
- [26] WALDUN STEEL, “¿Qué es el acero de aleación? -,” 2021. <https://waldunsteel.com/es/aleacion-de-acero/> (accessed Jul. 27, 2022).
- [27] “Características del Acero Aleado,” 2021. https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm13/pfcm13_2_4.html (accessed Jul. 27, 2022).
- [28] AUTYCOM, “Qué es un sistema de control y qué tipos hay,” 2021. <https://www.autycom.com/que-es-un-sistema-de-control/> (accessed Jul. 27, 2022).
- [29] Tecnologías Informacion, “Sistemas de Control: Definición y Tipos,” 2021. <https://www.tecnologias-informacion.com/sistemas-control.html> (accessed Jul. 27, 2022).
- [30] Formación Técnica Industrial, “Diagrama básico de un Sistema de Control

- Distribuido | Sistema de control, Control, Redes de comunicacion,” 2021. <https://www.pinterest.es/pin/733453489300093759/> (accessed Jul. 27, 2022).
- [31] COSMOS, “Molino de Rodillos,” 2022. <https://molinoderodillos.com/> (accessed Jul. 27, 2022).
- [32] COSMOS, “Molino de Rodillos,” 2021. <https://molinoderodillos.com/> (accessed Aug. 02, 2022).
- [33] MAQUINOVA, “Molino De Martillos - Mezcladoras Y Molinos,” 2022. <https://www.mezcladorasymolinos.com.mx/productos/molinos/de-martillos/> (accessed Jul. 27, 2022).
- [34] Talleres Mecatajo S.L, “MOLINO IMPACTOR DE MARTILLOS,” 2022. <https://mecatajo.com/molino-impactor-de-martillos> (accessed Aug. 02, 2022).
- [35] ZHONGXIN MAQUINARIA INDUSTRIAL PESADA, “Molino de Bolas,” 2022. [https://www.zxcrusher.es/productos/mina/37.html?campaignid=1593015525&adgroupid=57616205902&feeditemid=&targetid=kwd-300134262430&device=c&creative=544875848810&keyword=molino de bolas&gclid=Cj0KCQjwxIOXBhCrARIsAL1QFCbxKS7zvUXc6ZiL5RVRowdVBSxdZmWoXvZipdXZ](https://www.zxcrusher.es/productos/mina/37.html?campaignid=1593015525&adgroupid=57616205902&feeditemid=&targetid=kwd-300134262430&device=c&creative=544875848810&keyword=molino+de+bolas&gclid=Cj0KCQjwxIOXBhCrARIsAL1QFCbxKS7zvUXc6ZiL5RVRowdVBSxdZmWoXvZipdXZ) (accessed Jul. 27, 2022).
- [36] Gebr. Pfeiffer, “Molinos de bolas para las aplicaciones más diversas,” 2021. <https://www.gebr-pfeiffer.com/es/productos/molino-de-bolas-mrdmre> (accessed Aug. 03, 2022).
- [37] SONGSHUN, “Qué es el acero 1045 / S45C / C45 • Propiedades • Composición química,” 2022. <https://es.steelpurchase.com/1045-s45c-c45-acero/> (accessed Jul. 27, 2022).
- [38] Aceros del Ecuador, “Acero SAE 1045,” 2021. <https://acerosecuador.com/acerosae1045.html> (accessed Jul. 27, 2022).
- [39] ACENOR, “Plancha Galvanizada,” 2021. <https://acenorchile.com/planchas/plancha-galvanizada> (accessed Jul. 27, 2022).

