



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS-CIYA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA LA
PRODUCCIÓN DE HARINA DE TRIGO**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del título de Ingeniero
Electromecánico

AUTORES:

Freire Loor Alberto Francisco

Lalbay Fuentes Marco Antonio

TUTOR:

PhD. Yoandrys Morales Tamayo

**LA MANÁ-ECUADOR
MARZO-2022**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo: FREIRE LOOR ALBERTO FRANCISCO Y MARCO ANTONIO LALBAY FUENTES, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA EL PROCESO DE HARINA DE TRIGO”, siendo el PhD. Yoandrys Morales Tamayo, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Freire Loor Alberto Francisco

C.I: 1250176284



Lalbay Fuentes Marco Antonio

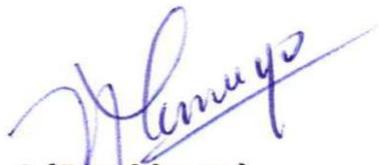
C.I: 0550158067

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutora del trabajo de investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA EL PROCESO DE HARINA DE TRIGO” de TAMAYO MORALES YOANDRYS de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aporte científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del tribunal de validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, Marzo del 2022



MORALES TAMAYO YOANDRYS

1756958797

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA por cuanto el postulante FREIRE LOOR ALBERTO FRANCISCO Y LALBAY FUENTES MARCO ANTONIO con el título de proyecto de investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA EL PROCESO DE HARINA DE TRIGO”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

La Maná, Marzo del 2022

Para constancia firman:



Paco Jovanni Vásquez Carrera
MSc
CI: 0501758767



Firmado electrónicamente por:
**ALEX DARWIN
PAREDES
ANCHATIPAN**

M. Sc. Paco Jovanni Vásquez Carrera

CI: 0501758767

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

M. Sc. Alex Darwin Paredes Anchatipán

CI: 0503614935

LECTOR 2



M. Sc. Danilo Fabricio Trujillo Ronquillo

1803547320

LECTOR 3 (SECRETARIO)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haber permitido culminar mis estudios en la carrera de Ingeniería Electromecánica.

A mis padres y familiares por estar siempre presentes motivándome y dando apoyo para que siga adelante durante toda mi formación profesional.

A las personas que siempre han estado a mi alrededor, como lo son los docentes, autoridades, amigos que nos han aconsejado día a día sobre el porvenir de la profesión, las dificultades que a diario se presentan y lo más importante por inculcarnos los valores éticos que debemos llevar siempre de la mano y ejercerlos en la vida profesional.

Al director de Tesis PhD. Yoandys Morales Tamayo, por su guía, tiempo, paciencia y ayuda brindada durante el desarrollo y culminación de este proyecto de investigación.

ALBERTO FREIRE

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios por tener tan buena experiencia dentro de mi universidad, gracias de mi universidad por permitirme convertirme en un Profesional en lo que tanto me apasiona agradezco a cada maestro que hizo parte de este proceso de formación, que deja como producto terminado este grupo de graduados, y como recuerdo y prueba viviente en la historia; esta tesis que perdurará dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones que están por llegar.

Finalmente agradezco a quien le está apartado y más de mi tesis, por permitirme a mis experiencias, investigaciones y conocimientos, incurrir dentro de su repertorio de información gracias.

MARCO LALBAY

DEDICATORIA

Estoy complacido de todo corazón dedico este trabajo a mis padres y esposa, quienes han sido un pilar importante en mi vida guiándome en mis estudios diarios y apoyándome incondicionalmente las metas que me propongo, estas son las metas que poner como ejemplo. Conseguido con dedicación y trabajo duro. Agradezco a mis maestros que me enseñan todos los días y a mi familia por inspirarme a seguir adelante y nunca rendirme, para completar la siguiente etapa de mi vida.

ALBERTO FREIRE

DEDICATORIA

Dentro de mi recorrido por la vida me pude dar cuenta de que hay muchas cosas para lo que soy bueno, encontré destrezas y habilidades que jamás pensé, se desarrollan en mí; pero en lo realmente importante es que pude descubrir por más que disfruté trabajar solo, siempre obtendré un mejor resultado si lo realizo con ayuda y compañía perfecta. Que dentro del desarrollo de esta tesis se presentaron muchos momentos en los cuales parecían que los deberes y compromisos fueran acabar por completo con mi vida y mi existencia, pero también entendí en ese justo momento de dificultad, la ayuda idónea llega cuando tú la solicitas, en este momento entendí que la ayuda idónea siempre llega justo a tiempo.

Por eso mismo quiero dedicar esta tesis a mi pareja, esa persona que estuvo apoyándome en cada decisión tomada, esa persona que tuvo paciencia y entrega para conmigo, a esa persona le dedico y le agradezco, porque gracias a ti hoy puedo con alegría presentar y disfrutar esta tesis.

MARCO LALBAY

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS – CIYA

IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA EL PROCESO DE HARINA DE TRIGO

Autor:

FREIRE LOOR ALBERTO FRANCISCO

LALBAY FUENTES MARCO ANTONIO

RESUMEN

El estudio tiene como finalidad la implementación de un molino de martillos para el procesamiento de harina, la finalidad es diseñar esta máquina para pequeños y medianos productores especializados en actividades agrícolas, brindándoles la facilidad con la que se va a poder manipular el proceso para la trituration ya que no presentara un nivel de dificultad para al manipularla, eliminando la tradicional harina artesanal, de alto precio de elaboración y producción de alimentos. Se realizó una investigación para saber con qué frecuencia se utilizaba el diseño de molino de trigo en la producción de harina de consumo, los diagnósticos y pronósticos se realizaron en la descripción del problema detallando lo que se necesitaba lograr en el proyecto. Se llevó a cabo en el cantón La Maná de la provincia de Cotopaxi donde los resultados y que se obtuvieron dentro de un estudio en el que se encontraron todos los parámetros utilizados para construir la máquina, características de desempeño, factor de seguridad, materiales y la velocidad de la máquina eje, dirección y limite

Se determinó, que las conclusiones fueron alcanzadas en el proceso de investigación.

Palabras claves: máquina, diseño, velocidad, trasmisión.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS – CIYA

IMPLEMENTATION OF A HAMMER MILL FOR THE WHEAT FLOUR PROCESS

Author:

FREIRE LOOR ALBERTO FRANCISCO

LALBAY FUENTES MARCO ANTONIO

ABSTRACT

The purpose of the study is the implementation of a hammer mill for flour processing, the purpose is to design this machine for small and medium producers specializing in agricultural activities, providing them with the ease with which they will be able to manipulate the process for grinding since it will not present a level of difficulty to manipulate, eliminating the traditional artisanal flour, high price of food processing and production. The research was carried out to find out how often the wheat mill design was used in the production of flour for consumption, diagnoses and prognoses were made in the description of the problem detailing what needed to be achieved in the project. It was carried out in La Maná canton in the province of Cotopaxi where the results were obtained within a study in which were found all the parameters used to build the machine, performance characteristics, safety factor, materials, and machine speed axis, direction, and limit. It was determined, that the conclusions were reached in the research process.

Keywords: Machine, design, speed, transmission.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA EL PROCESO DE HARINA DE TRIGO”** presentado por: Freire **Loor Alberto Francisco y Lalbay Fuentes Marco Antonio** egresados de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la, **Facultad de ciencias de la ingeniería y aplicadas** lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

La Maná, Marzo del 2022

Atentamente,



Mg. Ramón Amores Sebastián Fernando

DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS

C.I:050301668-5

IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA LA PRODUCCIÓN DE HARINA DE TRIGO

DECLARACIÓN AUTORIA.....	
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	
AGRADECIMIENTO.....	
RESUMEN.....	
ABSTRACT.....	
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	
INDICE GENERAL.....	
INDICE DE TABLAS.....	
INDICE DE FIGURAS.....	
INDICE DE IMÁGENES.....	
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	11
2. INTRODUCCIÓN.....	13
3. RESUMEN DEL PROYECTO.....	14
4. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	15
5. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	16
6. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	17
Planteamiento del problema.....	17
Formulación del problema.....	17
Delimitación del problema.....	17
7. OBJETIVOS.....	18
Objetivo General.....	18
Objetivos específicos.....	18
8. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS.....	19
9. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	20

9.1.1 El Trigo.....	20
9.1.2 Molienda.....	21
9.1.3 Tipos De Molienda.....	21
9.1.4 Tipos y principio de funcionamiento de los molinos.....	22
9.1.4.1 Molinos de discos metálicos.....	22
9.1.4.2 Molino de rodillos.....	22
9.1.4.3 Trituradora de mandíbulas.....	23
9.1.4.4 Molino de bolas.....	24
9.1.4.5 Molino de martillo.....	24
9.1.4.6 CÁMARA DE TRITURACIÓN O DESINTEGRACIÓN.....	24
9.1.5 Tipos de martillos.....	25
9.1.5.1 Tipos de martillos con revestimiento.....	26
9.1.5.2 Fusión de martillo.....	26
9.1.5.3 Estándar de martillos.....	26
9.1.5.6 Resistencia de los martillos.....	27
9.1.5.7 Martillo escalonado de buje.....	27
9.1.5.8 Bañera de molino de martillos.....	28
9.1.5.9 Martillo especialidad.....	28
9.1.6 Cribas o tamiz.....	28
9.1.7.1 Ventajas y desventajas de los molinos.....	30
9.1.8 Tolvas.....	31
9.2.1 Principio de funcionamiento.....	31
9.2.2 Diseño general.....	33
9.2.4 Sistema de transmisión de potencia.....	34
9.2.5 Sistema De Transmisión Por Poleas Con Correa.....	34
9.2.6 Sistema de transmisión por engranajes.....	35
9.2.7 Sistema directo.....	36

9.2.9 Software de Ingeniería de Diseño.....	36
10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	40
Lugar.....	40
Ubicación geográfica.....	40
10.1 Tipo de investigación.....	40
10.1.1 Métodos de investigación.....	40
10.1.2 Fuentes de investigación.	41
10.1.3 Diseño de la investigación.....	41
10.1.4 Instrumentos de investigación.	41
10.1.5 Hipótesis del proyecto	41
10.1.7 Hipótesis específicas:	41
10.1.6 PREGUNTA CIENTÍFICA.....	41
10.2 Metodología Experimental	41
10.2.1 Parámetros de diseño	43
10.2.2 Leyes de desintegración mecánica	43
10.2.3 Capacidad de Molienda	44
10.2.4 Diseño de martillo triturador de trigo	45
10.2.5 Ley de Energía Potencial.....	45
10.2.5.1 Energía Potencial.....	45
10.2.6 Cálculo de las Velocidades Tangenciales del Martillo.....	45
10.2.7 Ley energía cinética.....	46
10.2.8 Velocidad Tangencial del extremo del Martillo	46
10.2.9 Coeficiente de Fluctuación	46
10.2.10 Velocidad Tangencial Media.....	47
10.2.11 Velocidad Tangencial Final.....	47
10.2.12 Velocidad Angular Final	47
10.2.13 Radio de giro de los martillos.....	47

10.2.13.1 Velocidad Angular.....	48
10.2.13.2 Radio de Giro.....	48
10.2.14 Movimiento Angular Desacelerado.....	49
10.2.15 Aceleración Angular.....	49
10.2.16 Momento de la Fuerza de Corte	50
10.2.17 Momento de Inercia del Martillo.....	50
10.2.18 Fuerza de Corte.....	50
10.2.19 Masa de los Martillos	50
10.2.20 Peso del Martillo.....	53
10.2.21 Falla por Cizalladura	53
10.2.21.1 Esfuerzo Cortante	54
10.2.21.2 Fuerza Centrífuga	54
10.2.21.3 Factor de Seguridad.....	54
10.2.21.4 Falla por Tracción.....	54
10.2.21.5 Esfuerzo Normal.....	55
10.2.21.6 Factor de Seguridad para Esfuerzo Normal.....	55
10.3 Parámetros de diseño. Características de operación del molino.....	55
10.3.1 Factor de seguridad.....	55
10.3.2 Velocidad de rotación del molino.....	56
10.3.3 Geometría del martillo de percusión	56
10.3.4 Materiales del molino	56
10.3.5 Motor	56
10.3.6 Limitaciones	56
10.3.7 Sistema de transmisión	57
10.3.8 Diseño de la herramienta de percusión – martillos.....	57
10.3.9 Diseño de los martillos.....	58
10.3.10 Fuerza de ruptura de cada grano.....	59

10.3.11 Cálculo de velocidades tangencial del martillo.	59
10.3.12 Velocidad tangencial	60
10.3.13 Velocidad angular con carga	60
10.3.14 Movimiento angular desacelerado.....	61
10.3.15 Cálculo de los componentes de los martillos.....	61
10.3.15.1 Momento de la Fuerza de Corte	62
10.3.15.2 Momento de Inercia del Martillo.....	62
10.3.15.3 Fuerza de Corte.....	62
10.3.15.4 Masa de los Martillos	62
10.3.15.5 Área de Desgarre	62
10.3.15.6 Esfuerzo de corte	62
10.3.15.7 Factor de seguridad.....	63
10.3.15.8 Falla por tracción.	63
10.4 Diseño del disco.....	64
10.4.1 Calculo de espesor del Disco.....	64
10.5 Diseño del eje secundario.	65
10.6 Características de los separadores de los Discos.	69
10.7. Capacidad del motor.....	69
10.8 Diseño del eje principal del Molino	70
10.8.1 Peso total de los componentes incidentes sobre el eje.....	70
10.8.2 Análisis de cargas sobre el eje principal.....	71
10.9 Requerimientos del tamiz	72
10.10 Diseño de cilindros	72
10.11 Selección de cuña.....	73
10.12 Selección transmisión por polea.....	74
IMPLEMENTACIÓN	74
10.13. Selección del sistema eléctrico y de control.....	74

Sistema eléctrico.....	74
Sistema de control	80
11. ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	88
12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	89
12.1 Costos de materia prima	89
12.2 Costos extras.....	89
12.3 Costos de sistema eléctrico.....	90
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
14. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	92
Bibliografía.....	92
15. ANEXOS	95

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número estudiantes en la carrera ingeniería agroindustrial.	16
Tabla 2. Número de personas dedicadas a la agricultura	16
Tabla 3 Actividades y sistemas de tareas en relación con los objetivos.....	19
Tabla 4. Composición química de los cereales.....	21
Tabla 5. Diámetros de cribas o tamiz.	29
Tabla 6. Diagnóstico de anormalidades y soluciones.....	29
Tabla 7. Ventajas y desventajas de un molino de martillos.....	31
Tabla 8. Ventajas y desventajas de transmisión de engranajes.	35
Tabla 9. Velocidad tangencial	44
Tabla 10. Datos obtenidos de los resultados.....	55
Tabla 11. Peso total sobre el eje	70
Tabla 12: Tipos de curva de disparo.....	75
Tabla 13. Tiempos de pruebas	88
Tabla 14. Resultados de eficiencia de molienda.....	88
Tabla 15: Elementos Mecánicos.....	89
Tabla 16. Costo de maquinado	89
Tabla 17. Costos de elemento eléctrico	90
Tabla 18. Gastos totales de proyecto	90

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Molino de discos	22
Figura 2: Molino de rodillos estriados.....	23
Figura 3: Molino de mandíbulas.....	23
Figura 4. Molino de bolas.....	24
Figura 6: Tipos de martillos.....	25
Figura 7: Martillos con revestimiento.	26
Figura 8: Martillos de martillos	26
Figura 9: Estándar de martillo	27
Figura 10: Resistencia de martillo	27
Figura 11: Escalonado de buje martillo.....	27
Figura 12: Bañera de martillo de martillos.....	28
Figura 13: Martillo especialidad.....	28
Figura 14: Tipos de cribas.	29
Figura 15. Molino de martillo.....	32
Figura 16. Molino de martillo.....	33
Figura 17. Transmisión por poleas con correa.	35
Figura 18: Acople directo de ejes.	36
Figura 19: Plataforma de trabajo	37
Figura 20: Plataforma de trabajo	37
Figura 21: Plataforma de trabajo	38
Figura 22: Diseño del molino	39
Figura 23: Cantón la Maná	40
Figura 24: Modelo descriptivo del proceso de diseño.....	42
Figura 25: Radio de Giro del Martillo	47
Figura 26: Esfuerzos de Contacto, Martillo-Grano, Grano-Pared.....	48

Figura 27: Aplicación de la Fuerza de Corte	49
Figura 28: Centro de Gravedad, Largo del Martillo y Fuerza de Corte	50
Figura 29: Relación Geométrica entre el Martillo y el Disco.....	51
Figura 30: Posición de los Martillos en Reposo	51
Figura 31: Desgaste y cambio de lado del Martillo.....	52
Figura 32: Posición de los agujeros en el Martillo	52
Figura 33. Longitud del Martillo	53
Figura 34. Por Desgarramiento.....	54
Figura 35: Posición de la herramienta de percusión.	58
Figura 36: Diseño del martillo.....	58
Figura 37: Diseño de discos.....	65
Figura 38: Diseño de perno porta martillos	65
Figura 39: Análisis de cargas.....	66
Figura 40. Diagrama de fuerzas de corte (N) sobre el perno porta- martillo	67
Figura 41. Diagrama de momento flector (Nmm) sobre el perno porta-martillo	67
Figura 42: Eje principal del molino	70
Figura 43: Diagrama de fuerzas cortantes	71
Figura 44: Diagrama del momento flector	71
Figura 45:Diseño del primer cilindro	73
Figura 46: Diseño del segundo cilindro.....	73
Figura 47. Aspecto físico.....	76
Fuente: (Enrique, 2010).....	76
Figura 48. Aspecto físico.....	77
Fuente: (Enrique, 2010).....	77
Figura 49. Tabla de selección para contactores	77
Figura 50: Aspecto físico.....	78
Figura 51: Tabla de selección del relé térmico.....	78

Figura 52: Aspecto físico.....	79
Figura 53: Diagrama de fuerza del sistema eléctrico	79
Figura 54: Diagrama de funcionamiento del sistema eléctrico	80
Figura 55: Sensor NPN.....	84
Figura 56: Esquema del transistor NPN	84
Figura 57: Ventana principal de la pantalla.....	86
Figura 58: Ventana de la opción sobre la información del proyecto con el título y el nombre de integrantes y tutor.	87
Figura 59: Ventana con las opciones de tamizaje que deseamos obtener	87

ÍNDICE IMÁGENES

Anexo 1. Ficha de maquina	95
Anexo 2. Fabricación.....	96
Anexo 3. Automatización	97
Anexo 4: Datos personales	98

1. INFORMACIÓN GENERAL.

Título del Proyecto:

“IMPLEMENTACIÓN UN MOLINO DE MARTILLOS PARA EL PROCESO DE HARINA DE TRIGO”

Fecha de inicio:	octubre del 2021
Fecha de finalización:	febrero del 2022
Lugar de ejecución:	Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná
Unidad académica que auspicia:	Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas CIYA
Carrera que auspicia:	Ingeniería Electromecánica
Equipo de trabajo:	
Tutor del Proyecto:	PhD. Yoandrys Morales Tamayo
Postulante:	Freire Loor Alberto Francisco Lalbay Fuentes Marco Antonio
Área de conocimiento:	Ingeniería, Industria y Construcción
Línea de investigación:	Procesos Industriales
Sub líneas de investigación de la carrera:	Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos
Núcleo Disciplinar:	Desarrollo de tecnología y procesos de fabricación

2. INTRODUCCIÓN

El molino de martillos es un equipo utilizado en procesos de molienda y trituración. Su uso abarca diferentes industrias para el procesamiento de diversos materiales con necesidades de un tipo de tamaño de partículas óptimo para realizar las operaciones que lo preceden de manera correcta, garantizando la eficiencia en el proceso. Básicamente el funcionamiento del molino de martillos es desintegrar y pulverizar la materia prima mediante impactos y fuerzas de rozamiento entre las partículas del mismo material. (GUTIERREZ, 2015)

En La Universidad Técnica De Cotopaxi Extensión La Maná En La Facultad De Ciencias Agropecuarias Y Recursos Naturales existe una nueva oferta académica con la especialidad de ingeniería en agroindustrial, con este proyecto los estudiantes podrían hacer prácticas para el proceso de producción de harina de trigo ya que es fundamental en la aplicación de la parte teórica impartida en las aulas con respecto a las operaciones unitarias más utilizadas en la industria.

Este proyecto diseña e implementa un método económico y eficiente para la producción de harina logrado mediante la implementación de un molino de martillos. Esta máquina requiere un proceso detallado de investigación sobre el diseño, construcción y su uso de acuerdo con el objetivo con el que está diseñada. Todo este proceso es beneficioso para los estudiantes de la universidad y los artesanos del cantón ya que mejorarán los métodos tradicionales a formas más avanzadas las cuales hacen que los procesos sean más rápidos para una mejor calidad del producto.

3. RESUMEN DEL PROYECTO

El presente proyecto consiste en el diseño y construcción de un molino de tipo martillos, su capacidad de molienda por medio de pruebas de producción se sugiere 50 Kg por hora, con la finalidad de pulverizar trigo. Para el diseño de los elementos mecánicos que forman parte del molino de martillos se determinaron las fuerzas a las que se encuentran sometidos. De acuerdo con el principio de funcionamiento de molinos de martillos, la principal fuerza presente en el sistema es la fuerza centrífuga.

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo principal implementar un molino de martillos para el proceso de harina de trigo.

Para diseñar los componentes ya mencionados se ha utilizado Autodesk Inventor ya que es un software de modelado paramétrico de sólidos en 3D y en planos de piezas lo que facilita el trabajo de diseño de la máquina de molino de martillos, esto se utilizará para la construcción de los componentes ya mencionados. El sistema de trituración es el alma del molino y está formado número de Martillos → 24, número de Discos porta Martillos, por cámara → 3, número de pernos porta Martillos, por cámara → 4 y 1 eje principal, este conjunto de elementos es accionado por un motor eléctrico.

Una vez que se han determinado las dimensiones del molino en el simulador se procedió a maquinar las partes del molino, las primeras piezas que a maquinar fueron martillos y los discos una vez compradas las planchas de 3 y 6 milímetros de espesor, lo siguiente que se realizó fue maquinar los pernos porta martillos y el eje del Molino de 14 mm y 11/2 in de diámetro con las dimensiones estipuladas en los planos, después de tener todo este procedimiento se realizó las arandelas de separación de los martillos, el separador de los discos y la tuerca de ajuste del eje para así poder ensamblar la máquina, una vez ya obtenido las piezas maquinadas se procede a realizar las paredes del molino, después de esto se agregará a la máquina una camisa que permitirá mayor efectividad al momento de moler el producto esta camisa llevará 3 tamices con diferente granulometría y un espacio al vacío para realizar la limpieza de los residuo de la semilla.

Se forman varios factores mecánicos que forman parte del molino de martillos, el diseño se tiene en cuenta la economía, la seguridad, la eficiencia de la máquina, sea cual sea el tipo de martillos fijos o movibles, son muy usados en el día a día, para obtener harinas variadas procedentes de maíz, trigo entre otros granos.

Palabra clave: Molino de Martillo.

4. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En vista de que una de las principales líneas y las sub línea en el diseño construcción, y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos de interés de la Facultad de Ingeniería Electromecánica está enfocada en ayudar a la nueva carrera de Ingeniería Agroindustrial, y con el objetivo de contribuir con la responsabilidad académica y social de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, se ve la necesidad crear maquinaria que permita agregar valor tecnológico para beneficiar a los estudiantes. Es así, surge la necesidad de desarrollar y construir un molino de martillos para la pulverización y diferente granulometría. La ejecución de este proyecto se justifica ante todo desde el punto de vista de la ingeniería, ya que el diseño y construcción de una maquina requiere importantes criterios de diseño y parámetros necesarios para su óptimo funcionamiento.

El proyecto busca mediante pruebas contribuir con el desarrollo en el sector agroindustrial del cantón, transfiriendo conocimientos tecnológicos a las comunidades campesinas y a las asociaciones de productores, dando a su vez continuidad a los procesos que se vienen desarrollando en el futuro laboratorio de Procesos Agroindustriales. Por otra parte, se pretende que el molino no solo se adapte a las condiciones del laboratorio, sino que por sus características de modularidad al tratarse de un modelo de dos etapas y fácil operación pueda ser llevado y probado en el sector rural.

Para el manejo de esta máquina se desea realizar un aporte importante para la experimentación en este equipo, mejorando su nivel de operatividad, y aumentando su porcentaje de eficiencia. Con la automatización se pretende mejorar la interacción equipo-operador haciendo su uso más fácil y seguro para quien lo opere.

Finalmente, el proyecto permitirá seguir realizando pruebas con otros subproductos que hagan parte del estudio de la línea de investigación de la carrera Agroindustrial.

5. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Beneficiarios Directos

Los beneficiarios directos del proyecto son los estudiantes de la universidad realizando prácticas en la especialidad de ingeniería agroindustrial.

Tabla 1. Número estudiantes en la carrera ingeniería agroindustrial.

Hombres	Mujeres	Total
40	25	65

Fuente: Universidad Técnica De Cotopaxi- La Maná

Elaborado por: los autores del proyecto

Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios indirectos del proyecto son los pequeños agricultores del sector.

Tabla 2. Número de personas dedicadas a la agricultura

Hombres	Mujeres	Total
800	96	896

Fuente: Tomado de Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)

Elaborado por: Los autores del proyecto

6. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Planteamiento del problema

Para el proceso de fabricación de harina de trigo consta con varias partes de procesos que son: trituración, separación, purificación y comprensión, comúnmente las máquinas de molino de martillo solo se dedican a triturar y posteriormente se lo lleva a la tamizadora para obtener la granulometría necesaria para la venta de dicho producto, esta máquina disminuirá el proceso de producción para lograr una mejora se implementa un molino de martillos que muele, triture y destroce toda clase de productos por medio de una serie de martillos rotativos que impactan repetidamente el producto en su interior, reduciendo su tamaño hasta hacerlo pasar a través de un tamiz la misma que es intercambia fácilmente para variar el tamaño de las partículas.

Formulación del problema

¿Será factible diseñar un molino de martillos con proceso de tamizado para incrementar la producción de harina de trigo en zonas rurales de La Maná?

Delimitación del problema

- Espacio: Máquina estará ubicada en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión la Maná
- Tiempo: Este proyecto de tesis con la máquina finalizada terminará a las 16 semanas.
- Universo: Nuestro tema está orientado a los agricultores que en total son 896 del cantón La Maná

7. OBJETIVOS

Objetivo General

- Implementar una máquina de molino de martillos automatizada para la producción de harina de trigo.

Objetivos específicos

- Investigar sobre el principio de funcionamiento y las diferentes partes que conforman un molino de martillos.
- Diseñar todas las partes fundamentales de un molino de martillos y los elementos eléctricos de control y protección del sistema automático de la máquina.
- Construir y verificar el funcionamiento del molino de martillos.

8. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS

Tabla 3 Actividades y sistemas de tareas en relación con los objetivos

Objetivos	Actividades de los objetivos	Resultados operativos	Descripción (instrumentos técnicos)
Objetivo 1. Investigar sobre el principio de funcionamiento y las diferentes partes que conforman un molino de martillos.	Investigación bibliográfica adicional para la elaboración del proyecto.	Fundamentación científica sobre los temas a tratar para el desarrollo y automatización del molino de matillo	Revistas, libros, páginas web, blog de notas.
Objetivo 2. Diseñar todas las partes fundamentales de un molino de martillos y los elementos eléctricos de control y protección del sistema automático de la máquina.	Elegir el proceso de molienda adecuado para mejorar el rendimiento del polvo y el espacio interior. Y realizar el diseño del molino de martillo. Se elaborará el esquema de automatización que llevará el molino de martillos	Desarrollos del diseño de las piezas y el esquema del modelo de martillo que se llevara a elaborar. Elaboración del circuito de automatización del molino de matillos para su respectiva adaptación y prueba de fallas para corregirlas.	Auto desk inventor, Cade simu.
Objetivo 3. Construir y verificar el funcionamiento del molino de martillos.	Elección de materiales y herramientas a utilizar para el proceso de construcción	Verificación del funcionamiento correcto de la maquina y pruebas de granos	Herramientas y máquinas para la manufactura.

Fuente: Los autores del proyecto

9. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.

En el entorno local existen fábricas y molinos que utilizan sistemas mecánicos y eléctricos para producir esta materia prima (cebada, maíz, trigo, etc.). Estas materias primas se utilizan en la industria ganadera y otras industrias.

Actualmente, existen medianos fabricantes hacen máquinas sin estándares tecnológicos para el diseño y reparación, que pueden tener en cuenta futuros nuevos diseños, mejorar e innovar empresas especializadas en la producción de estos.

Verdezoto (2015): “Diseño de un molino artesanal para maíz con una capacidad de 250 kg/h para granjas avícolas, este trabajo investigativo tuvo el propósito del diseño de un molino artesanal para granos de maíz, con la finalidad de implementar esta máquina para el uso del pequeño y mediano productor, dedicado a la actividad avícola, dotándolos de un equipo técnico.”

Carrera & Vargas (2016): “Diseñar y construir una trituradora de morochillo completa para producir productos sustentables. La trituradora de eje horizontal está diseñada para ser capaz de triturar y triturar fuera del proceso de manera limpia y eficiente; reducir varias dificultades en este proceso, aumentar la eficiencia, la competencia y la eficiencia.”

Abanto (2020): “Molino de eje horizontal con capacidad de 15 tn/día diseñado para aumentar la producción de granos en la granja ganadera de Cayalti, molino diseñado para aumentar la eficiencia y el rendimiento de granos en la industria cárnica y láctea, cobre al tiempo que aumenta la eficiencia de molienda y logra los estándares de calidad del producto.”

Cuadrado & Rueda (2009): “Diseño y construcción de un molino de martillos, diseño e implementación un método barato y la vez más eficiente para la producción de harina, esto se hará mediante la implementación de un molino de martillos.”

9.1.1 El Trigo

El trigo es el nombre que se le da a aquella planta perteneciente a la familia de las semillas y que dispone de espigas terminales que están conformadas por tres o más galopadas de granos, a partir de los cuales, una vez triturados, dan como resultado a la harina. tal y como sucede con otros cereales, la palabra trigo, además de designar a la planta, aún designa a sus

embriones. Junto al maíz, cebada, el trigo es uno de los tres granos más producidos en el planeta entero e incluso el que más consumen los individuos humanos desde momentos muy remotos. (Cuadrado & Rueda, 2009)

Tabla 4. Composición química de los cereales

Producto	Humedad %	Proteínas %	Carbohidratos %	Grasa %	Fibra %	Materia mineral
Trigo	12.5	12.0	68.0	1.8	2.2	1.7
Maíz	13.0	9.9	69.2	4.4	2.2	1.3
Cebada	14.5	10.0	66.5	1.5	4.5	2.6

Fuente: (Cuadrado & Rueda, 2009)

Nota: Los porcentajes indicados han sido tomados en promedio. La harina de trigo contiene del 8 al 13% de proteínas, estas proteínas mezcladas con el agua son las responsables de formar el gluten, que a postre será el armazón, la base y la sustentación del pan.

9.1.2 Molienda

Generalmente, la molienda está precedida de una parte de trituración y, por consiguiente, la granulometría de los productos que acceden a la parte de molienda es casi uniforme. (Procesamiento de minerales. Molienda etapas y tipos, 2012)

9.1.3 Tipos De Molienda.

La fracturación se puede clasificar en función del circuito de molturación que se ha dispuesto, pudiendo ser éste de dos tipos:

- Molienda en circuito abierto. El material de molienda pasa una sola vez por el molino.
- Molienda en circuito cerrado. Se separa por medios mecánicos o neumáticos el material que rebosa el tamaño exigido de los finos, que retorna al molino para someterlo a una pulverización más avanzada y pasa por el molino dos o más veces.

Otra clasificación que puede recibir es según el estado del material en molienda, teniendo:

- Molienda vía seca. El material llega seco al molino
- Molienda-Secado. El material húmedo se seca durante la molienda a expensas del calor suministrado desde el exterior.
- Molienda por vía húmeda. El material se mezcla con la cantidad conveniente de agua para ser molturado como papilla de materias primas.

Basado en las condiciones de operación previamente establecidas, se puede afirmar que el molino que se construirá será del tipo circuito cerrado y por molienda vía seca. Para el desarrollo de este proyecto, se presentarán de manera general los molinos empleados con mayor frecuencia en el sector agroindustrial. (Uribe Perez & Lozano Ramirez , 2014)

9.1.4 Tipos y principio de funcionamiento de los molinos.

9.1.4.1 Molinos de discos metálicos

El espacio entre ambos discos abrasivos establece la finura del material molido. Mediante una rueda de ajuste se puede cambiar la postura del disco fijo, consecuentemente el ancho del espacio entre ambos discos se puede ajustar. varía entre 10 y 200 kg/h. (Carrera Cano & Vargas Bonifa, 2016)

Figura 1: Molino de discos



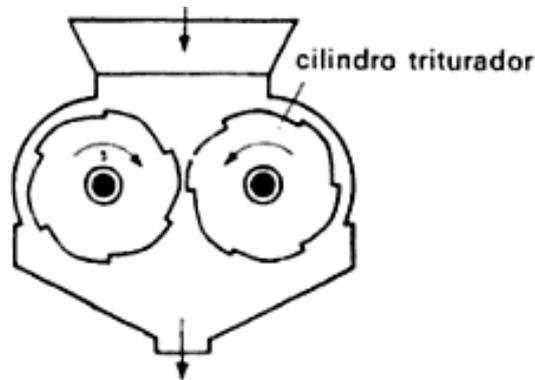
Fuente: (Carrera Cano & Vargas Bonifa, 2016)

9.1.4.2 Molino de rodillos

El rodillo motriz tiene un diámetro más grande y está montado sobre cojinetes fijos de antifricción. El rodillo más diminuto, movido por el anterior, principalmente está montado sobre cojinetes móviles y es presionado contra el rodillo motriz por una manivela operada manualmente, que hace tensión sobre un juego de fuertes resortes en espiral. (Carrera Cano & Vargas Bonifa, 2016)

Todo el proceso de molienda se basa en el paso continuo del grano por una serie de molinos. Este continuo se produce principalmente por tamices de diferentes diámetros hasta que el tamaño de partícula del polvo es de 0,05 mm..

Figura 2: Molino de rodillos

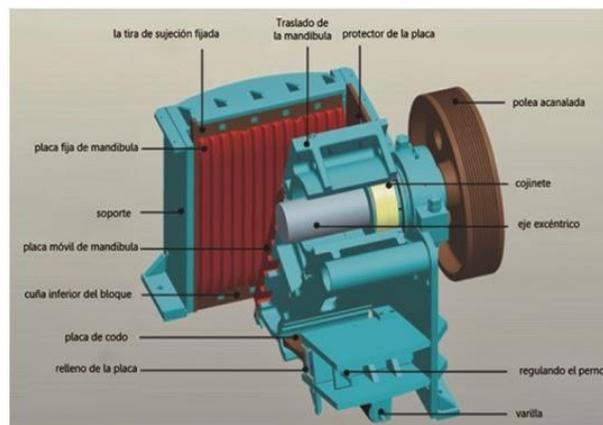


Fuente: (Carrera Cano & Vargas Bonifa, 2016)

9.1.4.3 Trituradora de mandíbulas

Las trituradoras se utilizan para triturar materiales duros como sales o minerales y romperlos en pedazos tan pequeños como un centímetro. Tiene mordazas de hierro fundido que están afiladas en ambos lados para revelar una nueva superficie de trabajo cuando se desgasta. Un volante pesado le permite funcionar sin problemas; La trituración se obtiene por el movimiento excéntrico de la mordaza móvil sobre la mordaza fija (Carrera Cano & Vargas Bonifa, 2016)

Figura 3: Molino de mandíbulas



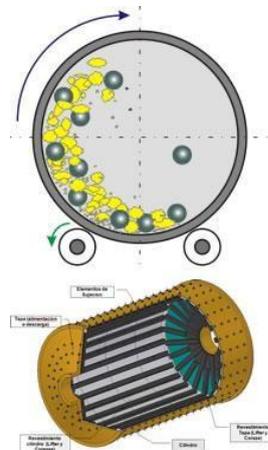
Fuente: (Carrera Cano & Vargas Bonifa, 2016)

9.1.4.4 Molino de bolas

Un molino de bolas es una máquina usada para minimizar la magnitud o moler ciertos materiales húmedos o secos. Asimismo, es posible que tengan tal fuerza que cada partícula reciba un procedimiento uniforme.

Asimismo, cumple con las especificaciones de molienda de colas y tiene el poder de conformar aleaciones mecánicas idóneas. A diferencia de los elementos de molinos de bolas de calidad alimentaria, las máquinas de laboratorio son más compactas, por lo cual la fuerza centrífuga es menor, empero tienen la posibilidad de obtener tamaños de partículas bastante finos en todos los procesos. (Carrera Cano & Vargas Bonifa, 2016)

Figura 4. Molino de bolas



Fuente: (Carrera Cano & Vargas Bonifa, 2016)

9.1.4.5 Molino de martillo.

Consisten en una cámara circular en la que un martillo está fijo o gira a alta velocidad para refinar el grano. Hay una malla en la parte inferior para verificar el tamaño de partícula del polvo. La malla con orificio de 1 mm se usa generalmente para alimentos en polvo para humanos. Estos mezcladores no son adecuados para la molienda en húmedo y pueden producir altas temperaturas, altos niveles de ruido y ciclos difíciles. (Cañavate, 2003)

9.1.4.6 CÁMARA DE TRITURACIÓN O DESINTEGRACIÓN

La cámara del molino muestra los componentes del sistema de trituración como se muestra en la Figura 5.

Después de arrancar el motor de la amoladora, espere un momento hasta que el motor alcance una velocidad constante antes de comenzar a trabajar. (Abanto Alarcon, 2020)

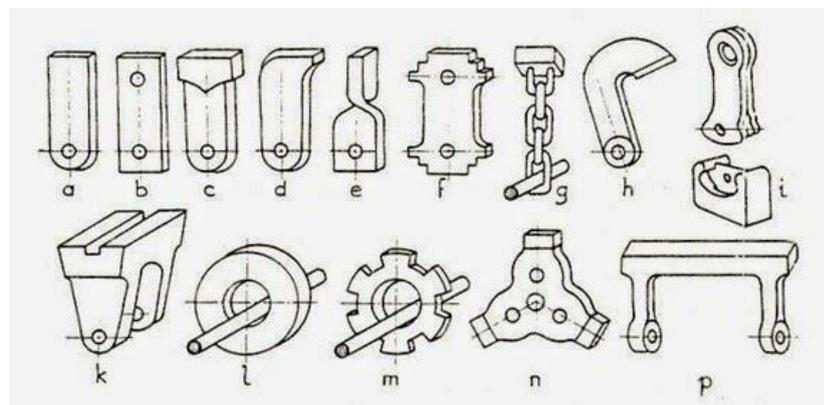
Figura 5: Cámara de trituración

Fuente: (Carrera Cano & Vargas Bonifa, 2016)

La cámara de trituración incluye recursos como placa de apoyo, eje intermedio, herramienta de impacto (martillo), husillo y criba que se detallarán en un apartado posterior.

- Eje principal: Eje giratorio acoplado a la cuchilla que soporta el sistema de trituración (martillo con eje auxiliar). Los ejes están roscados en ambos extremos y se unen al sistema de trituración mediante discos de separación.
- Eje secundario: llamado eje de martillo para abreviar, está equipado con un disyuntor.
- Disco: Mantiene la división del eje secundario.
- Martillo: También conocido como impactado o herramienta martillo, es representativo del proceso de trituración o trituración. Los martillos son móviles, se utiliza este sistema porque brinda la capacidad de transferir toda la fuerza acumulada al producto en moles, cada martillo se separa de tal manera que no interfieren entre sí, lo cual se logra mediante un separador.

9.1.5 Tipos de martillos

Figura 6: Tipos de martillos

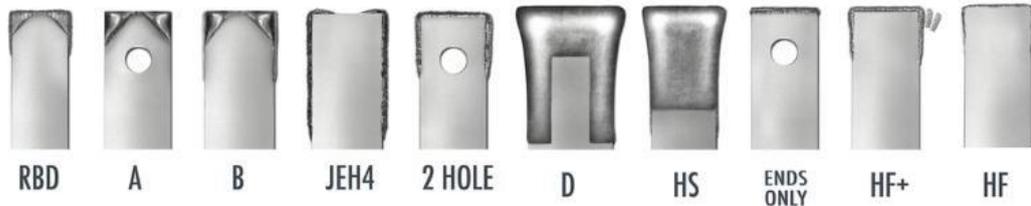
Fuente: (Company, s.f.)

- A. El tipo de martillo más utilizado y más fácil.
- B. Martillo reversible
- C. El martillo pesado tiene una punta agrandada.
- D. Martillo para materiales duros y fibrosos. y. martillo pulverizador.
- E. Martillo reversible
- F. El martillo consta de un bloque de metal y una cadena, que se utiliza para triturar fertilizantes.
- G. Martillo con hoja.

9.1.5.1 Tipos de martillos con revestimiento

Estilos de martillos. (Company, s.f.)

Figura 7: Martillos con revestimiento.



Fuente: (Company, s.f.)

9.1.5.2 Fusión de martillo

Simple de 2 vidas.

El área de corte más agudo da diversas ventajas de corte. Da un rendimiento universal perfeccionando en una diversidad de estilos. (Company, s.f.)

Excelentes características de recubrimiento duro para un uso prolongado (Company, s.f.)

Figura 8: Martillos de martillos



Fuente: (Company, s.f.)

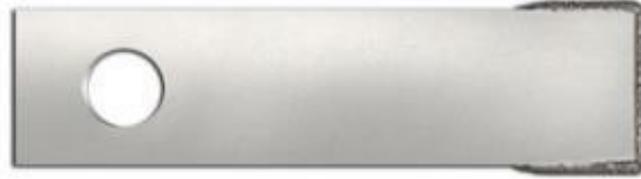
9.1.5.3 Estándar de martillos

Simple de 2 vidas

El martillo más económico en la industria.

Por medio de nuestro proceso de procedimiento térmico especializado y el acero de alta calidad, dichos martillos ofrecen un uso prolongado con menos gasto (Company, s.f.)

Figura 9: Estándar de martillo



Fuente: (Company, s.f.)

9.1.5.6 Resistencia de los martillos

Simple de 2 vidas

La mejor resistencia al desgaste del cuerpo de cualquier martillo en la industria y una soldabilidad de carburo de tungsteno superior. Se caracteriza por una alta dureza. La microestructura homogénea proporciona flexibilidad para eliminar grietas y destellos. Producido con precisión de última generación (Company, s.f.).

Figura 10: Resistencia de martillo



Fuente: (Company, s.f.)

9.1.5.7 Martillo escalonado de buje.

Simple de 2 vidas.

Disponible para complementar cualquier recubrimiento duro. Elimina la elongación del agujero ranurado y la varilla (Company, s.f.).

Figura 11: Escalonado de buje martillo.



Fuente: (Company, s.f.)

9.1.5.8 Bañera de molino de martillos

De 4 vidas.

Martillos y sus elementos otorgan una sobresaliente resistencia a la abrasión para más grande vida eficaz. Templado constante, empero que da la ductilidad y la tenacidad para tolerar condiciones de elevado efecto. Piezas mejores de calidad para distintas marcas y modelos de trituradoras de tolva de ingesta de alimentos industrial y maquinas horizontales (Company, s.f.).

Figura 12: Bañera de martillo de martillos.



Fuente: (Company, s.f.)

9.1.5.9 Martillo especialidad

De 4 vidas y Mejor molienda

Los modernos procesos de fabricación combinados con la aparición de nuevos materiales permiten a SMS (Southwest Mill Supply Company) crear cualquier estilo para cualquier necesidad (Company, s.f.).

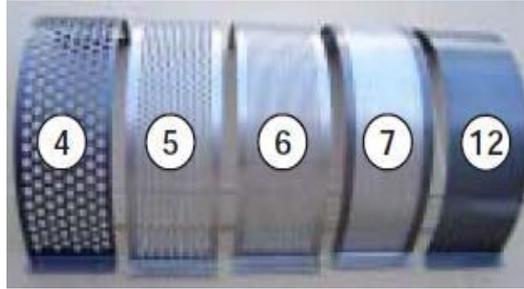
Figura 13: Martillo especialidad.



Fuente: (Company, s.f.)

9.1.6 Cribas o tamiz

El proceso de trituración con un tamaño de partícula más pequeño debe realizarse en el orificio del tamiz inferior, pasando por la caja de recolección y cayendo. En el interior del molino de martillos se ubica una criba o malla, cuya función es determinar el tamaño final del grano, todo depende del diámetro de perforación de la plancha. (Agrícolas, JF- Maquinas, s.f.)

Figura 14: Tipos de cribas.

Fuente: (Agrícolas, JF- Maquinas, s.f.)

Tabla 5. Diámetros de cribas o tamiz.

Criba	Diámetro de los agujeros	Aplicación
4	10mm	Maíz picado grueso y similares
5	5mm	Maíz y sorgo
6	3mm	
7	0,8mm	Harina de maíz, de trigo y centeno

Fuente: (Agrícolas, JF- Maquinas, s.f.)

Otra parte importante que conforma el molino de martillos, que puede ser eléctrico o de combustión, es el motor, el cual se encarga de proporcionar la potencia necesaria para hacer girar el sistema de molienda a una velocidad angular especificada

9.1.7 Diagnóstico de anomalías y soluciones

La siguiente tabla describe en detalle los diversos defectos y soluciones que presenta el molino de martillos, en cuanto a su funcionamiento y diseño. (Agrícolas, JF- Maquinas, s.f.)

Tabla 6. Diagnóstico de anomalías y soluciones

Anormalidad	Causa	Solución
No hay molienda	Criba tapada.	Limpie la criba.
	La criba o los martillos están dañados.	En el caso de la criba, reemplácelo, si durante la inspección se detecta en los martillos, reemplácelo o cambie la sección transversal cuando sea necesario.

Maquina con vibración excesiva.	Martillo roto.	Reemplace el martillo dañado.
	Alguna de las chumaceras del eje esta defectuosa.	Cambiar chumacera.
	Residuos de la semilla llena en el cilindro	Remueva el material ajeno al cilindro.
	La alineación de los martillos es incorrecta.	Alinear los martillos.
	La máquina no está sobre una base adecuada.	Coloque la maquina sobre una base nivelada y firme.
	El rotor no está balanceado.	Compruebe la cantidad, posición de montaje de las cuchillas y martillos.
Forraje no sale por la tolva.	Conductos tapados.	Retire y verifique la posición de bloqueo y sáquelo. La alimentación está atascada.
Demasiado tiempo de trituración.	Lado de corte del martillo desgastado.	Cambie el lado de corte del martillo.
	Lado de corte de la criba en malestado.	Cambie el lado de corte de la criba.
Correa patinando	Correa muy holgada.	Tense la correa de acuerdo a especificaciones técnicas.

Fuente: (Agrícolas, JF- Maquinas, s.f.)

9.1.7.1 Ventajas y desventajas de los molinos

La siguiente tabla muestra las ventajas y desventajas del diseño y operación del molino de martillos. (Abanto Alarcon, 2020)

Tabla 7. Ventajas y desventajas de un molino de martillos.

Ventajas	Desventajas
Produce un extenso rango en el tamaño de partículas	Puede generar calor, ruido y emisiones de polvo.
La caída del material a triturar es por gravedad.	Desgaste elevado en ciertas piezas.
Máquinas de concepción sencilla	Menor uniformidad en la partícula.
Bajo costo de adquisición de piezas.	Menor eficiencia en la utilización de energía.
Puede moler granos con porcentajes de humedad altos.	Mayor pérdida de humedad.

Fuente: (Abanto Alarcon, 2020)

9.1.8 Tolvas

Una tolva es un gran dispositivo similar a un embudo que se utiliza para almacenar y transportar materiales granulares o en polvo, entre otras cosas. A veces se adjunta a un marco que le permite moverse.

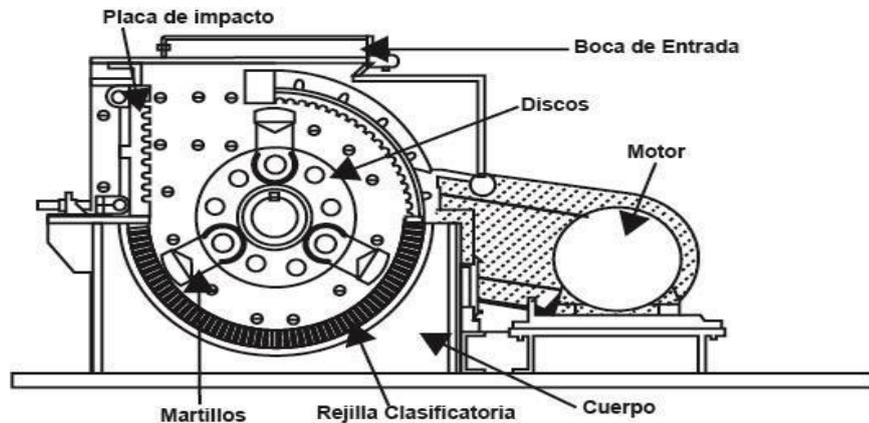
En general, tiene forma cónica y las paredes siempre están inclinadas como las paredes de un cono grande, por lo que la carga se produce en la parte superior y forma el cono, y la descarga se realiza a través de un puerto lateral. (Abanto Alarcon, 2020)

- Se utilizan en agricultura, construcción de vías férreas, instalaciones industriales y minas.
- Puede ser de hormigón o chapa de acero. Por lo general, se utilizan en buenos productos (comerciales).
- Las materias primas se alimentan por alimentador o por gravedad. La carga se puede realizar directamente a mano o mediante faja (cinturón). (Abanto Alarcon, 2020)

9.2.1 Principio de funcionamiento.

El funcionamiento se basa en la acción generada por el giro de un eje sobre el que se montan un grupo de aspas-martillo, todo ello situado en el interior de una tolva. El producto es introducido por la parte superior de la tolva principal, y es golpeado repetidamente por el giro de las aspas-martillo, aplicando sobre el producto una primera etapa de rotura (Cañavate, 2003)

Figura 15. Molino de martillo



Fuente: (Cañavate, 2003)

El principio de funcionamiento del molino de martillos es la colisión, la colisión causada por el material entre los dos objetos.