- [40] IMPORT ACEROS, “Planchas Galvanizadas Quito Ecuador? Planchas de tol galvanizado,” 2021. <https://www.importaceros.com/ecuador-quito/planchas-galvanizadas/> (accessed Jul. 27, 2022).
- [41] Panel y Acanalados Monterrey, “Acero A 36: Propiedades y usos,” 2022. <https://panelyacanalados.com/blog/acero-a-36-propiedades-y-usos/> (accessed Jul. 27, 2022).
- [42] Metinvest, “Acero ASTM A36: características, propiedades, análogos -,” 2015. <https://metinvestholding.com/es/products/steel-grades/astma36> (accessed Jul. 27, 2022).
- [43] IPAC, “Catalogo IPAC 2019.” p. 76, 2019, [Online]. Available: [file:///C:/Users/Usuario iTC/Downloads/CatalogoIPAC_2019.pdf](file:///C:/Users/Usuario%20iTC/Downloads/CatalogoIPAC_2019.pdf).
- [44] Refacciones Industriales, “Chumaceras - Que son, Tipos, Clasificación, Nomenclaturas...,” 2022. <https://brr.mx/chumaceras/> (accessed Jul. 27, 2022).
- [45] Ecuasierras, “Chumacera- Rodamiento,” 2021. <https://www.ecuasierras.com/chumacera-rodamiento> (accessed Jul. 27, 2022).
- [46] Ingemecanica, “Transmisión por Cadenas,” 2022. <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html> (accessed Jul. 27, 2022).
- [47] P. Mecánicos, “Un compendio de información técnica y práctica,” 1948.
- [48] Proveedor de Rulimanes, “POLEAS Y BANDAS INDUSTRIALES,” 2015. <http://www.proveedorariobamba.com/index.php/portfolio/poleas/> (accessed Jul. 28, 2022).
- [49] Ecuasierras, “Poleas - Banda,” 2021. <https://www.ecuasierras.com/poleas-banda> (accessed Jul. 28, 2022).
- [50] Universidad Nacional de la Plata, “Conexión de motores eléctricos trifásicos,” p. 15, 2019.
- [51] PROMESA, “MOTOR TRIFASICO ‘WEG’ 3 HP,” 2022. <https://www.promesa.com.ec/producto/motor-trifasico-3600-rpm-weg-3-hp>

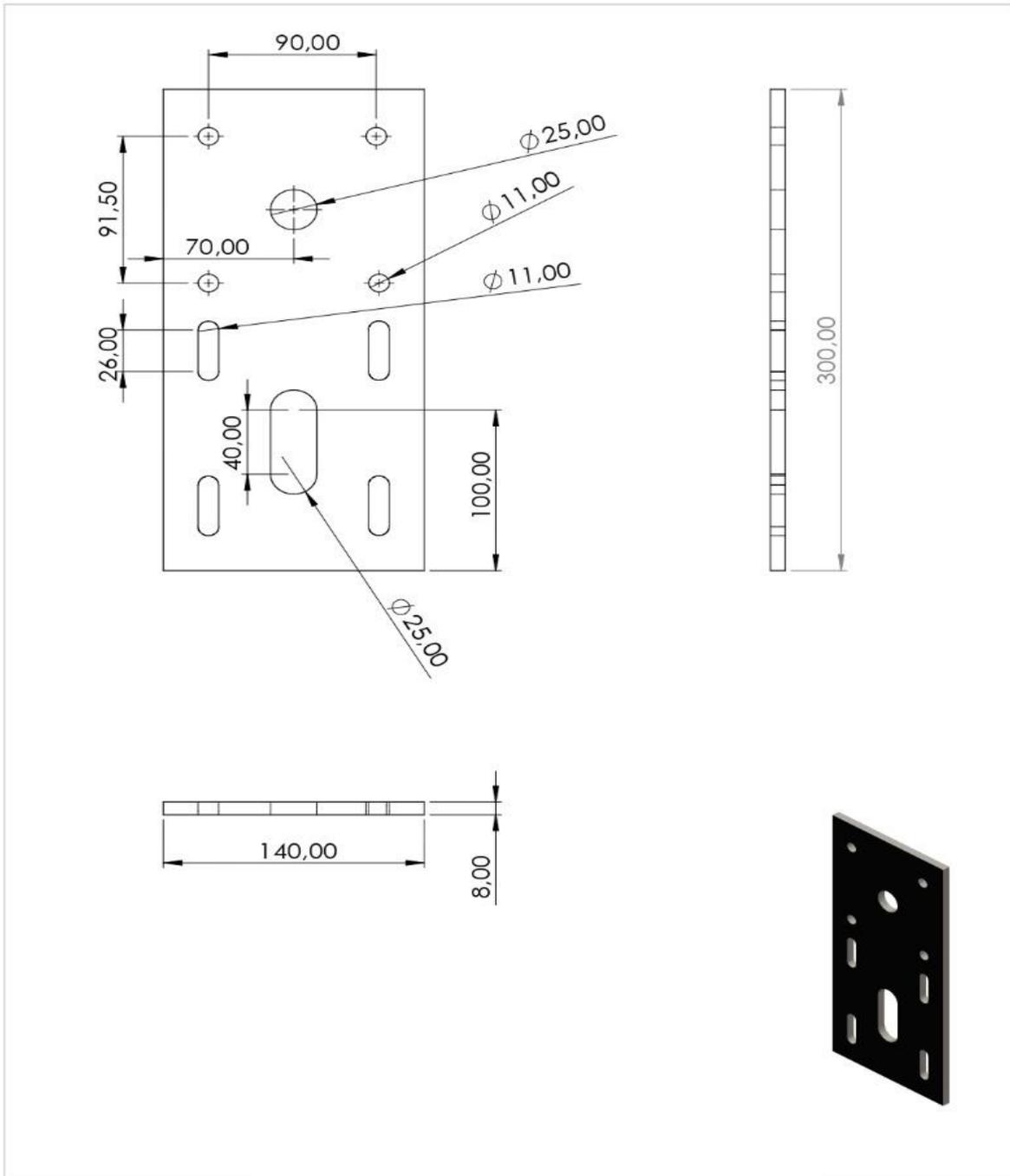
(accessed Jul. 28, 2022).