El molino consta de una parte móvil llamada martillo que gira alrededor de un eje giratorio, un tamiz, que actúa como tamiz del producto molido a través de sus ranuras. Estos dispositivos giran entre 500 y 1800 RPM, que es la alta velocidad requerida para que la energía cinética transferida al martillo rompa el producto en el punto de contacto, haciendo que se comporte como un material quebradizo.

Estos mezcladores son fáciles de limpiar y usar, permiten cambios de pantalla y funcionan en un sistema cerrado, lo que reduce los riesgos de explosión y contaminación cruzada. (Uribe Perez & Lozano Ramirez , 2014)

Ventajas

- Pueden operar continuamente
- Operación de mantenimiento es sencilla
- Apto para molienda en seco
- El producto se muele continuamente en la cámara de molido hasta que pueda filtrar la criba
- Alimentación del producto puede ser los lados o sobre el rotor

Desventajas

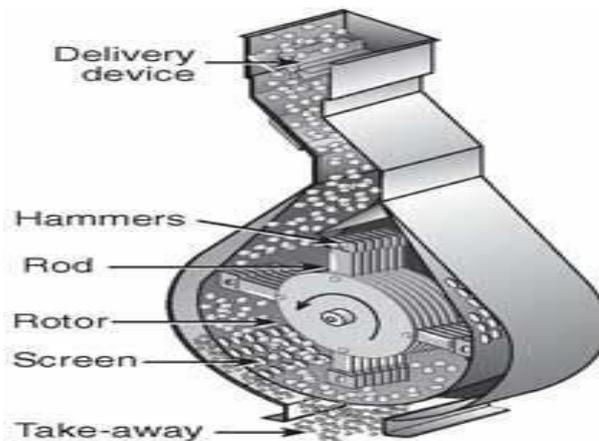
- Las partículas deben pasar por la criba, con materiales fibrosos puede embotarse y no moler todo el volumen
- Su funcionamiento es alto en vibraciones
- Necesita de un alto esfuerzo de par del motor

- Carga adicional cuando la materia prima se mantiene en la cámara de molido, para lo cual requiere una potencia considerable.

9.2.2 Diseño general.

El molino de martillos presenta una capacidad de producción eficiente, una alta relación de trituración, un bajo consumo de energía, una estructura simple, una operación fácil y un bajo costo de inversión. Los componentes principales del molino, como se muestra en la incluyen: Un alimentador para introducir materiales triturados en el martillo. La parte giratoria consta de una serie de discos moldeados montados en un eje horizontal que realiza el trabajo de fresado. El martillo está suspendido por varillas paralelas al eje y por un disco giratorio oscilante. Los martillos cumplen la función de triturar materiales para reducir su tamaño. Criba que perfora y extrae el producto bajo tierra por gravedad o apoyo neumático. Diseñado para detectar el tamaño de partícula del molino de martillos para garantizar que las partículas cumplan con el tamaño de malla máximo especificado. (Verdezoto, 2015)

Figura 16. Molino de martillo



Fuente: (Verdezoto, 2015)

9.2.3 El diseño y la ubicación de la trituradora

Depende de parámetros operativos como la velocidad del rotor, la potencia del motor y el área de apertura. El diseño y ubicación optimizados del martillo para un acceso máximo a los componentes del cargador. Las trituradoras que funcionan a aproximadamente 1800 RPM deben usar martillos de 25 cm (10 in) de largo, 6,35 cm (2,5 in) de ancho y 6,4 mm (0,25 in) de espesor. Con una velocidad del rotor de aproximadamente 3600 rpm, el martillo debe tener de 6 a 8 pulgadas (15 a 20 cm) de largo, 2 pulgadas (5 cm) de ancho y 0,25 pulgadas (6,4 mm) de espesor. (Verdezoto, 2015)

La cantidad de martillos para un molino de martillos de 1800 RPM debe ser 1 para 2,5-3,5 HP y uno para 1 o 2 HP para 3600 RPM. Los martillos deben estar equilibrados y colocados sobre la barra de modo que no choquen. Espacio entre el martillo y el tamiz de 12 a 14 mm (1/2 pulgada) para reducir el tamaño de las partículas. La velocidad o velocidad máxima del martillo es muy importante para determinar el tamaño correcto. (Verdezoto, 2015)

La velocidad de la cabeza del martillo es la velocidad del martillo en un extremo o en el borde más alejado del rotor y se calcula multiplicando la velocidad de rotación de la fuente de accionamiento (revoluciones del eje por minuto) por la circunferencia del arco de la punta del martillo. La fuerza de impacto es la fuerza principal utilizada en el molino de martillos. Cualquier cosa que aumente la posibilidad de dar en el blanco del martillo; El nivel de colisión aumenta; La optimización del material proporciona la ventaja de la reducción del tamaño de las partículas. El grado de impacto se puede reducir aumentando la velocidad del martillo. (Verdezoto, 2015)

9.2.4 Sistema de transmisión de potencia

Su objetivo es dotar a los diferentes elementos de la máquina de la fuerza y movimiento creados por el elemento motriz (motor) para que la máquina pueda funcionar y cumplir el propósito para el que fue construida. (Abanto Alarcon, 2020).

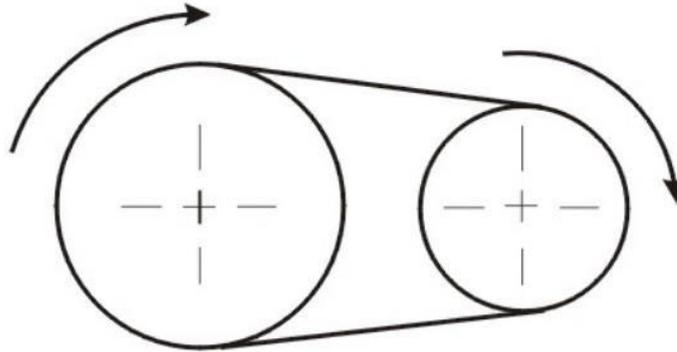
Si tenemos el sistema.

- Sistema de accionamiento por poleas.
- Sistema de transmisión por engranajes.
- Sistemas directos.

9.2.5 Sistema De Transmisión Por Poleas Con Correa

Es un conjunto de dos poleas unidas por una correa para transmitir fuerza y velocidad angular entre ejes paralelos a una distancia determinada. La fuerza se transmite por la fuerza de fricción que ejerce la correa sobre la polea. (Transmision por poleas y correas o cadenas, s.f.)

Figura 17. Transmisión por poleas con correa.



Fuente: (Transmisión por poleas y correas o cadenas, s.f.)

También hay diferentes tipos de elementos de transporte flexibles:

- Correas planas.
- Cinturón V: estándar, apretado, muchos y pistolas.
- Cinturón síncrono.

Este tipo de transmisión crea los siguientes defectos:

- La diferencia entre la longitud entre la correa generará un esfuerzo diferente en cada cinturón cuando tiende a grupos.
- Cada cinturón deberá ser capaz de cargar hasta el límite aplicable a su lado menos tensionado. Los más cortos pueden sobrecargarse y fallar.
- Cuando se rompe una correa del conjunto, las correas restantes deben poder soportar la carga temporalmente.
- En el momento del reemplazo, se deben reemplazar todas las correas.

9.2.6 Sistema de transmisión por engranajes

Un engranaje se define como un grupo de dos o más engranajes cuyos dientes entran en contacto entre sí de tal manera que cuando un engranaje está involucrado, los otros engranajes giran. Tiene las siguientes ventajas y desventajas. (Transmisión por engranajes, s.f.)

Tabla 8. Ventajas y desventajas de transmisión de engranajes.

Ventajas	Inconvenientes
- Ocupan menor espacio	- Son costoso.
- Poco desalineamiento.	- Su transmisión es muy ruidoso
- Mayor potencia de transmisión	
- Buen rendimiento	

Fuente: (Transmision por engranajes, s.f.)

9.2.7 Sistema directo

El sistema directo es un dispositivo que se utiliza para conectar dos ejes en sus extremos para transmitir la velocidad. Son sistemas que transmiten movimiento entre ejes y se encargan de asegurar la transmisión del movimiento y absorber las vibraciones en la interfaz entre dos elementos. (Transmision de potencia por acoplamiento directo, s.f.)

Ventajas del acoplamiento directo.

- La alineación precisa del eje prolonga la vida útil del rodamiento.
- Reduce la tensión en las articulaciones, reduciendo así el riesgo de sobrecalentamiento y fractura.
- Reducción de la fricción, reduciendo así el consumo de energía.
- Reducir el ruido y la vibración.
- Aumente el tiempo de actividad, la eficiencia y la productividad de la máquina

Figura 18: Acople directo de ejes.



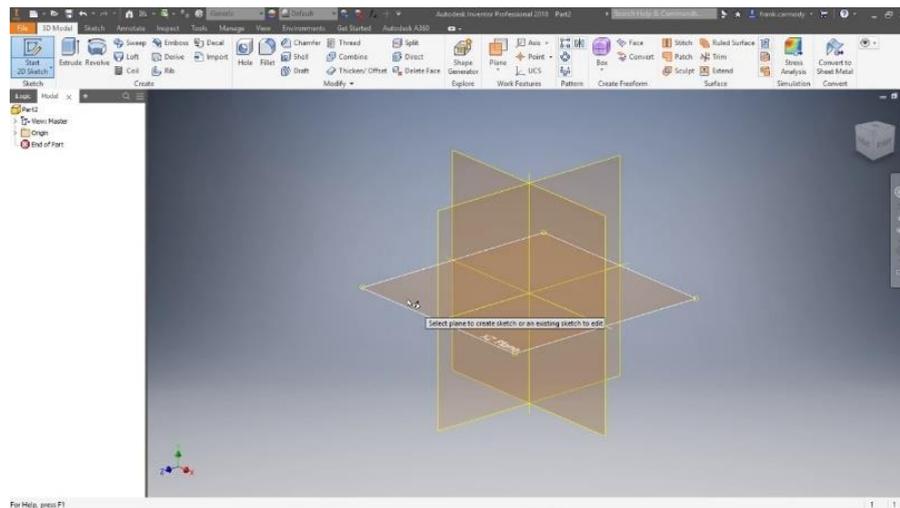
Fuente: (Transmision de potencia por acoplamiento directo, s.f.)

9.2.9 Software de Ingeniería de Diseño

Autodesk Inventor

Autodesk, la empresa más famosa de arquitectos y diseñadores industriales, facilita el trabajo de diseño de productos con un programa CAD llamado Inventor, que brinda herramientas profesionales y específicas para diseño mecánico, cotizaciones y productos, por supuesto, también brinda herramientas para documentar y simular productos en 3D, para que diseñadores y clientes puedan recrear materiales fácilmente en bruto.

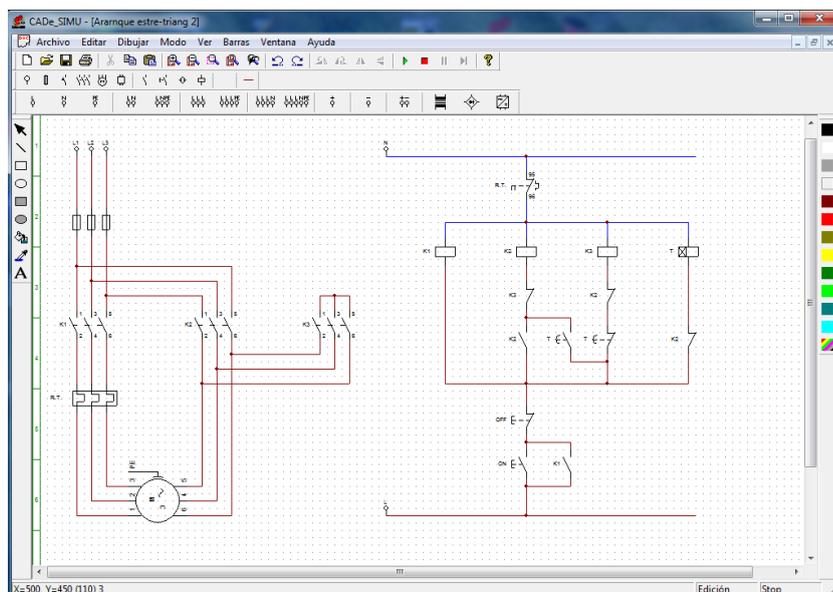
Muestras visuales listas para la prueba e impresiones esquemáticas en 3D.

Figura 19: Plataforma de trabajo

Fuente: (Deusto formacion, 2022)

CADe_SIMU

Es un programa CAD de ingeniería eléctrica que le permite ingresar rápida y fácilmente varios símbolos organizados en bibliotecas, dibujar diagramas eléctricos y luego realizar simulaciones. El programa en modo de simulación muestra el estado de cada componente eléctrico cuando se activa, y también destaca los conductores eléctricos sujetos al movimiento actual.

Figura 20: Plataforma de trabajo

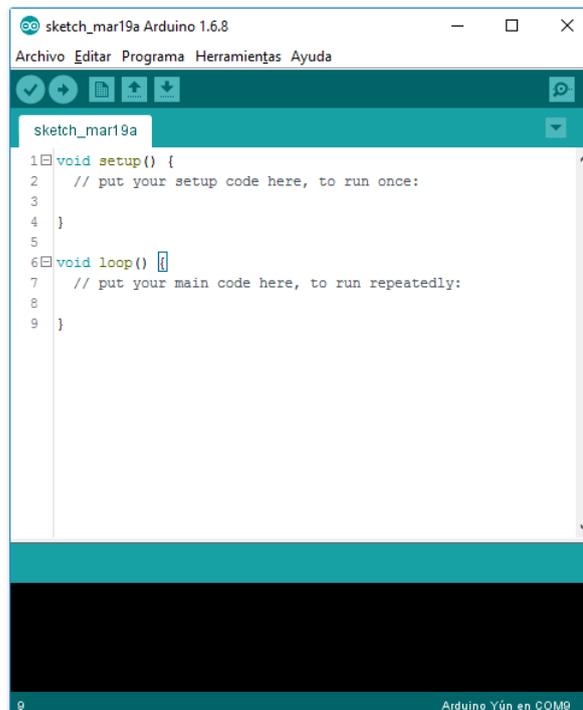
Fuente: (González, s.f.)

IDE Arduino

IDE - Entorno de desarrollo integrado, también conocido como IDE (Entorno de desarrollo integrado), es un programa informático que incluye un conjunto de herramientas de programación. Puede ser específico para un lenguaje de programación o puede usarse para múltiples lenguajes de programación.

IDE es un entorno de programación compilado como software de aplicación; Es decir, incluye un editor de código, un compilador, un depurador y un generador de interfaz gráfica de usuario (GUI). Además, en el caso del Arduino, incluye herramientas para cargar el programa compilado en la memoria flas del hardware.

Figura 21: Plataforma de trabajo



Fuente: (Aprendiendo arduino, s.f.)

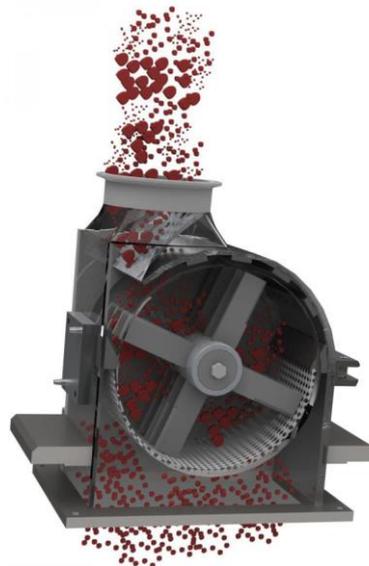
La propuesta de esta tesis es la construcción de un molino de martillos. Esta licuadora reemplazará solo la parte triturada del grano, no el proceso de pre cocción. Su trabajo se detalla a continuación:

El proceso de producción comienza cuando el grano entero y limpio se introduce en la tolva, a través de una trampilla. Dentro de la cámara, el grano se rompe por contacto con el martillo,

además, cuando el grano es empujado hacia la criba del molino por el martillo, se genera la fuerza de contacto, que es también la fuerza que ayuda a triturar el grano.

- Cuando los granos se pulverizan en el fondo del molino, son aspirados a una segunda tolva para su almacenamiento en sacos posteriores. Generalmente, los molinos de martillos tienen una pantalla debajo de la cámara de molienda, que está diseñada para indicar que la pantalla está integrada en el exterior del disco de molienda. La razón principal es reducir el tiempo de producción de harina a través del tamiz. Por lo anterior, se eligió el molino de martillos como equipo necesario para su construcción.
- Para desarrollar la automatización del cilindro de tamizado de harina, hemos utilizado la programación basada en C en Arduino ID de programación junto con algún otro material para dominar el sistema de automatización, también utilizamos el software de programación de pantalla tanto para los dibujos como para el desarrollo funcional para el mismo que se detalla a continuación, proporcionando todos sus características y funciones y cómo las usamos.

Figura 22: Diseño del molino



Fuente: (Cos.Mec, s.f.)

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Lugar.

La investigación y el desarrollo se llevan a cabo en la provincia de Cotopaxi, en el cantón la Maná, localizada en la región natural occidental de las estribaciones externas de la cordillera de Los Andes.

Ubicación geográfica.

Figura 23: Cantón la Maná



Fuente: GAD La Maná

10.1 Tipo de investigación.

Investigación exploratoria: Mediante este tipo de investigación, que utiliza el método de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio. Al igual que la investigación que hemos descrito anteriormente, puede servir de base para investigaciones que requieran un mayor nivel de profundidad.

Investigación explicativa. Mediante este tipo de investigación, que requiere la combinación de los métodos analítico y sintético, en conjugación con el deductivo y el inductivo, se trata de responder o dar cuenta del porqué del objeto que se investiga.

10.1.1 Métodos de investigación.

Método experimental: Es un método donde el investigador observa y controla los elementos participantes en la investigación, recreando situaciones concretas e introduciendo variaciones intencionadas.

Método bibliográfico: este método lo utilizamos investigando diferentes fuentes bibliográficas.

10.1.2 Fuentes de investigación.

Fuentes primarias: La observación directa

Fuentes secundarias: Revistas, documentos, artículos web.

10.1.3 Diseño de la investigación.

No Experimentales

Se basa en categorías, conceptos, variables, sucesos, comunidades o contextos que se dan sin la intervención directa del investigador, es decir; sin que el investigador altere el objeto de investigación. En la investigación no experimental, se observan los fenómenos o acontecimientos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos.

10.1.4 Instrumentos de investigación.

Observación: dispositivos mecánicos y electrónicos que se utilizan para recoger datos o información sobre un problema o fenómeno determinado.

10.1.5 Hipótesis del proyecto

- En qué aspecto la implementación del molino de martillos va a lograr una mayor eficiencia al reducir los tiempos de trituración y tamizado, así como un mejor manejo utilizando un sistema de control automático en los mecanismos influyentes en el proceso de harina de trigo.

10.1.7 Hipótesis específicas:

- Mediante la selección del molino adecuado de satisfacer la demanda de molienda de trigo en el cantón.
- El diseño de mecanismo de molienda nos permitirá asegurar en forma eficiente la molienda de trigo.
- Mediante el diseño automático asegura una mayor facilidad de control de producto.

10.1.6 PREGUNTA CIENTÍFICA.

¿Con esta implantación de un molino de martillos en los sectores rurales del cantón La Maná, permitirá producir harina de trigo?

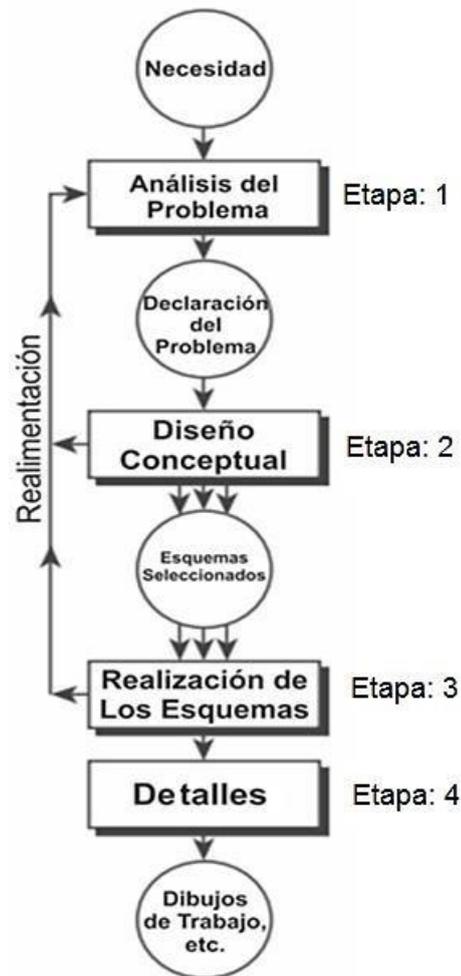
10.2 Metodología Experimental

El proyecto se basa en la producción de harina de trigo en la empresa, el cual es un producto muy comercializado y requerido por muchos, es por eso por lo que se parte del diseño de la máquina trituradora de este grano, aplicando una investigación exploratoria para el

entendimiento de su funcionamiento e identificación de diferentes problemas que afecten a la producción de la harina.

El tipo de investigación que se realizará es de nivel descriptivo, basándose en el modelo de Josep French, el cual utiliza cuatro fases para el diseño. El proyecto también se basará en diagramas morfológicos en el proceso de diseño, teniendo como propósito la búsqueda de nuevas soluciones a partir de diferentes alternativas de diseño y llegar a una muy factible.

Figura 24: Modelo del proceso del diseño.



Fuente: (Abanto Alarcon, 2020)

Este modelo se basa en prácticas de diseño observadas en la industria. Incluye cuatro etapas:

- Fase 1. El proceso comienza con la observación de las necesidades de producción de harina en el sector, las cuales serán analizadas a continuación, dando lugar a un enfoque único para la resolución de problemas.

- Las trituradoras deben ser fáciles de usar y manejar con seguridad y tener un impacto mínimo en el medio ambiente.
- La máquina debe estar en buen estado de funcionamiento según las normas estándar.
- El diseño de la nueva planta debe respetar los límites de carga de diseño establecidos, para no causar pérdidas económicas y problemas operativos.
- Fase 2. Durante la fase de diseño conceptual, se crean varios conceptos, cada uno de los cuales representa un conjunto de principios físicos para la resolución de problemas. Estos gráficos se convierten en representaciones más realistas para su evaluación y comparación. Los conceptos resultantes se evalúan y se seleccionan uno o más conceptos para formar la base de la solución final.
- Fase 3. El proyecto seleccionado se consolida desarrollando los cálculos necesarios con más detalle, se convierte en el proyecto final para producir las dimensiones exactas según los criterios de diseño diseñados.
- Fase 4. Diseño detallado, donde se elaboran planes de diseño de puntos finales y planos de parámetros calculados para su uso en la producción de nuevas piezas de trituradoras.

10.2.1 Parámetros de diseño

Las siguientes leyes y ecuaciones deben tenerse en cuenta al diseñar un molino de martillo.

10.2.2 Leyes de desintegración mecánica

Para obtener un producto con un límite de grano muy estrecho, que no solo se obtiene a través de la descomposición mecánica, son necesarios procesos de tamizado y clasificación, por lo tanto, dos métodos principales son la reducción del tamaño de partícula y la separación. Las partículas tienen diferentes tamaños de medición de partículas, con porcentaje. Según el peso del material secuestrado en cada tamiz, lo cual está estrechamente relacionado con la evaluación del desempeño de descomposición y proporciona los datos necesarios para crear la energía requerida.

Los molinos de martillos necesitan una energía que va aproximadamente, de 1 hasta 2 kWh/t de material triturado (Abanto Alarcon, 2020).:

$$Pm = \frac{G * R^2 * n^3 * e * f}{8 * 1000000 * \eta}$$

EC.1

Dónde:

$$Pm = 8 * 1\ 000\ 000 * \eta$$

P_m = potencia motora (HP)

G = peso martillo (Kg)

R = radio del disco (m) n = RPM del rotor

e = cantidad de martillos

f = factor dependiente de la velocidad tangencial de los martillos, cuyos valores se muestran en la tabla N° 2.

η = rendimiento mecánico

El factor " f " depende de la velocidad de rotación del martillo, es decir, la velocidad tangencial, y está determinado por el valor óptimo recomendado por el molino de martillos. Como se muestra en la tabla 9 a continuación, de acuerdo con la velocidad tangencial, el valor de f (Abanto Alarcon, 2020).

Tabla 9. Velocidad

Velocidad m/s	Factor "f"
17	0,022
20	0,016
23	0,01
26	0,008
30	0,003
40	0,0015

Fuente: (Abanto Alarcon, 2020)

Sin embargo, dado que la amplitud es una función de la velocidad de flujo y la velocidad de corte, la velocidad de flujo también se puede determinar teniendo en cuenta los parámetros de fuerza y corte.

10.2.3 Capacidad de Molienda

La capacidad de trituración es el primer factor requerido para el diseño del molino, por lo que se decidió producir 100 kg por hora.

Comenzando con la siguiente conversión de unidades, aproxime el número de granos que se deben moler por minuto para cumplir con la capacidad de molienda requerida.

$$100 \frac{kg}{h} * \frac{1000 g}{1 kg} * \frac{1 grano}{0.08 g} * \frac{1h}{60 min} = 2.0833 * 10^4 \frac{granos}{min}$$

Como puede ver, los números obtenidos anteriormente son bastante altos. Cabe recordar que los valores recomendados de la velocidad angular del molino de martillos (especificaciones y recomendaciones de los fabricantes americanos y brasileños) están en el rango de 1750-1850

[rpm], y además, no queremos trabaje a la velocidad limitada para que el motor funcione continuamente, elija un valor intermedio de 1850 rpm Con este valor puede hacer lo siguiente. Si dividimos el número de moliendas por minuto entre las 3250 [rpm] seleccionadas, obtenemos la cantidad aproximada de moliendas por revolución del eje del motor, que es:

$$\frac{2.0833 * 10^5 \frac{\text{granos}}{\text{min}}}{1850 (\text{rpm})} \approx 64 \text{ granos/rpm}$$

Con esto tenemos dos datos importantes que son:

$\omega = 3250$ [r. p. m], donde $\omega \rightarrow$ es la velocidad angular del motor. 64 granos/rpm, que es el número aproximado de granos que se deben triturar por cada revolución del motor.

10.2.4 Diseño de martillo triturador de trigo

El diseño de los martillos es fundamental en el molino, es esta pieza la que hace que el grano de trigo se rompa en el momento del choque entre ambos.

Diseño de martillo triturador de trigo

10.2.5 Ley de Energía Potencial

La energía potencial gravitatoria es la energía asociada a la gravedad. Esto dependerá de la altura relativa de un objeto sobre el punto de referencia, su masa y la fuerza de la gravedad. Por ejemplo, si se levanta un libro sobre una mesa, una fuerza externa actuará contra la fuerza de la gravedad.

10.2.5.1 Energía Potencial

$$\text{Eruptura} = m_m * g * h \quad \text{EC.2}$$

Donde:

m_m : masa del objeto metálico

g : gravedad

h : altura

10.2.6 Cálculo de las Velocidades Tangenciales del Martillo

Cuando un objeto (metal, en este caso) cae, se genera energía potencial, así: La ecuación 1 descrita anteriormente se puede entender en la práctica, ya que el martillo debe poseer energía cuando gira y golpea el grano.

Por otro lado, cuando un grano de trigo golpea el martillo durante la molienda, se genera energía cinética, y la fórmula de esta energía se encuentra en la Ecuación 4.

10.2.7 Ley energía cinética

En física, la energía cinética de un objeto es la energía que posee debido a su movimiento. Se define como el trabajo requerido para acelerar un objeto de cierta masa desde un estado de reposo hasta una velocidad específica. Una vez que se obtiene esta energía durante la aceleración, el objeto conservará la energía cinética a menos que cambie su velocidad. Para que un cuerpo vuelva al reposo, debe tener una acción pasiva de la misma magnitud que su energía cinética. A menudo abreviado con la letra E_c .

$$E_c = \frac{1}{2} m t * V^2 \quad \text{EC.3}$$

Donde:

E_c = energía del trigo

$m t$ = masa del trigo

V = velocidad del martillo

10.2.8 Velocidad Tangencial del extremo del Martillo

$$V_t: \sqrt{\frac{m o * g * h}{0,5 * m t}} \quad \text{EC.4}$$

La velocidad obtenida es la velocidad tangencial del martillo, a la que llamaremos V_v , (velocidad en el vacío).

Durante el proceso de molienda, cuando el grano golpea la cabeza del martillo, su velocidad se reduce por lo que será menor que la velocidad de ralentí, esta velocidad se denomina V_c , (velocidad de carga).

Para calcular V_c , el martillo, el disco, el eje y otras partes se consideran como un cuerpo giratorio, que se denomina volante. En los diseños que utilizan volantes, el coeficiente de vibración se define en la Ecuación 5 como:

10.2.9 Coeficiente de Fluctuación

$$C_s = \frac{V_v - V_c}{V} \quad \text{EC.5}$$

Donde \rightarrow $V =$ velocidad tangencial del volante, tomada como la velocidad tangencial media.

Ahora, si definimos V como se muestra en la ecuación 5 tenemos:

10.2.10 Velocidad Tangencial Media

$$V = \frac{Vv - Vc}{2} \quad \text{EC.6}$$

Si reemplazamos la ecuación 7 en la ecuación 6, y luego despejamos V_2 , obtenemos la ecuación 7 que es:

10.2.11 Velocidad Tangencial Final

$$Vc = -Vv * \frac{Cs - 2}{Cs + 2} \quad \text{EC.7}$$

Como Vc es menor a Vv .

Nota: El sistema de giro del molino es desacelerado, lo que significa que el sistema cede energía.

A partir de los datos obtenidos, podemos calcular la velocidad angular bajo carga usando la ecuación 8 de la siguiente manera:

10.2.12 Velocidad Angular Final

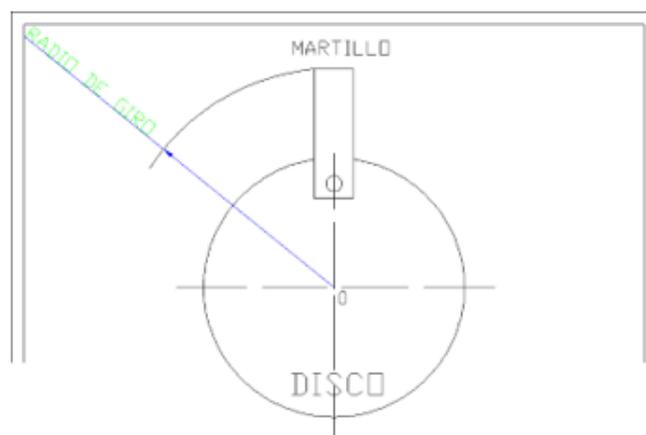
$$\omega c = \frac{Vc}{rg} \quad \text{EC.8}$$

De esta relación se deduce el radio de inercia que se necesita para obtener la velocidad angular que tendrá el martillo.

10.2.13 Radio de giro de los martillos.

Para obtener el radio de giro (rg), que se muestra en la figura, se necesita despejarla de la ecuación 9:

Figura 25: Radio de Giro del Martillo



Fuente: (Cuadrado & Rueda, 2009)

La velocidad angular se la obtiene a partir de la ecuación 8, que es dada por la siguiente expresión:

10.2.13.1 Velocidad Angular

$$\omega = \frac{V * 60}{2 * A * rg} \quad \text{EC.9}$$

Despejando el radio de giro de la ecuación 10, obtenemos la ecuación 11 que es la siguiente:

10.2.13.2 Radio de Giro

$$rg = \frac{c * 60}{2 * n * \omega} \quad \text{EC.10}$$

Donde

$\omega \rightarrow$ Velocidad angular del motor

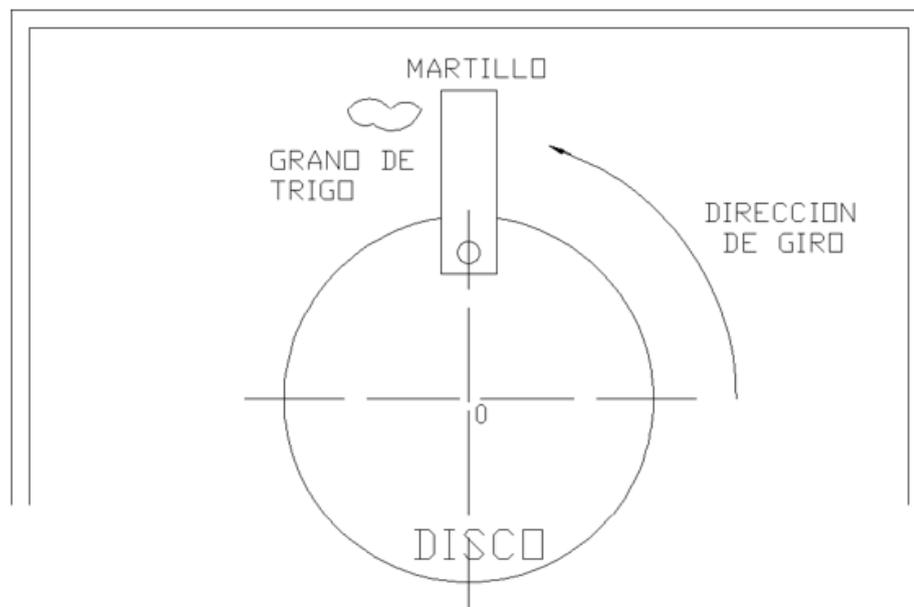
$V_c \rightarrow$ Velocidad con carga.

Nota: Se toma la velocidad de carga, ya que es la velocidad de rotación del martillo en la trituradora.

Con el valor obtenido del radio de giro, puedes hacerte una idea aproximada del tamaño del martillo. Además, también es posible estimar la medida que se debe tomar del diámetro del disco porta martillos, así como la medida que se debe tomar del alojamiento del molino.

La carcasa debe estar lo más cerca posible del martillo, porque además de aplastar el grano con el martillo, el choque del grano con la pared crea una fuerza de contacto opuesta que hace que el grano penetre en los planos, como se muestra en la figura.

Figura 26: Esfuerzos de Contacto, Martillo-Grano, Grano-Pared



Fuente: (Cuadrado & Rueda, 2009)

Obtenidas las velocidades angulares, se puede obtener la aceleración angular del sistema, por medio de la ecuación 12:

10.2.14 Movimiento Angular Desacelerado

$$\omega r^2 = \omega c^2 + 2 * a * \theta \quad \text{EC.11}$$

Donde

α = aceleración angular

θ = Espacio recorrido por los martillos

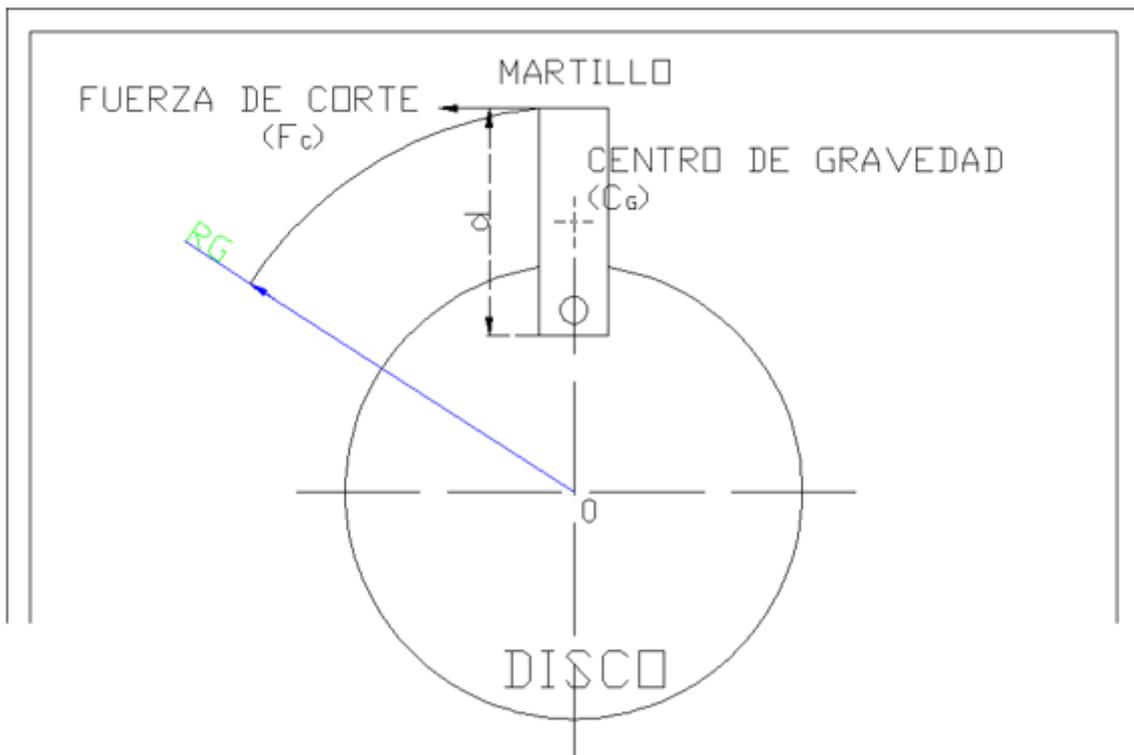
Despejando la aceleración angular de la ecuación 11, obtenemos la ecuación 12, que se define como:

10.2.15 Aceleración Angular

$$a = \frac{\omega r^2 - \omega c^2}{2 - \theta} \quad \text{EC.12}$$

Con el valor obtenido de la aceleración angular, se puede calcular la fuerza del martillo para triturar el grano, el cual es llamado: Fuerza de Corte (F_c). La aplicación de la fuerza de corte se puede considerar en el extremo superior del martillo, donde existe el contacto, como se muestra en la figura.

Figura 27: Aplicación de la Fuerza de Corte



Fuente: (Cuadrado & Rueda, 2009)

La fuerza cortante que produce el momento está dada por la ecuación 13 de la siguiente manera:

10.2.16 Momento de la Fuerza de Corte

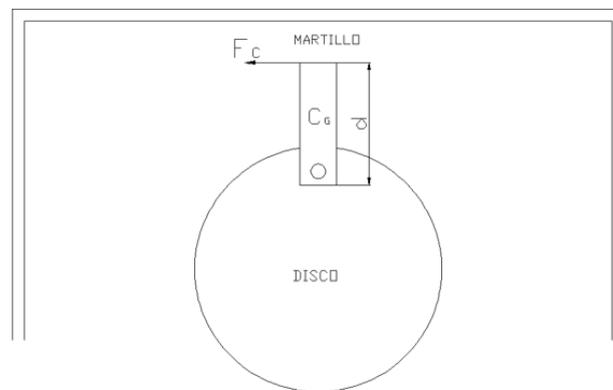
$$M = F_c * d$$

EC.13

Donde $\rightarrow d =$ Largo del Martillo

En esta figura indica la distancia d y la posición de la Fuerza de Corte.

Figura 28: Centro de Gravedad, Largo del Martillo y Fuerza de Corte



Fuente: (Cuadrado & Rueda, 2009)

El momento de Inercia del martillo es dado por la ecuación 14, que es la siguiente:

10.2.17 Momento de Inercia del Martillo

$$I_o = \frac{1}{12} * m * d^2$$

EC.14

Donde $\rightarrow m =$ masa del martillo

La fuerza cortante que produce el momento está dada por la Ecuación 13 de la siguiente manera:

10.2.18 Fuerza de Corte

$$F_c = \frac{I_o * \alpha}{d}$$

EC.15

10.2.19 Masa de los Martillos

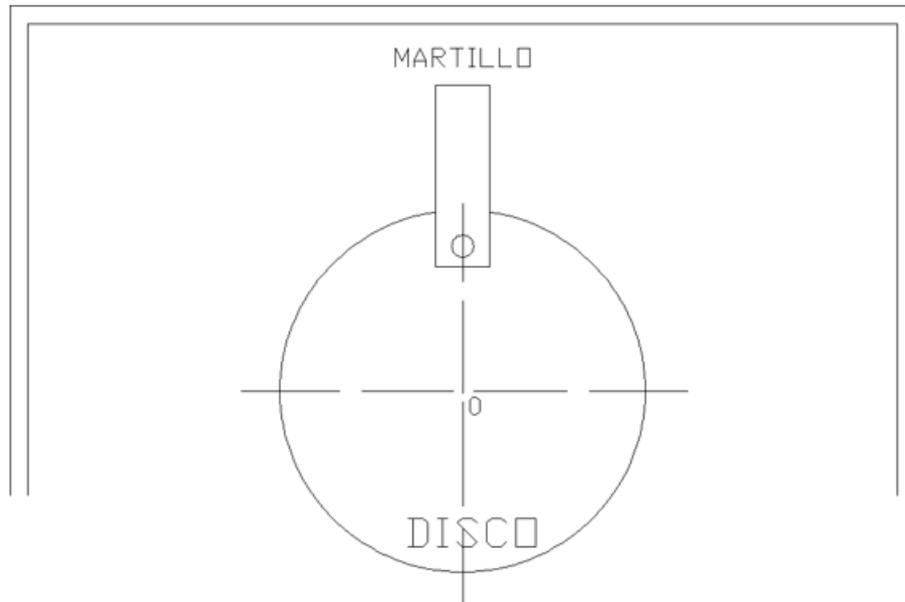
$$m = \frac{E_c * 12}{a * d}$$

EC.16

En la ecuación 16 existen desconocemos d , para lograr este valor se deben considerar las siguientes cuestiones:

- La longitud L del martillo debe cumplir las condiciones geométricas para su correcto funcionamiento, es decir, debe tener una relación geométrica con el disco que lo llevará, como se muestra en la figura.

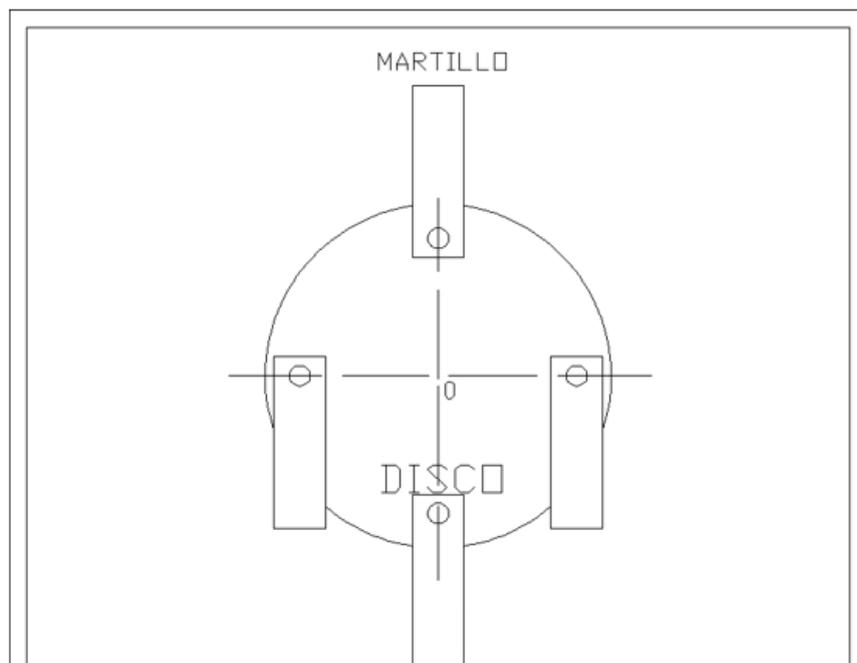
Figura 29: Relación Geométrica entre el Martillo y el Disco



Fuente: (Cuadrado & Rueda, 2009)

- La posición de los cuatro martillos cuando el molino este sin funcionar, será el que se muestra en la figura.

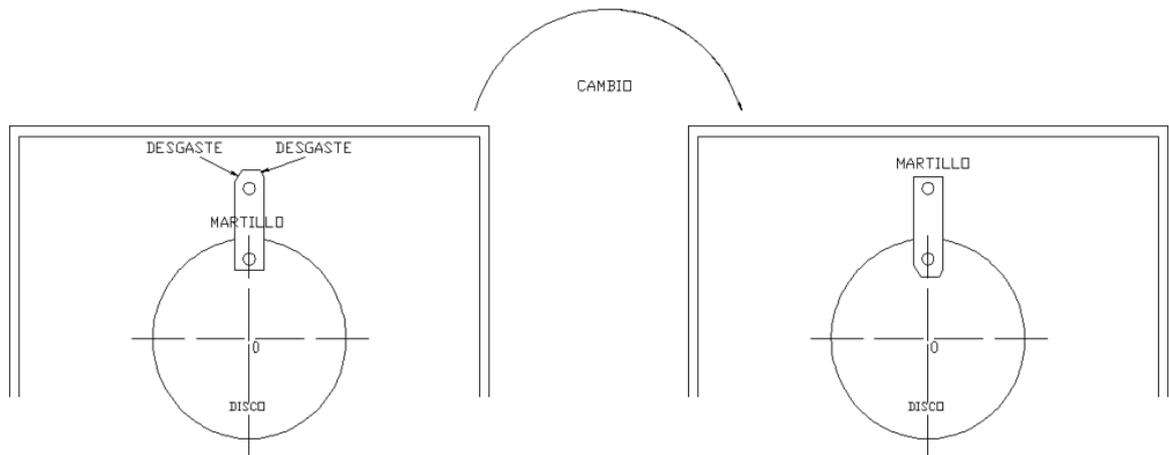
Figura 30: Posición de los Martillos en Reposo



Fuente: (Cuadrado & Rueda, 2009)

- Longitud L del martillo deberá estar acorde con la medida del radio de giro obtenido anteriormente.
- El martillo tendrá dos agujeros de 13 mm de diámetro, para cambiar el lado del martillo cuando este desgastado, como se muestra en la figura.

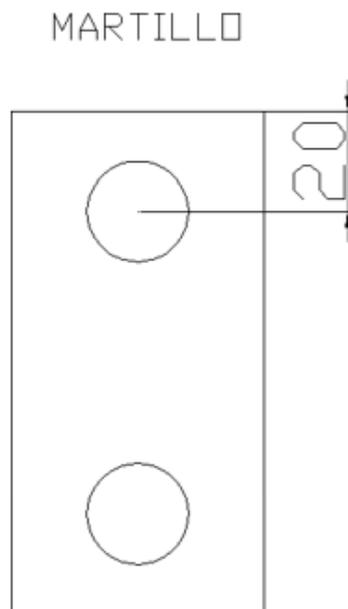
Figura 31: Desgaste y cambio de lado del Martillo



Fuente: (Cuadrado & Rueda, 2009)

Los agujeros estarán a 20mm del borde del martillo al centro del agujero como se muestra en la figura 33.

Figura 32: Posición de los agujeros en el Martillo



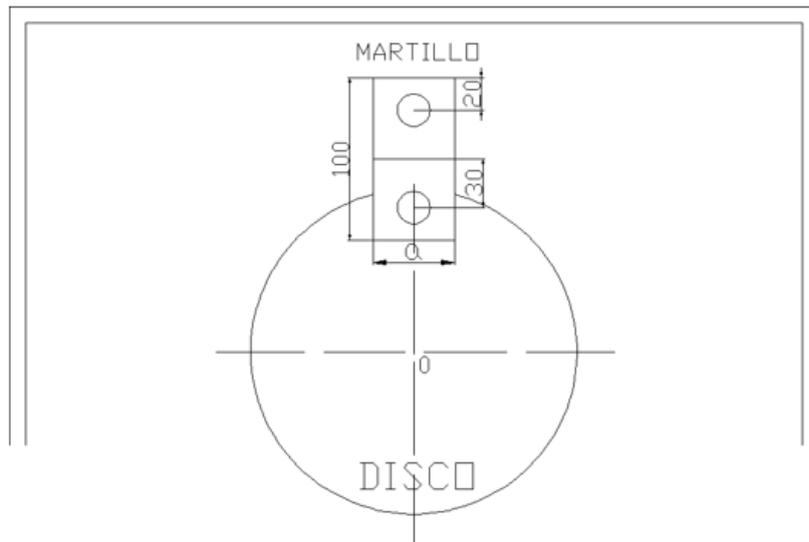
Fuente: (Cuadrado & Rueda, 2009)

Tomando en cuenta las anteriores consideraciones, sumado a que el diámetro del eje (eje que estará conectado con el eje del molino, para producir el movimiento del disco y por ende de

los martillos), que pasará por medio de los discos porta martillos será de dos pulgadas, se propone una longitud de 100mm para los martillos. Una medida superior del martillo aumentaría el peso que el motor debe girar, además de aumentar el costo ya que todo el molino será construido con acero inoxidable AISI 304 para alimentos.

La longitud final del martillo y la longitud d se muestra en la figura 34.