- [52] WEG, “Especificaciones técnicas del motor,” 2022. <https://www.weg.net/catalog/weg/US/es/Motores-Eléctricos/Motor-de-Inducción---NEMA/Usos-Generales-/TEFC-Hierro-Gris/W22/W22-/W22-NEMA-Premium-Efficiency-3-HP-4P-182-4TC-3F-230-460-380-V-60-50-Hz-IC411---TEFC---Con-pies/p/12445724> (accessed Jul. 28, 2022).
- [53] Ingeniería Mecafenix, “Que es un fusible y para que sirve?,” 2018. <https://www.ingmecafenix.com/electronica/el-fusible/> (accessed Jul. 28, 2022).
- [54] Grupo Mejia, “contactores,” 2021. <http://www.grupoecmejia.com/fusibles-camsco> (accessed Jul. 28, 2022).
- [55] Gonzaga & Rodriguez Cia. Ltda., “Fusible Cilíndrico CAMSCO,” 2021. <https://electricoindustrial.com.ec/producto/fusible-cilindrico-camsco-10x38-mm/> (accessed Jul. 28, 2022).
- [56] José Luis R., “INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO | Que es y como funciona,” 2021. <https://como-funciona.co/un-interruptor-termomagnetico/> (accessed Jul. 28, 2022).
- [57] Electrónica Unicrom, “Contactor - ¿Qué es? Funcionamiento - contacto auxiliar,” 2021. <https://unicrom.com/contactador/> (accessed Jul. 28, 2022).
- [58] TecnicoTeleco, “¿ Qué Es Un Contactor Y Para Que Sirve?,” 2021. <https://tecnicoteleco.com/que-es-un-contactador-y-para-que-sirve/> (accessed Jul. 28, 2022).
- [59] TRANSELEC, “¿Qué es un relé térmico?,” 2021. <https://www.transec.com.ar/soporte/18413/-que-es-un-rele-termico/> (accessed Jul. 28, 2022).
- [60] TBCin – SASSIN, “Materiales Eléctricos,” 2021. <http://tbcin.com.uy/home/?cat=46&paged=3> (accessed Jul. 28, 2022).
- [61] INSELEC, “RELÉ TÉRMICO,” 2021. <https://inselec.com.ec/store/inicio/2085-rele-termico-28-25-ref-b-2032-.html> (accessed Jul. 28, 2022).