Figura 33. Longitud del Martillo



Fuente: (Cuadrado & Rueda, 2009)

10.2.20 Peso del Martillo

$$Pm = V * Pe$$

EC.16

Donde

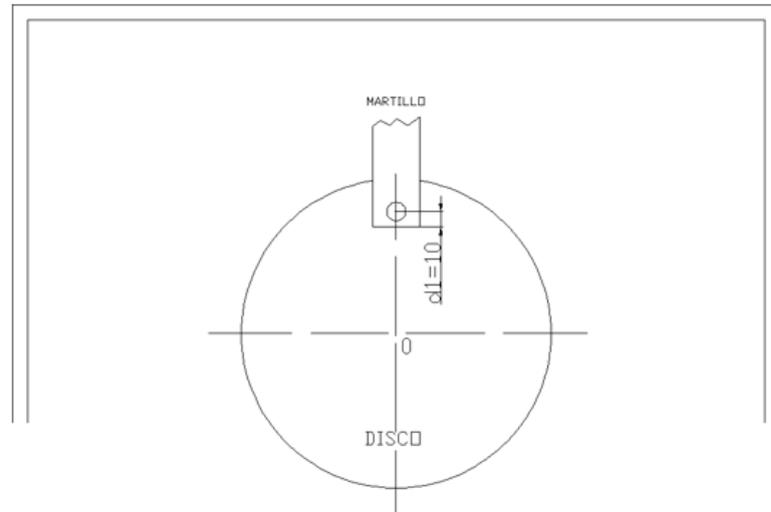
V = Volumen del Martillo

Pe = Peso específico del acero (7850 kg/m³)

Si se descompone el Volumen y se lo reemplaza en la ecuación 19, se obtiene la ecuación 20, que es la siguiente:

10.2.21 Falla por Cizalladura

Debido a la tensión que ejercen los pernos en la zona de la placa, se pueden producir desgarros o deslizamientos como se muestra en la Figura 35, por lo que se debe calcular el factor de seguridad:

Figura 34. Por Desgarramiento

Fuente: (Cuadrado & Rueda, 2009)

10.2.21.1 Esfuerzo Cortante

$$s = \frac{Fcf}{Ad} \quad \text{EC.17}$$

Donde → Fcf = Fuerza Centrífuga

La fuerza centrífuga se calcula mediante la ecuación 23, que es la siguiente:

10.2.21.2 Fuerza Centrífuga

$$Fcf = \omega^2 * mm * Rg \quad \text{EC.18}$$

Donde

Rg = radio de giro

mm = masa del martillo

El valor del factor de seguridad se puede obtener mediante la ecuación 23, que es la siguiente: }

10.2.21.3 Factor de Seguridad

$$n = \frac{Sy}{12 * rc} \quad \text{EC.19}$$

El valor de Sy para el acero inoxidable 304 es de 276 Mpa

El factor de seguridad es suficiente para garantizar que no habrá falla por desgarramiento.

10.2.21.4 Falla por Tracción

La falla por tracción, debido a la fuerza centrífuga, se calcula mediante la ecuación 20, que es la siguiente:

10.2.21.5 Esfuerzo Normal

$$\sigma = \frac{Fcf}{Ast} \quad \text{EC.20}$$

Donde

Ast= Área de la sección transversal del martillo

El factor de seguridad viene dado por la ecuación 25, que es la siguiente:

10.2.21.6 Factor de Seguridad para Esfuerzo Normal

$$n = \frac{Sy}{\sigma} \quad \text{EC.21}$$

El factor de seguridad es alto, por lo que no hay accidentes por rotura.

Finalmente, aún falta decidir qué forma tendrán los martillos, la forma propuesta es simétrica (porque de esta manera tendrá simetría con respecto al eje horizontal y vertical)

10.3 Parámetros de diseño. Características de operación del molino.

Tabla 10. Datos obtenidos de los resultados

Descripción	Capacidades	Unidad
Capacidad De Molienda	100	Kg/h
Velocidad	1750	RPM
Masa De La Materia Prima	0,08	g
Coefficiente De Fluctuación	0,025	
Fuerza De Corte	2,75	N
Límite De Corte Permitido A37	276	MPa
Punto De Flexión	4670	Nm
Diámetro Del Grano	15.41	mm
Diámetro Del Tamiz	1.8- 1.6-1.4	mm
Momento Del Eje	2386,74	Nmm
Diámetro Del Eje	0,0375	m
Límite De Tensión Del Perno	362	MPa

Fuente: autores del proyecto

10.3.1 Factor de seguridad

Según (ROBERT L. MOTT, 2006, pág. 185) manifiesta que:

“El factor de seguridad empleado en estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades

del material, análisis de esfuerzos o el ambiente es 2.5 a 4”, en el diseño se trabajará con un factor de seguridad mínimo de 3.

10.3.2 Velocidad de rotación del molino

La velocidad recomendada para molinos de martillos es de 1750-1800 rpm, por lo tanto, se establece una velocidad angular del molino de 1800 rpm.

10.3.3 Geometría del martillo de percusión

Existen diferentes formas geométricas para los martillos, por recomendación se los diseñan rectangulares.

10.3.4 Materiales del molino

Los ejes principal y secundario estarán construidos con acero de transmisión AISI 1018 estirado en frío, por sus propiedades y aplicaciones.

Propiedades Mecánicas:

$$S_y = 370 \text{ MPa}$$

$$S_u = 440 \text{ MPa}$$

Para elementos como los martillos, discos, bastidor, tolvas de carga y descarga se utilizará acero ASTM A36 que es un acero que se encuentra con facilidad en el mercado.

Propiedades Mecánicas:

$$S_y = 250 \text{ MPa}$$

$$S_u = 400 \text{ MPa}$$

10.3.5 Motor

Las características del motor que se utilizará para el accionamiento del molino son: un motor eléctrico de 3 Hp calculado, velocidad de rotación 1750 RPM y de 220V Trifásico.

10.3.6 Limitaciones

Las semillas se introducirán manualmente en la tolva.

El tamaño de la máquina debe ajustarse a la altura de la gente común para facilitar la granulación.

El diseño de la máquina se discutirá con respecto al grano específico, pero es probable que sea utilizado por otros tipos de granos. Este molino, por sus propiedades, también se puede lograr

en la elaboración de harina, utilizando productos como maíz, soja, etc. de similares propiedades.

10.3.7 Sistema de transmisión

El sistema de transmisión de potencia se lo realizará por medio de bandas de transmisión, este sistema, en donde la velocidad del motor es 1750 rpm y la velocidad del molino es 1800 rpm como se estableció anteriormente.

10.3.8 Diseño de la herramienta de percusión – martillos

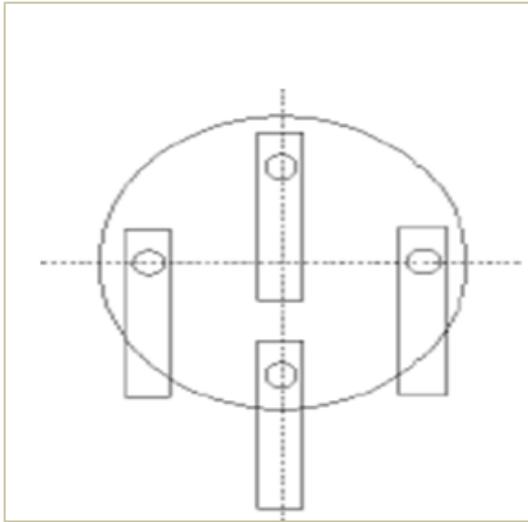
El martillo es el espíritu del dispositivo, dependiendo de la dimensión final de las moléculas de producto actuales. El diseño del martillo depende de una serie de factores, como la velocidad del rotor, el tipo de producto en polvo. Para diseñar el martillo, es importante explicar que el instrumento tiene 2 posiciones:

La posición inicial: este es un lugar donde se realiza el martillo antes de que la máquina tallada como esta en la figura 35 A.

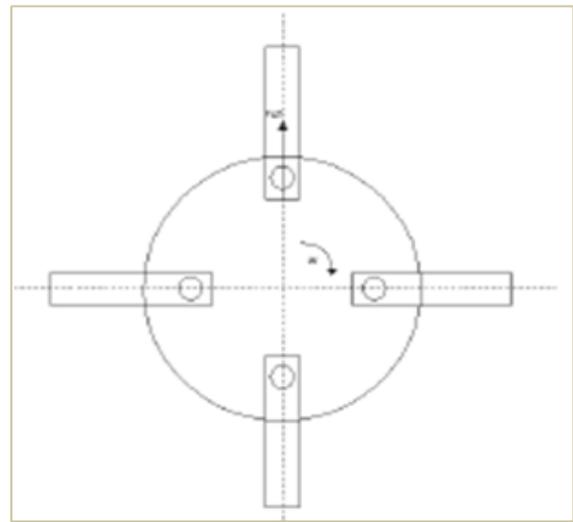
Ubicación: El martillo viene activado de fábrica aquí. Cuando se describe el movimiento de un objeto en un marco de referencia circular, existe una fuerza centrífuga, así como un desplazamiento fuera del centro de rotación si el martillo centrífugo se coloca donde no funciona, como se muestra en la figura 35B. Si el martillo está en reposo, la fuerza cortante (F_c), que es la fuerza aplicada por el grano, produce una fuerza de flexión, pero cuando el martillo gira, esa fuerza desaparece. Los martillos tienen un orificio de 1/2 pulgada para el eje secundario, por lo que se requiere un análisis de fractura en esta zona, considerando que los martillos tienen 12 cm de largo, 6 mm de espesor y se aplica la ecuación de seguridad 23a. El factor de 1,8 que obtuvo asegura que no habrá fallas por la presencia de fuerzas dinámicas.

Figura 35: Posición del molino

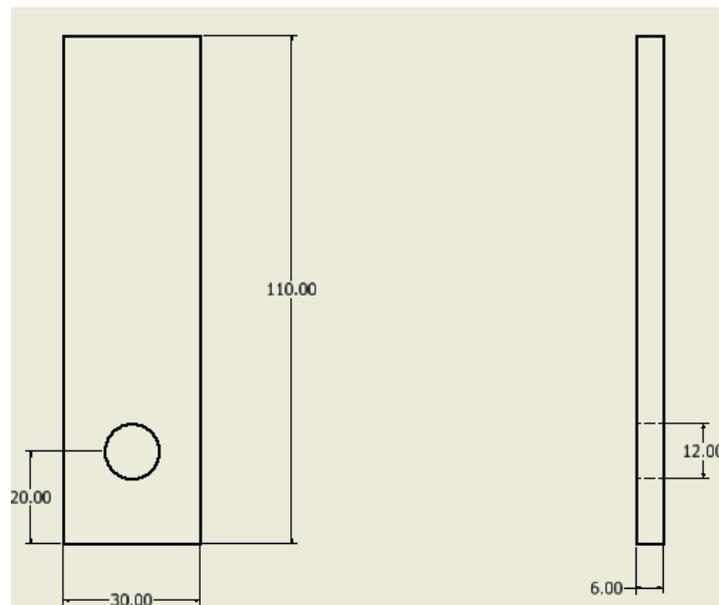
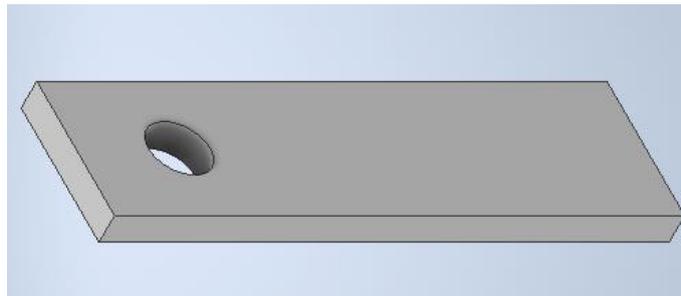
a. Posición en reposo



b. Posición en movimiento



Fuente: Autores del proyecto

10.3.9 Diseño de los martillos**Figura 36:** Diseño del martillo

Fuente: Autores del proyecto

Los martillos son los encargados de triturar, hacer que el grano se rompa para reducir su tamaño, y completar el proceso de trituración, donde el efecto de trituración se da por el impacto directo del martillo sobre el grano, y su tamaño depende de la forma del grano. Según lo especificado por la sección de rectificado, se supone que la dimensión del ancho de la cabeza del martillo es de 30 mm.

10.3.10 Fuerza de ruptura de cada grano.

Consiste en un muy recomendado experimento alimenticio, resultando de lanzar desde varias alturas un cuerpo con un peso específico.

$$\text{Eruptura} = m_m * g * h$$

Donde:

m_o : masa del objeto

g : gravedad

h : altura

Datos

m_o : 0.12 kg

$g = 9.8 \text{ m/s}^2$

$h = 50 \text{ cm}$

$$\text{Eruptura} = 0.12 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2 * 0.5 \text{ m}$$

$$\text{Eruptura} = 0.588 \text{ Nm}$$

10.3.11 Cálculo de velocidades tangencial del martillo.

$$E_c = \frac{1}{2} m_t * V^2$$

Donde:

E_c = energía cinética

m_t = peso del trigo

V = velocidad del martillo

Igualando la ecuación

$$V_t: \sqrt{\frac{m_o * g * h}{m_t}}$$

$$V_t: \sqrt{\frac{120 \text{ g} * 9.8 \text{ m/s}^2 * 0.5 \text{ m}}{0.08}}$$

$v_t = 85,73 \text{ m/s}$

10.3.12 Velocidad tangencial

$$V_c = -V_v * \frac{C_s - 2}{C_s + 2}$$

Dónde:

c_s = Coeficiente de fluctuación

El c_s para molinos de harina esta entre 0.015 a 0.025 sustituyendo se obtiene:

Datos:

$$c_s = 0.025$$

$$v_t = 85.73 \text{ m/s}$$

$$V_c = -85.73 * \frac{0.025 - 2}{0.025 + 2}$$

$$V_c = 83.61 \text{ m/s}$$

10.3.13 Velocidad angular con carga

$$\omega_c = \frac{V_c}{r_g} \quad \text{Ecuación 9}$$

Dónde:

ω_c = Velocidad angular con carga

r_g = Radio de giro

$$\omega_c = \frac{V_c}{r_g}$$

Es necesario conocer r_g , mediante la siguiente ecuación,

$$w = \frac{v * 60}{2\pi r_g}$$

Dónde:

w = Velocidad angular del motor

$$w = v * 60$$

$$2\pi r_g$$

$v = v_c$, ya que a esa velocidad giran los martillos

Entonces, se despeja r_g de la ecuación 9 y se obtiene,

Datos:

$$w = 3250 \text{ rpm}$$

$$v = v_c = 83.61 \text{ m/s}$$

$$\pi = 3.14$$

$$rg = \frac{83.61m/s * 60}{2\pi * 3250 rpm}$$

$$rg = 0.24 m$$

Por consiguiente, en la ecuación 9 se obtiene

$$\omega c = \frac{83.61m/s}{0.24m}$$

$$\omega c = 348.37 rad/s$$

El radio de giro efectuado en el movimiento del martillo es de 24 cm y su velocidad angular real del martillo con carga es de 348.37 rad/s

10.3.14 Movimiento angular desacelerado

$$\omega r^2 = \omega c^2 + 2 * a * \theta \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde

α = aceleración angular

θ = Espacio recorrido por los martillos

Datos:

$$\theta = 90^\circ = 1.57 \text{ rad}$$

$$\omega c = 348.37 \text{ rad/s}$$

$$a = \frac{(348.37 \text{ rad/s})^2 - \left(\frac{1750 * 2\pi}{60}\right)^2}{2 * 1.57} = 1761.42 \text{ rad/s}^2$$

Entre ellos, la aceleración angular del martillo en el movimiento de rectificado. es de

$$1761.42 \text{ rad/s}^2$$

Para completar el cálculo del martillo, es necesario conocer la fuerza cortante F_c , que es la fuerza del martillo necesaria para obtener la rotura del grano. Con base en estudios empíricos obtenidos de fuentes bibliográficas, se determina que el F_c máximo es de 2,75 N, que es el valor de referencia calculado a continuación.

10.3.15 Cálculo de los componentes de los martillos.

Se despeja la ecuación 6 y el radio de inercia máximo es de 0,24 m, sin embargo, se debe considerar el tamaño de la trituradora en sí, no debe ser demasiado grande y debe tener una longitud adecuada. El martillo de 150 mm conoce la suma del conjunto completo de piezas y el disco del martillo es el radio total.

10.3.15.1 Momento de la Fuerza de Corte

$$M = F_c * d$$

10.3.15.2 Momento de Inercia del Martillo

$$I_o = \frac{1}{12} * m * d^2$$

10.3.15.3 Fuerza de Corte

$$F_c = \frac{I_o * \alpha}{d}$$

Igualando las ecuaciones 17 y 18 se despeja la masa del martillo

10.3.15.4 Masa de los Martillos

$$m = \frac{E_c * 12}{a * d}$$

Datos:

$$F_c = 2,75 \text{ N}$$

$$a = 189,36 \text{ rad/s}$$

$$d = 0,12 \text{ m}$$

$$m = \frac{2,75 * 12}{304,5 * 0,12}$$

$$m = 0,90 \text{ kg}$$

10.3.15.5 Área de Desgarre

$$A_d = e * d_1 * 2$$

Donde:

e = espesor del martillo

d₁ = distancia del borde del orificio al borde del martillo

$$A_d = 0,06 * 0,30 * 2$$

$$A_d = 0,036 \text{ m}^2$$

10.3.15.6 Esfuerzo de corte

$$r = \frac{F_{cf}}{A_d}$$

Dónde:

F_{cf} = Fuerza centrífuga

La fuerza centrífuga se obtiene de:

$$F_{cf} = \omega^2 * m * r_g$$

Datos:

$$w = 348.37 \text{ rad/s}$$

$$mm = 0.90 \text{ kg}$$

$$rg = 0,24 \text{ m}$$

$$Fcf = (348.37 \text{ rad/s})^2 * 0.9 * 0.24 = 26214.11 \text{ N}$$

Con lo que la fuerza centrífuga es de 2,62 kN, que es la que efectuara el martillo sobre el grano durante el proceso de molienda.

$$r = \frac{26214.11 \text{ N}}{0.0036 \text{ m}^2}$$

$$r = 72.81 \text{ MPa}$$

10.3.15.7 Factor de seguridad

$$n = \frac{Sy}{2 * rc}$$

$$n = \frac{276 \text{ MPa}}{2 * 72.81 \text{ MPa}}$$

$$n = 1.89$$

Donde:

sy Para el acero inoxidable 304 es de 276 MPa

r Esfuerzo cortante 72.81 MPa

10.3.15.8 Falla por tracción.

$$\sigma = \frac{Fcf}{Ast}$$

σ = Esfuerzo normal de tracción

Ast = Área transversal del martillo Entonces,

Datos:

$$Fcf = 26214.11 \text{ N}$$

$$Ast = 0.0036 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{26214.11 \text{ N}}{0.06 * 0.36}$$

$$\sigma = 1.2 \text{ MPa}$$

Con lo que el esfuerzo normal de tracción arroja un valor de 1.2 MPa

Siendo el factor de seguridad para este parámetro:

$$n = \frac{Sy}{\sigma}$$

$$n = \frac{276 \text{ MPa}}{1.2 \text{ MPa}}$$

$$n = 230$$

Dónde:

sy Para el acero inoxidable 304 es de 276 MPa

Considere elegir el material ideal, ya que el factor de seguridad es mucho mayor a 1, lo que le da confiabilidad al sistema y resistencia a la tracción normal.

Cuando los diversos factores que intervienen en el diseño del martillo están terminados, solo queda elegir su forma, y la forma elegida es un rectángulo simétrico.

10.4 Diseño del disco

Para el radio y largo calculado se utilizan discos de 150 mm de diámetro, con 4 agujeros de 1,3 cm de diámetro, que albergan el disco porta martillo, con una ranura en el centro del disco de 32 agujeros de diámetro. El eje principal lo atraviesa.

Teniendo en cuenta el procesamiento automatizado que se realizará, se espera que el disco tenga una fuerza de tracción proporcionada por la fuerza centrífuga del martillo, por lo que se considera que su valor es el doble del nominal, ya que es:

Las ecuaciones antes ya descritas:

$$n = \frac{Sy}{2 * rc}$$

$$s = \frac{Fcf}{Ad}$$

Si tomamos en consideración las ecuaciones tenemos:

$$s = \frac{2Fcf}{Ad}, \text{ descomponiendo } Ad \text{ tenemos } s = \frac{2Fcf}{e * d1 * 2}$$

10.4.1 Calculo de espesor del Disco

$$e = \frac{Fcf * n * 2}{d1 * S}$$

Hemos escogido para el factor de seguridad el valor de 2.

Remplazando los datos obtenemos el siguiente valor:

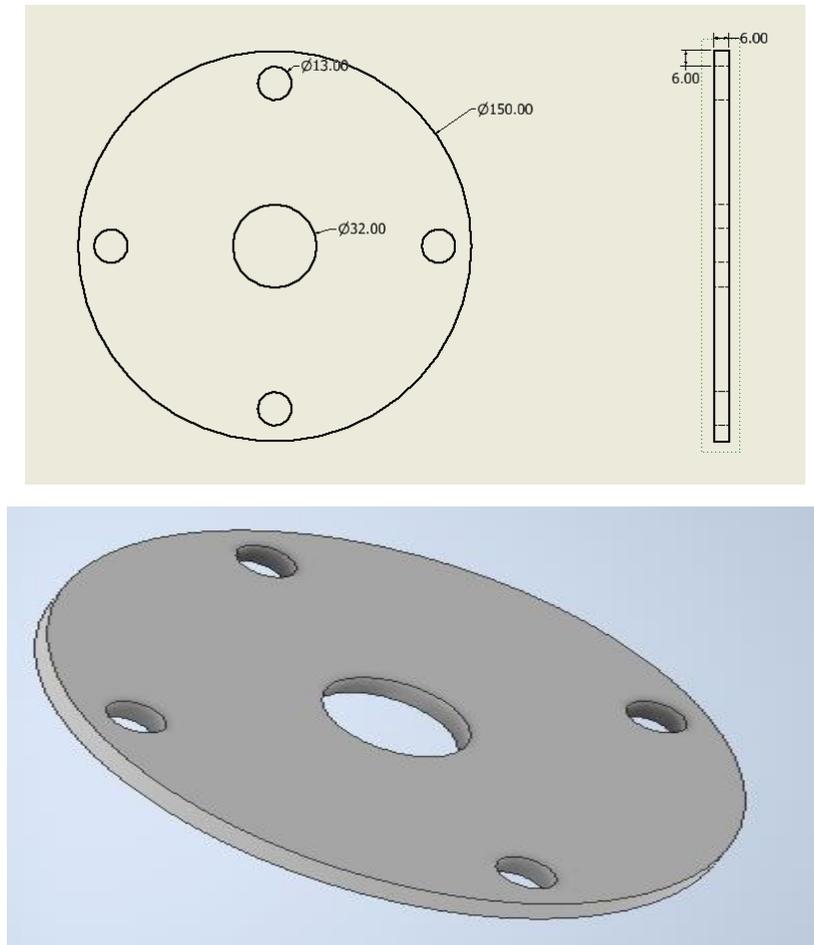
$$e = \frac{4508 * 2 * 2}{0.01 * 2.76 * 10^6}$$

$$e = 6.43 * 10^{-3}$$

$$e = 6.53$$

El espesor de la plancha como se observa es de 6.53, para la construcción se utilizará la plancha de 6mm de acero inoxidable AISI 304.

Figura 37: Diseño de discos

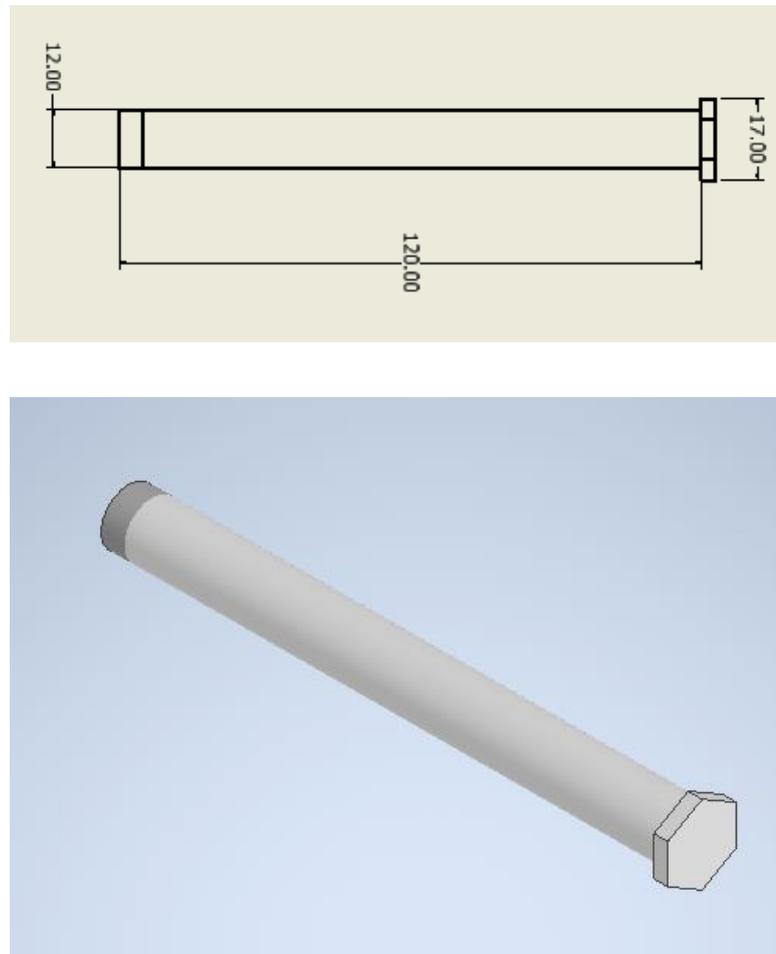


Fuente: Autores del proyecto

10.5 Diseño del eje secundario.

Se requiere un eje secundario para soportar los martillos, donde se selecciona el uso del tornillo que cumpla su función, pasando por todos los martillos de una misma fila. Diámetro del tornillo 13 mm, longitud 110 mm, 4 tornillos, cada uno con rosca de 30 mm, requiere tuerca y bloqueo para un funcionamiento seguro

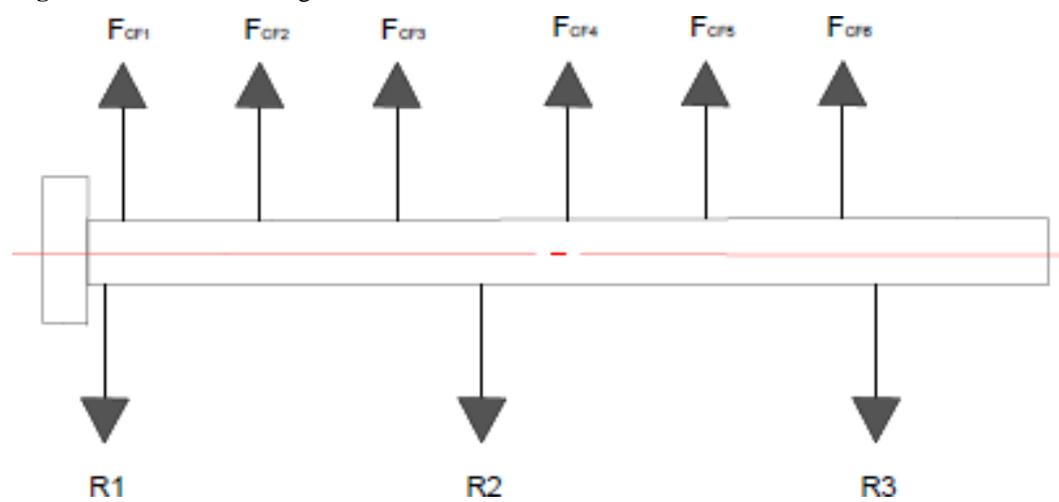
Figura 38: Diseño de perno porta martillos



Fuente: Autores del proyecto

Análisis de cargas sobre el sistema eje porta-martillos

Figura 39: Análisis de cargas



Fuente: Autores del proyecto

Dónde:

F_{cf} = Es la Fuerza centrífuga que genera cada martillo sobre el eje

R = Es la reacción que se produce por los discos porta ejes Entonces tenemos,

Datos:

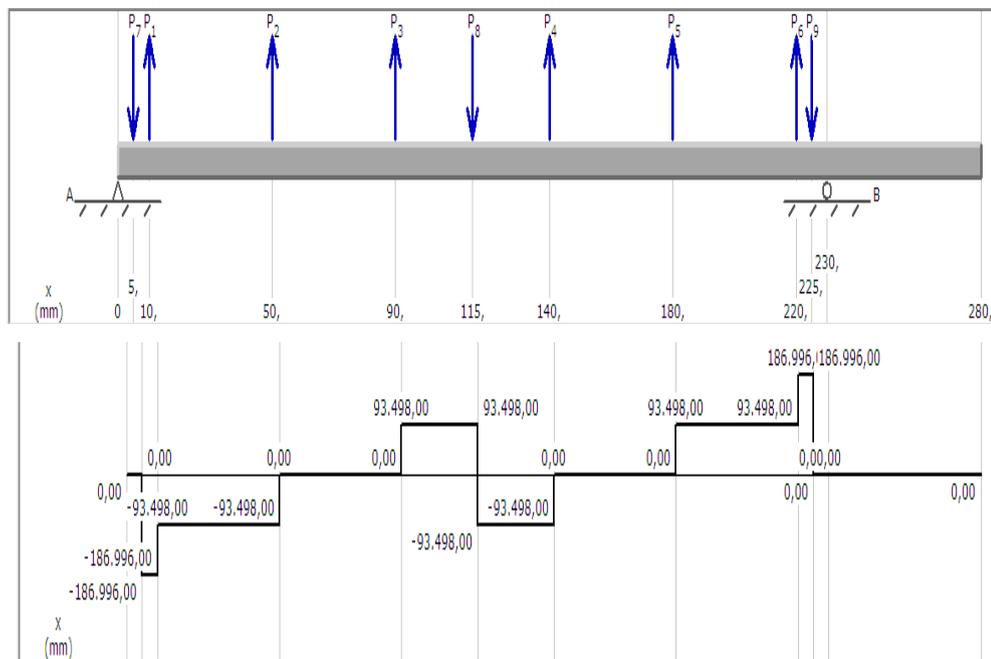
$F_{cf} = 4508 \text{ N}$

$$3R = 6 F_{cf}$$

$$R = \frac{6}{3} * 4508 \text{ N}$$

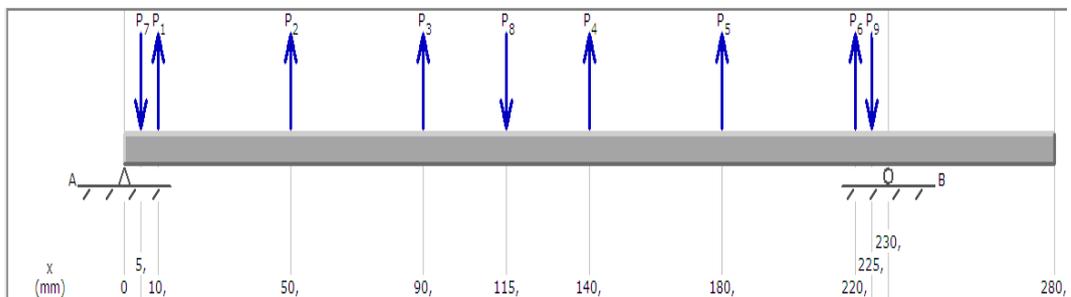
$$R = 9016 \text{ N}$$

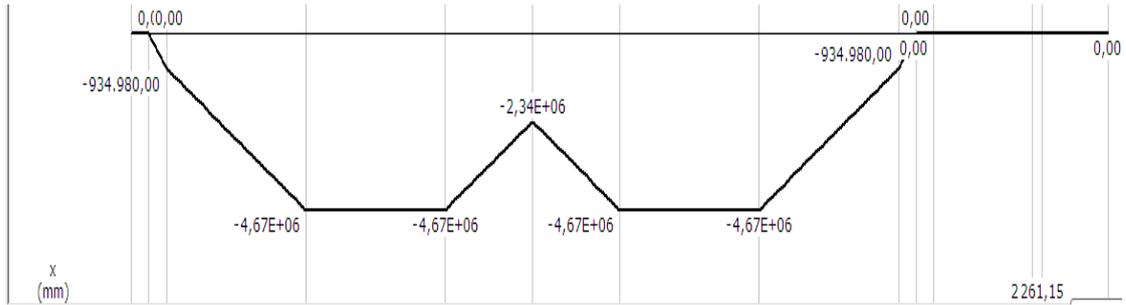
Figura 40. Diagrama de fuerzas de corte (N) sobre el perno porta- martillo



Fuente: Autores del proyecto

Figura 41. Diagrama de momento flector sobre el eje secundario





Fuente: Autores del proyecto

El área crítica de la carga máxima es igual en ambas áreas, es decir, distribuida simétricamente en la pieza de trabajo, entre 50-90 mm y 140-180 mm, 0.0 con respecto a la cabeza del tornillo, ver Fig. 41.

$$\sigma = \frac{M * c}{I}$$

Dónde:

M = Momento flexionante

C = Distancia entre el eje neutro al extremo

I = Momento de inercia Entonces,

Datos:

$M = 4670 \text{ Nm}$

$C = 0,01 \text{ m}$

$I = d^4 * \pi$

$$\sigma = \frac{M * c}{d^4 * \pi}$$

$$\sigma = \frac{4670 \text{ Nm} * 0.01 \text{ m}}{0.020^4 \text{ m}^4 * \pi}$$

$$\sigma = 92,91 \text{ Mpa}$$

Donde el esfuerzo aplicado sobre el perno porta-martillo es de 92,91 MPa Y el factor de seguridad asociado a este parámetro es:

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

$$n = \frac{245 \text{ Mpa}}{92,91 \text{ Mpa}} = 2.64$$

Lo que indica que el elemento a usar no fallara bajo las condiciones de trabajo.

10.6 Características de los separadores de los Discos.

Concluido con el diseño de los martillos y el eje porta-martillos, se ubicarán 3 discos porta-martillos a una distancia apreciable de 110 mm con lo que es necesario elaborar distanciadores de esa medida, los mismos que serán cilíndricos con un diámetro interno de 32 mm, espesor 2mm, con lo que el diseño ocuparía una cantidad de 2 distanciadores.

10.7. Capacidad del motor

$$\frac{P}{e} = k \left(\frac{1}{d2} - \frac{1}{D1} \right)$$

Dónde:

P = Potencia del motor

c = Capacidad de molienda

k = Constante de Rittinger [HP-cm/Ton-h] para este caso tiene un valor de 1.2 (fundamentos de operaciones con sólidos)

$D1$ = Diámetro del grano antes de la molienda

$D2$ = Diámetro del grano después de la molienda

Datos:

$c = 0.4 \text{ Ton/h}$

$k = 1.2 \text{ Hp} \cdot \text{dm} / \text{Ton} \cdot \text{h}$

$D1 = 0,05 \text{ dm}$

$D2 = 0,0775 \text{ dm}$

$$P = 0.4 \frac{\text{ton}}{\text{h}} * 1,2 \frac{\text{Hp} * \text{dm} * \text{h}}{\text{ton}} * \left(\frac{1}{0,05} - \frac{1}{0,0775} \right)$$

$$P = 2,74 \text{ Hp}$$

Por lo que se concluye seleccionar un motor de 3 Hp de potencia para el diseño de la máquina, y 1750 rpm Cálculo de fuerza de torque producida por el motor.

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

Dónde:

T = Torque generada por el motor

f = Frecuencia

Datos:

$f = 60 \text{ Hz}$

$$P = 2238 \text{ w}$$

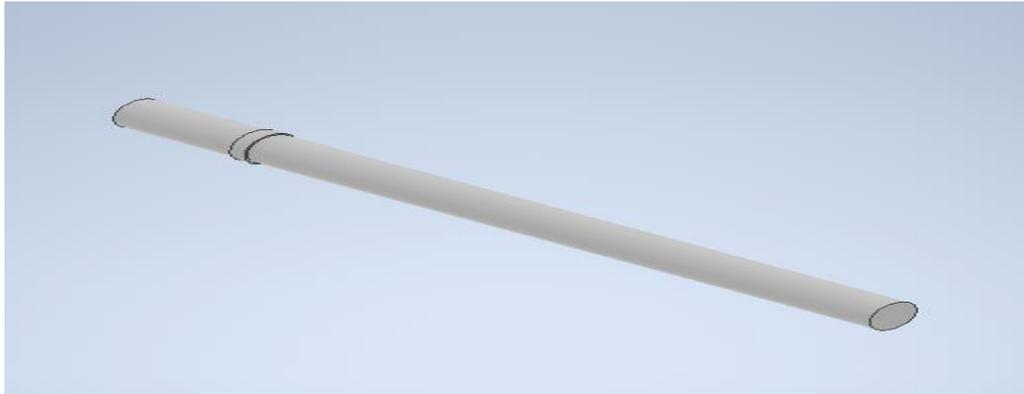
$$T = \frac{2238 \text{ w}}{2 * \pi * 60\text{Hz}}$$

$$T = 5,9 \text{ Nm}$$

Por lo cual el torque que genera el motor sobre el sistema es de 5,9 Nm.

10.8 Diseño del eje principal del Molino

Figura 42: Eje principal del molino



Fuente: Autores del proyecto

10.8.1 Peso total de los componentes incidentes sobre el eje.

Tabla 11. Peso total sobre el eje

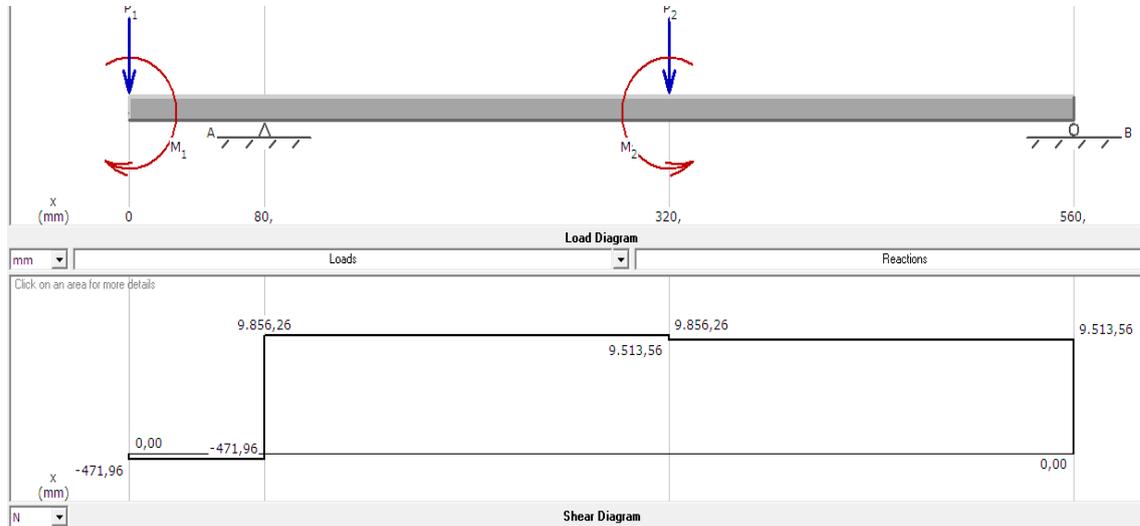
ELEMENTO	CANTIDAD	PESO UNIT. kg	PESO TOTAL kg
Martillo	24	1.16	27.84
Discos	3	0.64	1.92
Separador de martillos	24	0.10	1.2
Separador de discos	3	0.27	0.81
Eje secundario	4	0.69	2.76
Total			34.97

Fuente: Autores del proyecto

Este valor que se muestra en el eje es el peso de la disposición del eje con el cojinete del martillo ejerciendo fuerza sobre el componente móvil.

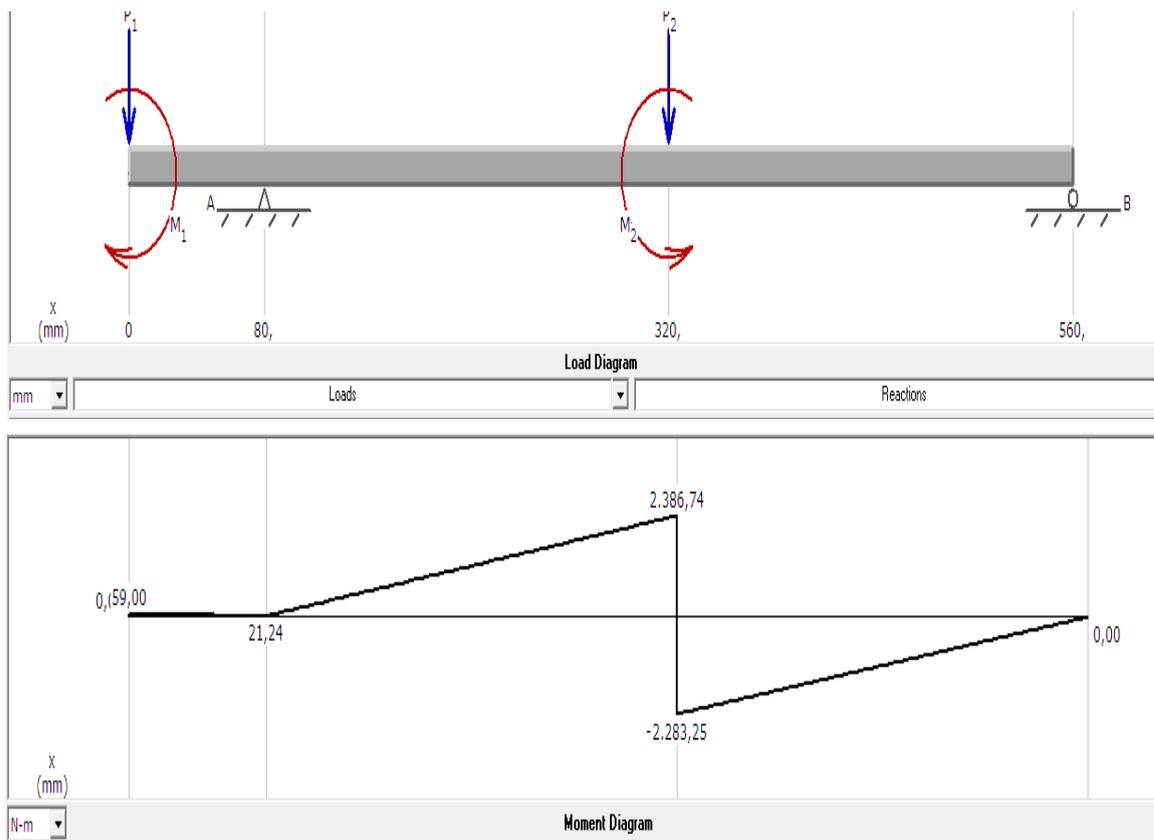
10.8.2 Análisis de cargas sobre el eje principal

Figura 43: Diagrama de fuerzas



Fuente: Autores del proyecto

Figura 44: Diagrama del momento flector



Fuente: Autores del proyecto

El gráfico muestra donde la carga es mayor, a 320 mm del conector de la polea, donde más sufre el peso de los componentes que componen el sistema de montaje del martillo.

Por lo tanto, para determinar el valor del esfuerzo de flexión normal, se usa la misma fórmula para el pasador del martillo que antes:

Datos:

$$M = 2386,74 \text{ Nm}$$

$$d = 0,032 \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{M * c}{d^4 * \pi}$$

$$\sigma = \frac{2386,76 \text{ Nm} * 0.02}{0.032^4 \text{ m}^4 * \pi}$$

$$\sigma = 14,49 \text{ MPa}$$

Donde el esfuerzo normal de flexión ejercido sobre el eje principal es $14,49 \text{ MPa}$ Y el factor de seguridad asociado a este parámetro es:

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

$$n = \frac{362 \text{ MPa}}{14,49}$$

$$n = 4,71 \text{ MPa}$$

Lo que indica que el elemento a usar no fallara bajo las condiciones de trabajo.

10.9 Requerimientos del tamiz

Este componente que será movable cubriendo lo martillos.

- Cubrir un ángulo de 360° .
- Separado entre 2 cm.
- Los agujeros variables de acuerdo con la medida y forma del grano

10.10 Diseño de cilindros

Para el diseño de los cilindros se consideró el diámetro total de los martillos y discos en funcionamiento la suma de estos es 28 cm como se mencionó la separación es de 2 cm considerando esto obtenemos que el primer cilindro tendrá un diámetro total de 30 cm internos y el cilindro secundario de 33cm considerando el espesor de la plancha.

De esta forma procedemos a calcular cuantos cm necesitamos para fabricar los cilindros:

Datos:

$$D1 = 30 \text{ cm}$$

D2= 33cm

$$A = \pi * d^2$$

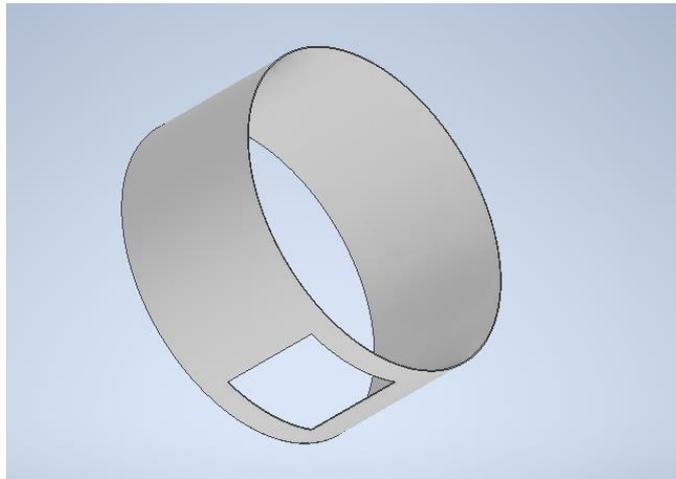
$$A = \pi * 30^2$$

$$A = 94.24 \text{ cm}$$

$$A2 = \pi * 33^2$$

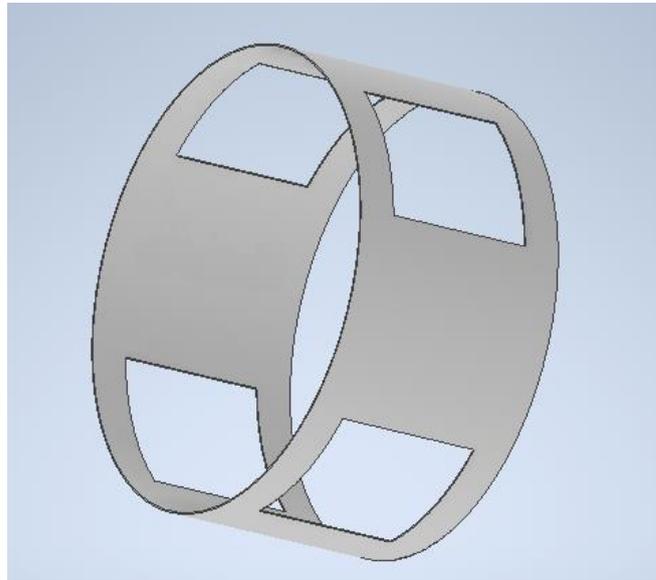
$$A2 = 103.67 \text{ cm}$$

Figura 45: Diseño del primer cilindro



Fuente: Autores del proyecto

Figura 46: Diseño del segundo cilindro



Fuente: Autores del proyecto

10.11 Selección de cuña.

De acuerdo con las recomendaciones de varios fabricantes de maquinaria y equipos agrícolas, la longitud del disco está hecha de material de acero A37 con una resistencia a la fluencia de

2350 Kg/cm², longitud 30 mm, ancho 10 mm, dimensión 8 mm de alto y 25 mm de longitud de manzana, mismo ancho y parámetros de altura.

10.12 Selección transmisión por polea.

Datos:

$$w_{eje} = 3000 \text{ rpm}$$

$$w_{motor} = 1750 \text{ rpm}$$

$$it = \frac{w_{eje}}{w_{motor}}$$

$$it = \frac{3000 \text{ rpm}}{1750 \text{ rpm}}$$

$$it = 1,7 \text{ rpm}$$

Donde la relación de transmisión del eje y motor es de 1,7.

Dónde:

it = Relación de transmisión

Con lo que se seleccionan 2 poleas la del motor de 4 pulg AK74 y la del eje de 6 plg BK130

IMPLEMENTACIÓN

Para la ejecución del proyecto de investigación, tomando en cuenta los parámetros de diseño establecidos, se consideró que el molino de martillos solo tritura no pulveriza determinando que la necesidad de que la maquinas que pulverizan son caras por esto se diseñó los cilindros ya descritos ver figura 46 y 47 estos cilindros cubrirán los discos y martillos los cuales no permitirán que los granos se dispersen y aparte de triturar garantiza su pulverización los tamices varían según la necesidad del producto para una mayor comodidad de manejo de la maquina se integrara un sistema de control.

10.13. Selección del sistema eléctrico y de control

Sistema eléctrico

Selección del interruptor automático magnetotérmico

Su misión es la de proteger a la instalación y al motor.

$$IN = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$$

$$IN = \frac{3 * 746}{\sqrt{3} * 220 * 0.85}$$

$$IN = 6.90 A$$

Calculamos la intensidad para el interruptor.

$$Ic = 1.15 * 6.90 = 7.90A$$

Se recomienda utilizar un interruptor termomagnético de 10 A

Elección del interruptor automático magnetotérmico: Se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Hay que seleccionar el tipo de curva de disparo. Ver tabla adjunta.
2. Elegir el calibre o intensidad nominal, cuyo valor será inferior o igual a la que consume el receptor de forma permanente.

Tabla 12: Tipos de curva de disparo

Curva de disparo	Corriente de magnético	Calibre	Aplicaciones
B	5	2	Protección generadores de personas y grandes longitudes de cable
		3	
		4	
C	10	6	Protección general
		10	
		16	
D	20	20	Protecciones de receptores con elevadas corrientes de arranque
		25	
		40	
Z	3,6	60	Protección de circuitos eléctricos

Fuente: (Enrique, 2010)

Elegir el interruptor automático magnetotérmico necesario para proteger un motor trifásico, que consume 10 A y en su arranque se produce una sobrintensidad admisible de 12 veces esa corriente.