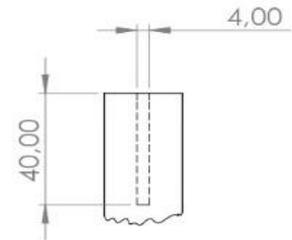
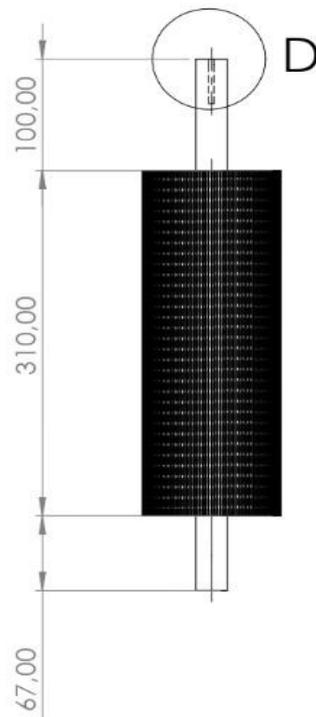
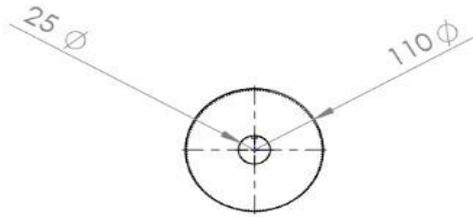
- [62] HHGM, “Qué es un cable eléctrico,” 2021. <https://hhgm.mx/comunidad/enterate/que-es-un-cable-electrico> (accessed Jul. 28, 2022).
- [63] Á. Tecnología, “Cables Electricos y Tipos Cables Conductores,” 2021. <https://www.areatecnologia.com/electricidad/cables-conductores.html> (accessed Aug. 04, 2022).
- [64] Mas Voltaje, “Tipos de Cables Eléctricos: Uso, Medidas, Colores y Aislamientos,” 2021. <https://masvoltaje.com/blog/tipos-de-cables-electricos-que-existen-n12> (accessed Jul. 28, 2022).
- [65] Electrónica Práctica Aplicada, “Pulsadores,” 2021. <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/pulsadores-sin-rebotes> (accessed Jul. 28, 2022).
- [66] Grupo Mejia, “MATERIAL ELÉCTRICO QUITO,” 2021. <http://www.grupoecmejia.com/productos> (accessed Jul. 28, 2022).
- [67] Electrónica Unicrom, “Luz piloto de baja potencia - Luz piloto de bajo consumo - ,” 2021. <https://unicrom.com/luz-piloto-de-baja-potencia/> (accessed Jul. 28, 2022).
- [68] Extintores Bellido, “¿Qué es el botón pulsador de parada de emergencia? -,” 2021. <http://blogbellidoextintores.es/boton-pulsador-parada-emergencia/> (accessed Jul. 28, 2022).
- [69] Prof. Pablo Ringegni, “Mecanismos y Elementos de Máquinas Cálculo de uniones soldadas,” vol. Sexta edic, 2013.
- [70] Máquinas y Herramientas, “Soldadura SMAW (qué es y procedimiento),” 2021. <https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/soldadura-smaw-que-es-y-procedimiento> (accessed Jul. 28, 2022).
- [71] VLD ENGINEERING, “Soldadura MIG, MAG O TIG |,” 2021. <https://www.vld-eng.com/blog/soldadura-mig-mag-tig/> (accessed Jul. 28, 2022).
- [72] A. Gutierrez, S. Hernández, and P. Viggiani, “DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN Y DE LA FUERZA DE