- Se elige la curva de disparo tipo C
- El calibre por elegir es el de 10 A, por ser igual a la corriente del motor.

Figura 47. Aspecto físico



Fuente: (Enrique, 2010)

Elementos utilizados

- Contactores
- Relé térmico
- Interruptor automático magneto térmico
- Pulsadores

Descripción de los elementos

Selección del contactor

Es un mecanismo cuya misión es la de cerrar unos contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos. Esto ocurre cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos. (Enrique, 2010)

Partes de que está compuesto:

- Contactos principales: 1-2, 3-4, 5-6.
- Tienen por finalidad abrir o cerrar el circuito de fuerza o potencia.
- Contactos auxiliares: 13-14 (NO)

El contactor de la figura solo tiene uno que es normalmente abierto.

Circuito electromagnético:

Consta de tres partes. -

- 1.- El núcleo, en forma de E. Parte fija.
- 2.- La bobina: A1-A2.
- 3.- La armadura. Parte móvil.

Figura 48. Aspecto físico



Fuente: (Enrique, 2010)

Elección del Contactor:

$$K > IN$$

$$K > 6.9$$

Seleccionamos el contactor de LC1D09

Figura 49. Tabla de selección para contactores

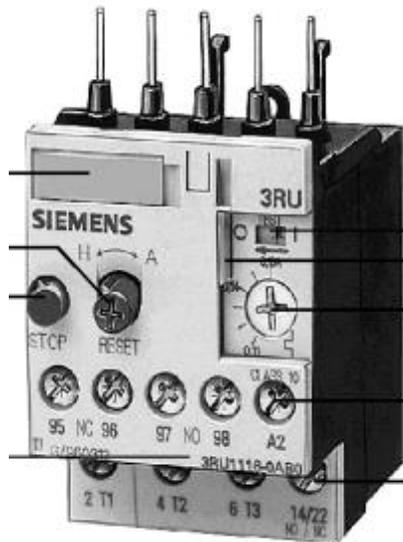
Potencias normalizadas de los motores trifásicos 50/60 Hz. en AC-3		Corriente asignada de empleo en AC-3	Contactos auxiliares integrados	Referencia a ordenar
kW (CP)	kW (CP)			
220 V	440 V	A		
Contactores magnéticos tripolares CA con terminales atornillables				
2.2 (3)	4 (5.5)	9	1NA-1NC	LC1D09**
3 (3)	5.5 (7.5)	12	1NA-1NC	LC1D12**
4 (5.5)	9 (12)	18	1NA-1NC	LC1D18**
5.5 (7.5)	11 (15)	25	1NA-1NC	LC1D25**
7.5 (7.5)	11 (15)	32	1NA-1NC	LC1D32**
9 (10)	18.5 (25)	38	1NA-1NC	LC1D38**
11 (15)	22 (30)	40	1NA-1NC	LC1D40A**
15 (20)	30 (40)	50	1NA-1NC	LC1D50A**
18.5 (25)	37 (50)	65	1NA-1NC	LC1D65A**
22 (30)	45 (60)	80	1NA-1NC	LC1D80**
25 (33)	45 (60)	95	1NA-1NC	LC1D95**
30 (40)	59 (80)	115	1NA-1NC	LC1D115**
40 (55)	80 (100)	150	1NA-1NC	LC1D150**

Fuente: (Enrique, 2010)

Relé de sobrecarga térmico

Es un mecanismo que sirve como componente de custodia del motor. Su tarea se basa en desconectar el circuito una vez que la magnitud consumida por el motor, supera a lo largo de un periodo corto, a la permitida por este, evitando que el bobinado magnitud, ocasionan el calentamiento del bimetálico y la abertura del relé. Se debería regular (tornillo 7), a la Magnitud Nominal del motor (I_n), para el arranque directo. (Enrique, 2010)

Esta magnitud tendrá que advenir indicada en la placa de propiedades del motor.

Figura 50: Aspecto físico

Fuente: (Enrique, 2010)

Elección del Relé Térmico:

$$F_{\text{minimo}} = IN * 0.80 = 5.52$$

$$F_{\text{maximo}} = \frac{IN}{0.80} = 8.62$$

Figura 51: Tabla de selección del relé térmico

para con- tactor 3RT1	Apto para motores trifásicos con P ³)	Gama de regulación	Fusible gL/gG ⁴)
Tamaño ⁵)	kW	A	A
S2	3	5,5 – 8	25
	4	7 – 10	35
	5,5	9 – 12,5	35
	7,5	11 – 16	40
	7,5	14 – 20	50
	11	18 – 25	63
	15	22 – 32	80
	18,5	28 – 40	80
	22	36 – 45	100
	22	40 – 50	100
S3	11	18 – 25	63
	15	22 – 32	80
	18,5	28 – 40	80
	22	36 – 50	125
	30	45 – 63	125
	37	57 – 75	160
	45	70 – 90	160
	45	80 – 100 ⁶)	200

Fuente: (Enrique, 2010)

Pulsadores

Los pulsadores son elementos de accionamiento que sirven para cerrar o abrir un circuito permitiendo el paso o no de la corriente a través de ellos.

Existen tres tipos:

- Pulsador de paro.
- Pulsador de marcha.
- Pulsador de doble cámara.

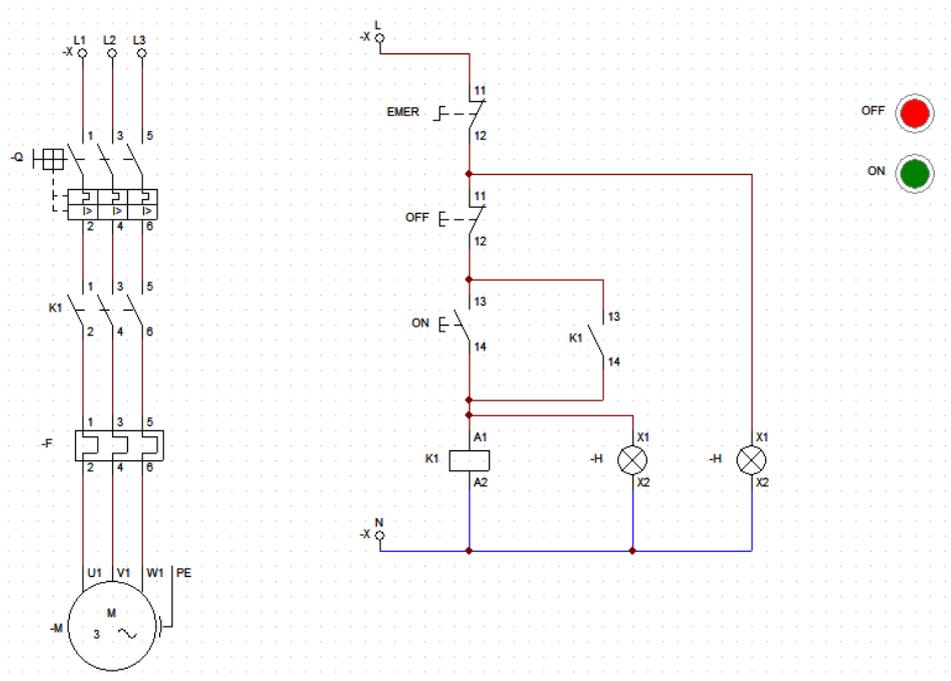
Figura 52: Aspecto físico



Fuente: (Enrique, 2010)

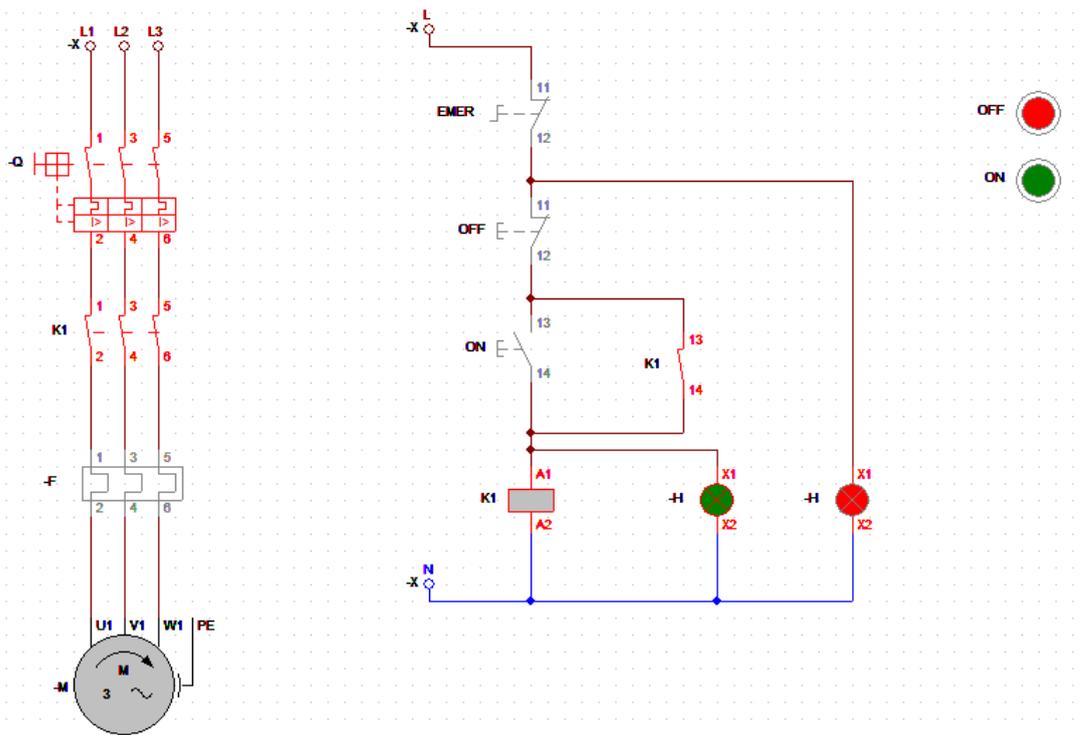
Diseño del sistema eléctrico

Figura 53: Diagrama de fuerza del sistema eléctrico



Fuente: Autores del proyecto

Figura 54: Diagrama de funcionamiento del sistema eléctrico



Fuente: Autores del proyecto

Sistema de control

Elementos utilizados.

- Arduino mega
- Modulo Relé Relay 5v 2 Canales
- Sensor Inductivo Npn 12mm 6-24vdc Industrial Fin De Carrera
- Pantalla Hmi Tft Serial Arduino Nextion Enhanced 5 Inch
- Baquelita Perforada

Descripción de los elementos

Arduino mega

Arduino es una marca de microcontroladores mundialmente conocida por los amantes de la electrónica, la programación y la robótica. Es un proyecto Open Source que pone a disposición de sus usuarios una amplia gama de dispositivos basados en el microcontrolador AtMega. Es posible comprar una placa Arduino armada o conseguir las piezas para uno mismo desarrollar sus propios dispositivos.

El Arduino Mega es probablemente el microcontrolador más capaz de la familia Arduino. Posee 54 pines digitales que funcionan como entrada/salida; 16 entradas análogas, un cristal

oscilador de 16 MHz, una conexión USB, un botón de reset y una entrada para la alimentación de la placa. (González, 2017)

La comunicación entre la computadora y Arduino se produce a través del Puerto Serie. Posee un convertidor USB-serie, por lo que sólo se necesita conectar el dispositivo a la computadora utilizando un cable USB como el que utilizan las impresoras.

Arduino Mega posee las siguientes especificaciones:

- Microcontrolador: ATmega2560
- Voltaje Operativo: 5V
- Voltaje de Entrada: 7-12V
- Voltaje de Entrada(límites): 6-20V
- Pines digitales de Entrada/Salida: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM)
- Pines análogos de entrada: 16
- Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida: 40 mA
- Corriente DC entregada en el Pin 3.3V: 50 mA
- Memoria Flash: 256 KB (8KB usados por el bootloader)
- SRAM: 8KB
- EEPROM: 4KB
- Clock Speed: 16 MHz

Alimentación

Arduino Mega puede ser alimentado mediante el puerto USB o con una fuente externa de poder. La alimentación es seleccionada de manera automática.

Cuando se trabaja con una fuente externa de poder se debe utilizar un convertidor AC/DC y regular dicho voltaje en el rango operativo de la placa. De igual manera se puede alimentar el micro mediante el uso de baterías. Preferiblemente el voltaje debe estar en el rango de los 7V hasta los 12V. (González, 2017)

Arduino Mega posee algunos pines para la alimentación del circuito aparte del adaptador para la alimentación:

- VIN: A través de este pin es posible proporcionar alimentación a la placa.
- 5V: Podemos obtener un voltaje de 5V y una corriente de 40mA desde este pin.
- 3.3V: Podemos obtener un voltaje de 3.3V y una corriente de 50mA desde este pin.
- GND: El ground (0V) de la placa.

Arduino puede ser programado de una manera muy fácil utilizando el lenguaje propio de Arduino junto con la interfaz Arduino IDE.

Modulo Relé Relay 5v 2 Canales

Descripción

Esta unidad de relé 2 se utiliza para conmutar cargas eléctricas. Los contactos de los relés están diseñados para manejar cargas de hasta 10A y 250VAC (30VDC), aunque recomendamos dejar un margen por debajo de estos límites. El módulo proporciona la electrónica necesaria para controlar las bobinas del relé y la señal de control puede provenir de cualquier circuito de control TTL o CMOS, como un microcontrolador o una salida de placa Arduino 3.3V-5V.

Características:

- 2 canales accionados por corriente con circuito de control por transistor.
- Relevador (Relay) de 1 polo 2 tiros
- El voltaje de la bobina del relevador es de 5 VDC
- Led indicador para cada canal (enciende cuando la bobina del relevador esta activa)
- Activado mediante corriente: el circuito de control debe proveer una corriente de 15 a 20 mA
- Puede controlado directamente por circuito lógicos
- Terminales de conexión de tornillo
- Terminales de entrada de señal lógica con cabezales macho de 0.1"

Especificaciones:

- Versión de voltaje: 5V
- Corriente estática: 4mA
- Corriente de trabajo: 135mA
- Tensión de disparo: 0-2 V
- Corriente de disparo: 2 mA
- Sección de entrada:
- VCC: fuente de alimentación positiva (por fuente de alimentación de tensión de relevador)
- GND: la fuente de alimentación es negativa
- IN1: 1 módulo de relevador señala terminal de disparo
- IN2: módulo de relevador de 2 canales señales de terminal de disparo
- Sección de salida (salida de relevador):

- A, NO1: después de que un relé normalmente abre la interfaz y el relevador antes de que flote, el cortocircuito se absorbe y COM1
- B, COM1: 1 interfaz común de relevo
- C, NC1: interfaz de relevador normalmente cerrado de 1 vía y relevador COM1 cortocircuitado antes y después del pull-vacant
- D, NO2: interfaz de relevador normalmente abierto de 2 vías y relevador antes de flotar, tire del cortocircuito y COM2
- E, COM2: interfaz común de relevador de 2 vías
- F, NC2: interfaz de relevador normalmente cerrado de 2 vías y relevador antes y COM2 corto, liberación de tirón vacante

Sensor inductivo

El sensor inductivo es un dispositivo de detección remota. Detectan metales a distancias cortas (hasta 40 o 50 mm, según el modelo). Estos dispositivos se utilizan como interruptores de límite para detectar metales magnéticos sin contacto físico.

Su uso ha sido popular durante algún tiempo, reemplazando un interruptor de límite mecánico en la mayoría de las aplicaciones. Esto se debe a las evidentes ventajas de estos sensores frente a los anteriores:

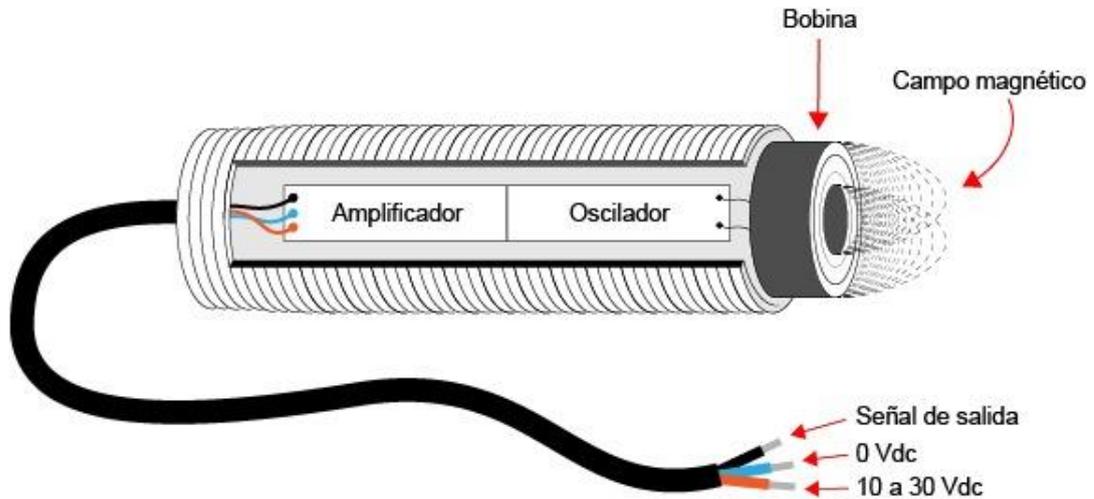
- Sin desgaste mecánico por fricción o golpes
- Sin ruido ya que no hay contacto entre el elemento móvil y el sensor
- Mayor vida eléctrica y mecánica (sensor inductivo con salida electrónica: sin “chispas”)
- Tamaño más pequeño y fácil de reparar (las formas más comunes son cilíndricas o prismáticas)

Funcionamiento

El sensor inductivo contiene un transistor oscilador cuya absorción de corriente se ve afectada por la proximidad del metal a la bobina de dicho oscilador. Esta bobina está ubicada en la cabeza del sensor y el circuito oscilador está ubicado en el cuerpo.

El cambio de intensidad es detectado por los circuitos electrónicos del sensor y convertido en una señal de encendido-apagado (PNP-NPN) por un amplificador

Figura 55: Sensor NPN



Fuente: (Contaval, 2017)

Sensor NPN

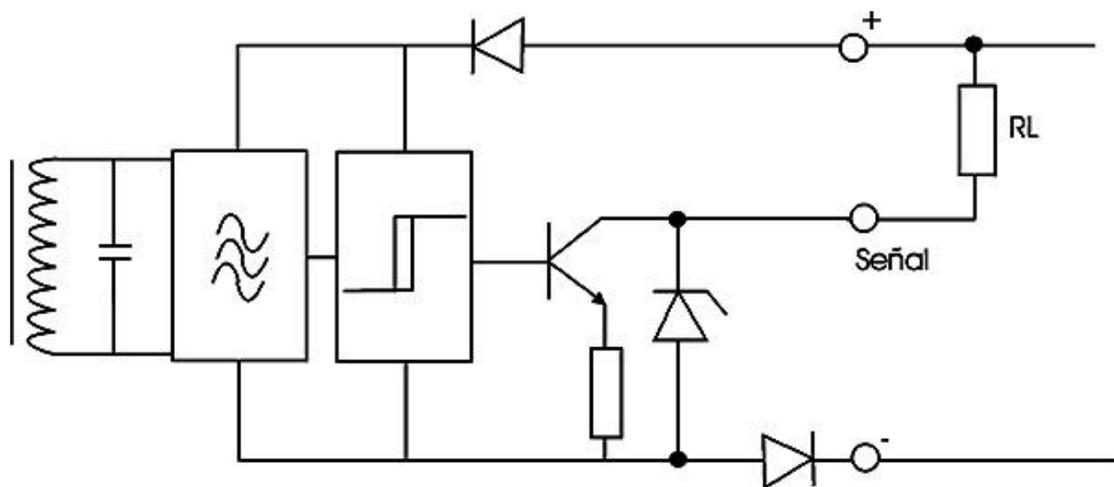
Son sensores inductivos que están integrados dentro del oscilador, el circuito de clasificación y el amplificador de transistor de salida (transistor NPN).

La conexión se realiza mediante tres hilos (colores estándar: marrón, azul y negro). La tensión de alimentación es de 10 a 30 Vdc. Las versiones normalmente abiertas (N.A.) y normalmente cerrada (NC) están disponibles.

Actualmente, sus sensores cuentan con protección contra cortocircuito e inversión de polaridad.

El diagrama esquemático de estos sensores se describe a continuación:

Figura 56: Esquema del transistor NPN



Fuente: (Contaval, 2017)

Para lo que es la programación de la interfaz de la pantalla se la realizo en la aplicación Nextion editor la cual más adelante detallaremos.

Monitor avanzado Hmi Tft Serial Arduino Nextion de 5 pulgadas

¿Qué es Nextion? Nextion es una solución de interfaz hombre-máquina (HMI) que combina un procesador integrado y una pantalla táctil habilitada para memoria con el software Nextion Editor para desarrollar proyectos de GUI HMI. (próximo lanzamiento, 2021)

Con Nextion Editor, puede desarrollar HMI rápidamente arrastrando y soltando elementos interactivos (gráficos, texto, botones, controles deslizantes, etc.) y componentes interactivos al costado de la pantalla.

La pantalla HMI de Nextion se comunica con la MCU del terminal a través de la secuencia TTL (5 V, TX, RX, GND) para proporcionar una notificación de evento de que la MCU del terminal puede operar, y la MCU del terminal puede actualizar fácilmente el progreso y el estado en la pantalla de Nextion de forma sencilla. Texto ASCII. curso educativo. (NAIA, 2021)

Modo de juego

El rodillo se gira a la hora de hacer clic en la pantalla y, dependiendo de dónde se presionó el motor en función del descubrimiento del sensor de inducción PNP. Cuando usa el sensor PNP, cancele la migración cortando la alimentación de que el motor debe estar activo y lo hará todos los sitios necesarios.

programa.

La programación de Arduino se crea en la aplicación ARDUINO IDE con el lenguaje de programación de C

Debido a que antes de comenzar la programación, ayudamos a un esquema diseñado para saber que este proceso debe estar vacío de acuerdo con las tiras deseadas a continuación, que será el esquema que estamos desarrollados.

Ha creado funciones para cada botón de visualización en la pantalla para notificarle cualquier acción, ya que se ha programado de acuerdo con lo que nos ayudará a conocer la posición que se encuentra y, por lo tanto, llegará a la posición que seleccionó, evitando el problema que se detiene en Una posición indeseable o evitelo Si presiona la misma posición, el motor se utilizará girando el motor sin ningún significado.

Para la programación de pantalla, debe conectarse a la Biblioteca Nestion en Arduino, lo que nos permite verificar la pantalla, todo lo que puede ver en el Código de programación de Arduino.

Desarrollo de interfaz de pantalla Nextion

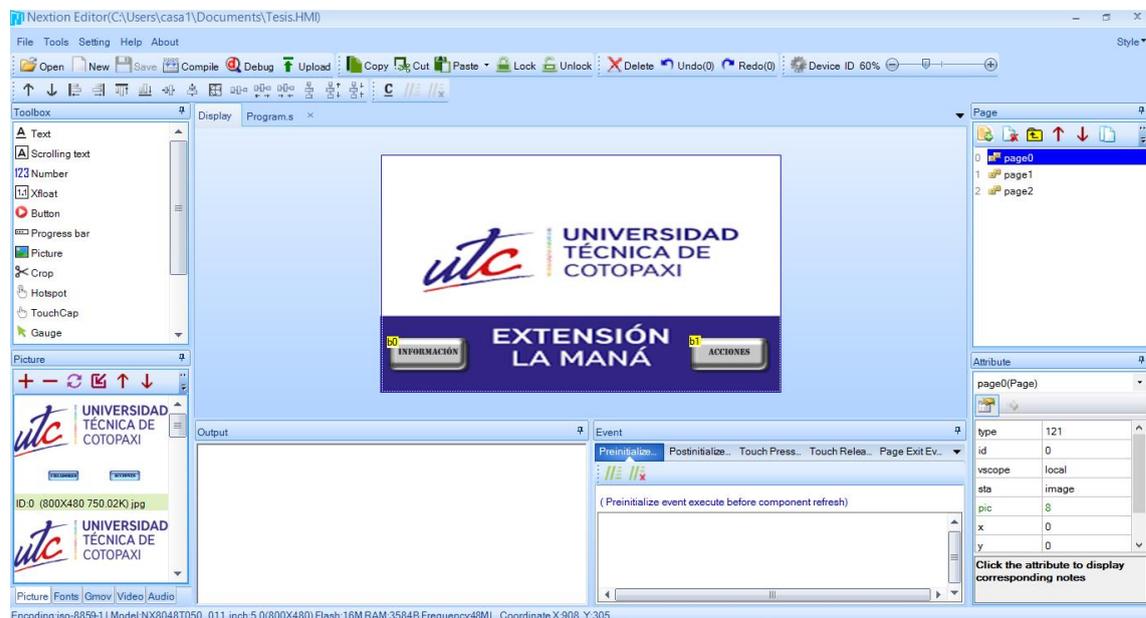
Nextion es probablemente una de nuestras mejores opciones para crear proyectos de bricolaje. No solo es compatible con Arduino, sino que también se puede utilizar independientemente de la placa. (Zaragoza, 2018)

Hay tres formas de usar estas pantallas.