- APLASTAMIENTO DE LOS RODILLOS DE UN LAMINADOR DE MAIZ PARA LA FABRICACIÓN DE HARINA PRECOCIDA,” Accessed: Jul. 28, 2022. [Online]. Available: <http://www.ing.ucv.ve>.
- [73] La ingeniería en el desarrollo, “Características físicas de los productos,” 2021. <https://www.fao.org/3/x5041s/x5041S09.htm> (accessed Aug. 03, 2022).
- [74] Ingeniería de los materiales, “ACERO 1045,” 2015. <http://ingenieriadelosmaterialess.blogspot.com/2015/11/acero-1045-ficha-tecnica.html> (accessed Aug. 03, 2022).
- [75] Sesha Srinivasan, “Power vs. Minimum Nominal Efficiency 17,” 2021. https://www.researchgate.net/figure/Power-vs-Minimum-Nominal-Efficiency-17_tbl3_260639955 (accessed Aug. 03, 2022).
- [76] Roymech, “Roller Chain,” *Roymech*, vol. 5, no. 5, p. 15, 2020, [Online]. Available: https://roymech.org/Useful_Tables/Drive/Roller_chain.html.
- [77] JORESA, “Cálculo de una transmisión por cadena,” vol. 89, no. 8, pp. 1–8, 2015.
- [78] K. J. BUDYNAS, RICHARD G. NISBETT, “Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley,” *Igarss 2014*, no. 1, pp. 1–5, 2014.
- [79] MECANOTECNIA, “DISEÑO MECÁNICO DE TOLVAS INDUSTRIALES (TERCERA PARTE),” 2017. <http://mecanotecnia.blogspot.com/2017/04/disenomecanico-de-tolvas-industriales.html> (accessed Aug. 03, 2022).

XV. ANEXOS



Tratamiento térmico:	Ninguno	Material: ASTM A 36 ACERO	Dim. brutas: 150 X 350 X 8
Recubrimiento:	Ninguno		
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Ricardo Campo
		Dibujó:	Cristian Ipiates
		Revisó:	Ing. Patricio Quiñaquez MSc.
Placa lateral	Escala: 1:3	Código:	02.0000.00
			Tol. Gral.:

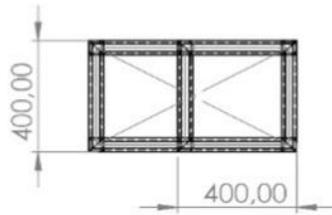
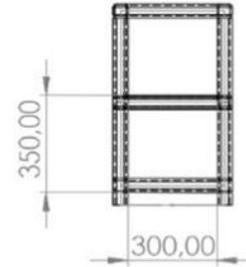
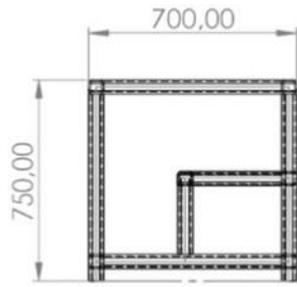