- Cree una interfaz en pantalla TFT de Nextion independiente con el Editor de Nextion.
- Crear una interfaz en una pantalla TFT con una conexión Arduino
- Pantalla programable a través de cualquier conexión UART
- Pruebe a programar desde las bibliotecas oficiales de Arduino - Nextion

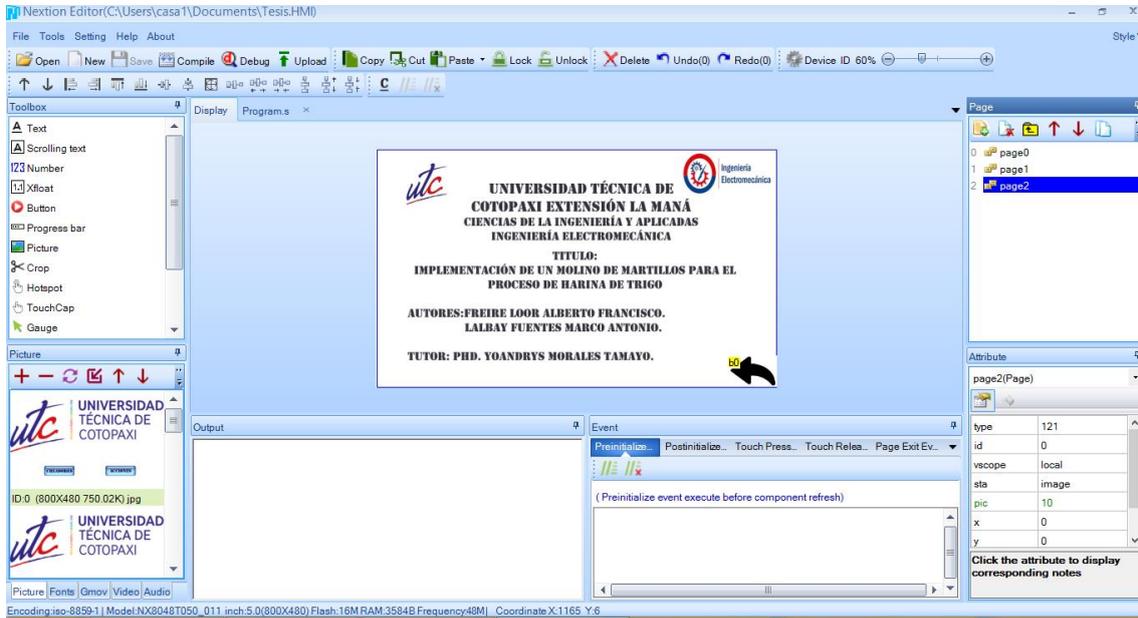
Para la interfaz de pantalla usamos tres ventanas, la primera ventana en la ventana principal tendrá dos opciones, una es una ventana de información y la otra es una ventana con opciones de filtro como se muestra a continuación.

Figura 57: Ventana principal de la pantalla



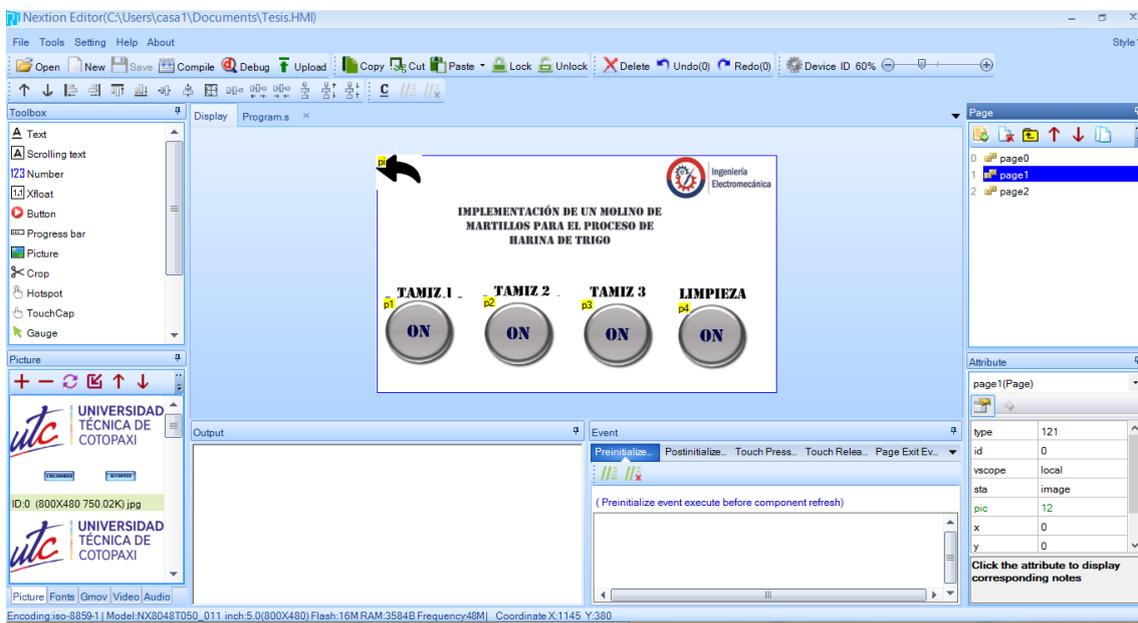
Fuente: Autores del proyecto

Figura 58: Ventana de la opción sobre la información del proyecto con el título y el nombre de integrantes y tutor.



Fuente: Autores del proyecto

Figura 59: Ventana con las opciones de tamizaje que deseamos obtener



Fuente: Autores del proyecto

11. ANALISIS DE LOS RESULTADOS.

Como puede verse en las Tabla 11, los factores que cambian en cada una de estas pruebas son el tipo de funda, la velocidad de molienda y el tipo de secado. Se trata, como se ha dicho, de determinar el porcentaje útil para aplicaciones en el medio rural y en el sector agroalimentario.

Las velocidades nominales de nuestro molino son 1800rpm.

Tabla 13. Tiempos de pruebas

Prueba	Tiempo (h)	Cantidad (Kg)
1	1	14
2	1	42
3	1	62
4	1	58

Fuente: Autores del proyecto

De acuerdo con las mediciones realizadas se puede apreciar que la maquina tiene una capacidad de molienda de 50 kg por hora

Comparando las dos primeras pruebas, concluyo que la cámara de molienda está vacía al principio y durante la segunda ejecución, la eficiencia del proceso de molienda en la trituradora aumenta porque la cámara está llena.

Eficiencia del proceso de molienda

Esta sección evalúa la eficiencia del proceso de molienda dentro del molino. Se realizaron cuatro pruebas, una antes y otra después de cerrar algunas fugas que ocurrieron durante la fase de construcción. Las fugas se detectan a la salida del molino, en las juntas entre cada cámara de molienda y en los orificios por donde pasa el eje.

Tabla 14. Resultados de eficiencia de molienda

Resultado de eficiencia en la molienda	
Producto	Trigo
Velocidad de trituración	1800 rpm
Cantidad de prueba	50 kg
Tiempo de prueba	1 h

Fuente: Autores del proyecto

12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

12.1 Costos de materia prima

Tabla 15: Elementos Mecánicos

MATERIALES			
CANT.	ELEMENTO	COSTO P/U	COSTO TOTAL 12% / 14%
2	Plancha de acero inox 2 mm	22.5	50.4
1	Plancha de acero 3 mm	80.00	89.6
3	Plancha de acero 6mm	23.00	75.9
2	Platina 11/2	14.00	31.36
1	Tubo cuadrado 2"x 2mm	25.00	29
4	Eje ½" x 500 mm inox	4.00	17.92
1	Eje 1" 1/8 x 820 mm	16.00	17.92
2	Chumacera 1" 1/8 piso KDF	18.00	40.32
2	Bandas de transmisión	10.00	22.4
1	Polea aluminio 4" tipo B	7.00	7.85
1	Polea aluminio 6" tipo B	11.00	11.32
4	Pintura esmalte	9.00	40.32
15	Pernos 3/8 x 1"	1.00	16.8
4	Disco de cote 7"	3.00	13.44
2	Cuña	7.00	15.68
		TOTAL \$	494.59

Fuente: Autores del proyecto

12.2 Costos extras.

Tabla 16. Costo de fabricación.

COSTOS DE USO DE MAQUINAS			
PROCESO	TIEMPO (h)	COSTO – h\$	COSTO TOTAL \$
Torno	5	1.95	9.75
Cortadora	3	1.85	4.85
Fresadora	2	2.15	4.3
Soldadora	5	1.35	6.75
Herramientas complementarias	9	2	18
		TOTAL \$	43.65
		MANO DE OBRA \$	200
		TOTAL \$	243.63

Fuente: Autores del proyecto

12.3 Costos de sistema eléctrico

Tabla 17. Costos de elemento eléctrico

ELEMENTOS ELÉCTRICOS			
CANT.	ELEMENTO	COSTO P/U	COSTO TOTAL
1	Contactador	31.00	31.00
1	Relé térmico	48.80	48.80
1	Pulsador de emergencia	14.00	14.00
4	Pulsador de marcha	11.65	46.60
1	Riel dic	6.00	6.00
1	Cable # 22	6.00	6.00
1	Cable #10	4.00	4.00
1	Enchufe	4.50	4.50
1	Caja	50.00	50.00
1	Motor	280.00	280.00
1	Arduino	20.00	20.00
1	Pantalla 5 pulg	98.00	100.00
1	Sensor inductivo	8.00	65.00
1	Modulo relé	3.60	3.60
		TOTAL \$	687.30
		MANO DE OBRA \$	200
		TOTAL	887.30

Fuente: Autores del proyecto

El costo total invertido en la realización de este proyecto de titulación se ilustra en la siguiente tabla, la misma que indica que el costo total de inversión es de \$1672.12:

Tabla 18. Gastos totales de proyecto

COSTO TOTALES DE LA CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL MOLINO DE MARTILLO	
DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL
Materiales	\$494.59
Maquinado	\$243.63
Elementos eléctricos	\$887.30
TOTAL	\$1625.52

Fuente: Autores del proyecto

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1 Conclusiones:

- Estos tipos de implementaciones crean una ventaja competitiva sobre las fábricas tradicionales en el mercado; algunas de estas ventajas se encuentran, por ejemplo, en el tamizaje, al ser un sistema de dos etapas donde se puede utilizar una o ambas dependiendo de las necesidades de producción.
- El diagnóstico de lo investigado sobre el principio de funcionamiento y las diferentes partes que conforman un molino de fue que la eficiencia de la operación es común y no garantiza una excelente pulverización porque estas máquinas son construidas para triturar debido a la cámara de triturado y el cribado o tamizado solo golpea y dispersa el grano.
- Para identificar las alternativas adecuadas a la implementación del molino de martillos, se diseñó todas las partes fundamentales de un molino de martillos, de realizar los cálculos correspondientes, los elementos eléctricos de control y protección del sistema automático de la máquina es necesario implementa un motor que controle la distribución de las cuatro posiciones para que se designe su funcionamiento con respecto con al tamiz el primer cilindro conecta con la tolva y a medida que el molino gire golpeará el grano sin que se disperse
- La máquina logra reducir una gran parte de separación del triturado y el pulverizada, la eficiencia del tamizado mucho mejor que la mayoría de los molinos, con un mejor manejo utilizando un sistema de control automático en los mecanismos influyentes en el proceso de harina de trigo.

13.2 Recomendaciones:

- Para un funcionamiento eficiente del molino de martillos desarrollado y demostrado en este trabajo, se recomienda que el producto este seco antes de ingresar a la tolva, esto es para evitar posibles problemas como la obstrucción en los tamices y la adherencia a las paredes de la cámara de molienda.
- Realizar mantenimientos periódicos de acuerdo con la necesidad y uso del molino de martillos para evitar los daños causados por este factor.

- Antes y después de la utilización del molino de martillos es recomendable realizar una limpieza en las partes del equipo para evitar cálculos erróneos en la práctica.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Bibliografía

(s.f.). Obtenido de Transmision por poleas y correas o cadenas:
https://www.cienciasfera.com/materiales/tecnologia/tecno01/tema13/3_transmision_por_poleas_y_correas_o_cadenas.html

Abanto Alarcon, J. (2020). *DISEÑO DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE EJE HORIZONTAL DE 15 TN/DÍA PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS EN LA INDUSTRIA GANADERA EN LA ZONA RURAL DE CAYALTÍ*. Chiclyo.

Agrícolas, JF- Maquinas. (s.f.). *Manual de operacion*. Obtenido de <http://agroscopio.com/wp-content/uploads/2020/12/MANUAL-MOLINO-PICADOR-JF-2D.pdf>

Aprendiendo arduino. (s.f.). Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/11/ide-arduino/>

Bon, F. C. (s.f.). Obtenido de <https://elvex.ugr.es/decsai/builder/intro/2.html#:~:text=IDE%20es%20el%20acr%C3%B3nimo%20de,un%20entorno%20unificado%20o%20integrado>.

Cañavate, J. O. (2003). *Las màquinas agrícolas y su aplicacion*. España.

Carrera Cano, D., & Vargas Bonifa, J. (2016). *Diseño y construccion de una trituradora de morochillo entero para produccion de balanceados*. Quito-Ecuador.

Company, S. (s.f.). <https://www.swmill.com/hammers>.

Contaval. (12 de 06 de 2017). *Contaval*. Obtenido de <https://www.contaval.es/sensores-inductivos-vdc-3-hilos/#:~:text=Sensores%20NPN,de%2010%20a%2030%20Vcc>.

Cos.Mec. (s.f.). Obtenido de <https://www.cosmec-it.com/es/prodotti/molino-de-martillos>

Cuadrado , I., & Rueda, J. (2009). *Diseño y construcción de un molino de martillos*. Quito.

CUADRADO, I., & RUEDA, J. (2009). *Diseño y construcción de un molino de martillos*. Quito.

Cuvi Acurio, W., & Sánchez villacis , H. (2016). *Implementacion de un molino de martillos para la trituración y reutilización de residuos solidos de poliuretano en industrias Verton*. Latacunga-Ecuador.

Deusto formacion. (2022). Obtenido de <https://www.deustoformacion.com/blog/diseño-arquitectonico/que-es-para-que-sirve-autodesk-inventor-diseño-producto>

Duda, W. H. (1997). *Manual tecnologico del cemento*.

Enrique, V. (2010). *Elementos Electromecanicos*.

Gonzáles, C. (s.f.). Obtenido de <https://frigoristas.wordpress.com/cade-simu/>

González, A. G. (2017). *panamahitek*. Obtenido de <http://panamahitek.com/arduino-mega-caracteristicas-capacidades-y-donde-conseguirlo-en-panama/>

GUTIERREZ, M. (2015). *Repotenciación y automatización del molino de martillo en el laboratorio de procesos industriales de la facultad de ciencias*. RIOBAMBA.

Martinez, R. G. (06 de 08 de 2019). Obtenido de <https://www.vistronica.com/potencia/modulo-rele-de-1-canal-detail.html#:~:text=El%20M%C3%B3dulo%20Rel%C3%A9%20de%201,solicitado%20en%20las%20grandes%20industrias>.

Nextion. (20 de 08 de 2021). *Nextion*. Obtenido de <https://nextion.tech/> operacion, M. d. (s.f.).
<http://agroscopio.com/wp-content/uploads/2020/12/MANUAL-MOLINO-PICADOR-JF-2D.pdf>.

Procesamiento de minerales. Molienda etapas y tipos. (Septiembre de 2012). Obtenido de
 <<http://procesaminerales.blogspot.com/2012/09/molienda-etapas-y-tipos.html>>

Transmision de potencia por acoplamiento directo. (s.f.). Obtenido de
<https://www.monografias.com/docs/Transmisi%C3%B3n-De-Potencia-Por-Acoplamiento-Directo-PKYRVJEJMZ>

Transmision por engranajes. (s.f.). Obtenido de
https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contentido/43_engranajes.html

Uribe Perez, J., & Lozano Ramirez , E. (2014). *Desarrollo, construcción y pruebas de funcionamiento de un prototipo de molino de martillos para la trituración en estado seco de cáscara de cacao y similares*. FloridaBlanca-Bolivia.

Verdezoto, M. (2015). *Diseño de un molino artesanal para maíz con una capacidad de 250 kg/h para granjas avícolas*. Quevedo-Ecuador.

Zaragoza. (22 de 06 de 2018). *Zaragoza*. Obtenido de
<https://zaragozmakerspace.com/index.php/lessons/mvc-nextion-introduccion-a-nextion-editor/>

15. ANEXOS

Anexo 1. Ficha de maquina

ANEXO 1		FICHA DE MAQUINA		1
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI				
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO				
FICHA DE LA MÁQUINA				
DATOS GENERALES DE LA MÁQUINA				
NOMBRE:	MOLINO DE MARTILLOS	UBICACIÓN	LA MANÁ	
PROCEDENTE:	ECUADOR	SECCIÓN:	3D	
FABRICANTE:	FREIRE LALBAY	LARGO (m):	112 m	
A. de FABRICACIÓN:	2022	ANCHO (m)	0.90 m	
A. de INSTALACIÓN:	2022			
ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO				
	MOTOR TRIFÁSICO			
	CAPACIDAD (W):	1800		
	I. DE FUNCIONAMIENTO (A):	10 A		
	VOLTAJE (V):	220		
	CONEXIÓN:	DELTA		
	FRECUENCIA (Hz):	60		
	FACTOR DE POTENCIA:	0,85		
	VELOCIDAD ANGULAR (RPM):	1740		
	TIPO:	Asincrónico		
TRANSMISIÓN				
	POLEA MOTRIZ Ø (mm):	100		
	NÚMERO DE CANALES POLEA MOTRIZ:	2		
	POLEA CONDUCCIDA Ø (mm):	100		
	NÚMERO DE CANALES POLEA CONDUCCIDA:	2		
	DISTANCIA ENTRE CENTROS (mm):	400		
	BANDA DE TRANSMISIÓN			
	MODELO:	BANDA		
	TIPO:	V		
	NÚMERO DE BANDAS:	2		
	SERIE:	B54		

Anexo 2. Fabricación

Fabricación (Proceso de construcción de la maquina)

Foto1. Construcción de base y martillos



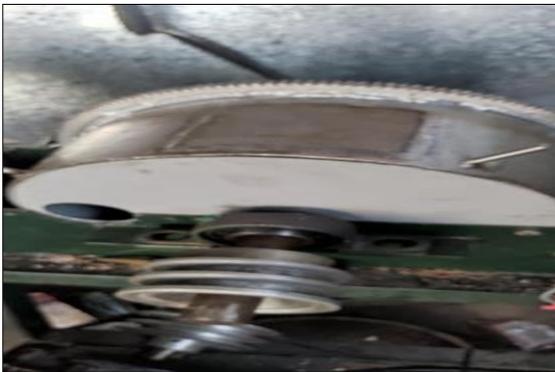
Fuente: Autores del proyecto

Foto 3. Cortes de huecos para tamices



Fuente: Autores del proyecto

Foto 5. Ajustes de cilindro



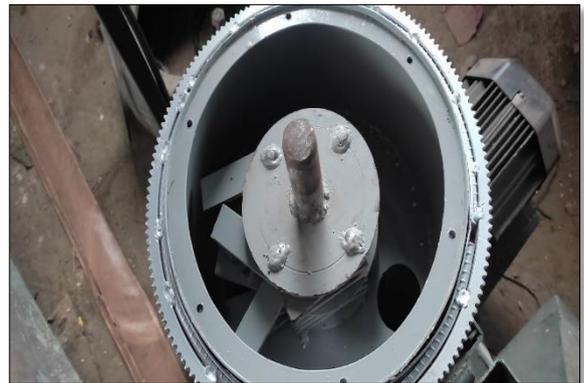
Fuente: Autores del proyecto

Foto 2. Colocación de cilindro



Fuente: Autores del proyecto

Foto 4. Cámara de triturado



Fuente: Autores del proyecto

Foto 6. Comprobación de funcionamiento

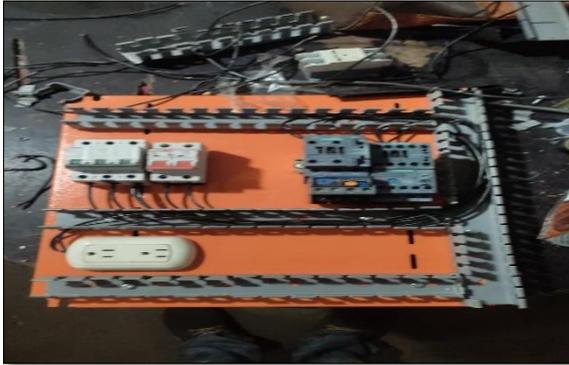


Fuente: Autores del proyecto

Anexo 3. Automatización

Automatización (Proceso de cableado y automatización del proceso)

Foto 1. Instalación de contactores



Fuente: Autores del proyecto

Foto 2. Huecos y cotes para pantalla y botones



Fuente: Autores del proyecto

Foto 3. Cableados de botoneras



Fuente: Autores del proyecto

Foto 4. Cableado de Arduino y verificación de conexiones



Fuente: Autores del proyecto

Foto 5. Verificación de automatización



Fuente: Autores del proyecto

Anexo 4: Datos personales**CURRICULUM VITAE****INFORMACIÓN
PERSONAL**

NOMBRES Y APELLIDOS: Alberto Francisco Freire Loor

CEDULA: 1250176284

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: La Valencia, 21 de Septiembre del 1999

ESTADO CIVIL: Casado

DOMICILIO: Valencia, cooperativa. 12 de julio calle 7ma y Av. Rocafuerte

CELULAR: 0986807023

CORREO ELECTRÓNICO: alberto.freire6284@utc.edu.ec – francisconfreireloor09@gmail.com

LICENCIA: Ninguna

ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMER NIVEL: Unidad Educativa “Gregorio Valencia”

SEGUNDO NIVEL: Colegio Técnico “7 de Octubre”

TERCER NIVEL: Universidad Técnica de Cotopaxi – Extensión La Maná

TÍTULOS OBTENIDOS

Bachiller Técnico Industrial- Mecanizado y Construcciones Metálicas

**CURSOS DE
CAPACITACIÓN**

- Certificado de Jornada científica empresarial de Ing. Electromecánica con duración de 40 horas
- Certificado teórico y práctico en los cursos de torno y fresa Centro de formación artesanal “Centro Técnico Quevedo”
- Certificado the English Language (C.E.F.R. B1)

EXPERIENCIA LABORAL

1. **Cargo:** Aprendiz de mecánica
 - **Lugar:** Taller Hermanos Freire
 - **Años trabajados:** 2 años
 - **Encargado:** Maestro Jaime Freire

2. **Cargo:** Soldador mig-mag y smaw
 - **Lugar:** Mindustrias
 - **Años trabajados:** 2 años
 - **Encargado:** Ing. David Parra

3. **Cargo:** Mecánico Encargado de Mantenimiento
 - **Lugar:** Emproforsa
 - **Años trabajados:** 2 años
 - **Encargado:** Ing. Carlos Enrique

CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES

- Conocimiento en Soldas Eléctricas
- Manejo y conocimiento de equipos y herramientas del taller
- Conocimiento de mecánica general
- Conocimiento de instalaciones eléctricas

REFERENCIAS LABORALES

Maestro Jaime freire

número de celular: 0981309554

Ing. David Parra

número de celular: 0984854678

Ing. Carlos Enrique

número de celular: 0992062565

CURRICULUM VITAE

INFORMACIÓN PERSONAL



NOMBRES Y APELLIDOS: Marco Antonio Lalbay Fuentes

CEDULA: 0550158067

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: La Mana, 05 de febrero del 1999

ESTADO CIVIL: Unión Libre

DOMICILIO: La Mana, Vía Tres Coronas

CELULAR: 0939621460

CORREO ELECTRÓNICO: marco1999lalbay@gmail.com

LICENCIA: Tipo "A"

ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMER NIVEL: Unidad Educativa "Narciso Cerda Maldonado"

SEGUNDO NIVEL: Colegio Técnico "Rafael Vascones Gómez"

TERCER NIVEL: Universidad Técnica De Cotopaxi – Extensión La Mana

TÍTULOS OBTENIDOS

Bachiller Técnico- Especialización en Ciencias

CURSOS DE CAPACITACIÓN

- Capacitación de electromecánica automotriz en curso de auxiliar en Domótica, duración 60 horas
La Mana 18 de diciembre del 2019
- Certificado de Jornada científica empresarial de ing. Electromecánica con duración de 40 horas
Centro ecuatoriano para el desarrollo de los recursos humanos
La mana 11 de noviembre del 2014
- Certificado teórico y práctico en los cursos de torno y fresa
Centro de formación artesanal "centro técnico Quevedo"
Quevedo 22 de julio del 2019
- Certificado the English Language (C.E