DETALLE D

ESCALA 1 : 2

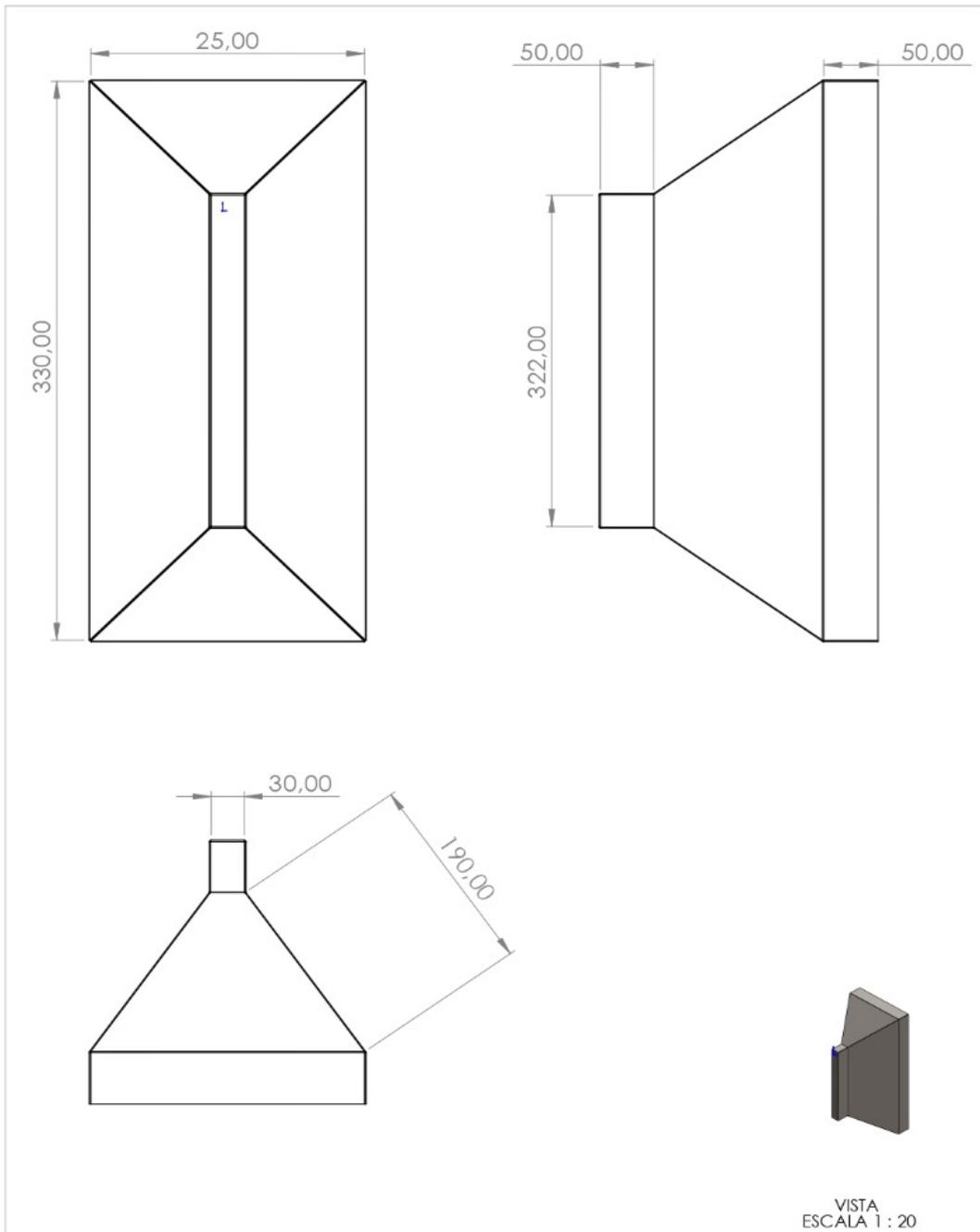


Tratamiento térmico:	Ninguno	Material: AISI 1045	Dim. brutas: ø 120 mm x 500mm
Recubrimiento:	Ninguno		
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseñó: Ricardo Campo	2022-07-25
		Dibujó: Cristian Ipiales	2022-07-22
		Revisó: Ing. Patricio Quiñaquez MSc.	2022-01-14
Rodillo final	Escala: 1:10	Código: 02.0000.00	Tol. Gral.:



Escala 1:50

Tratamiento térmico:	Ninguno	Material: ASTM A36 ACERO	Dim. brutas: 2 m
Recubrimiento:	Ninguno		
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseñó:	Cristian IpiALES 2022-20-13
		Dibujó:	Ricardo Campo 2022-20-13
		Revisó:	Ing. Patricio Quiñaquez MSc. 2022-20-14
Estructura Trituradora	Escala: 1:20	Código:	02.0000.00 Tol. Gral.:



VISTA
ESCALA 1 : 20

Tratamiento térmico:	Ninguno	Material: NTE INEN 115	Dim. brutas: 4x8 pies 1mm de espesor
Recubrimiento:	Ninguno		
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseñó: Ricardo Campo	2022-07-13
		Dibujó: Cristian IpiALES	2022-07-13
		Revisó: Ing. Patricio Quitiaquez /MSc.	2022-07-14
Tolva	Escala: 1:5	Código: 02.0000.00	Tol. Gral.: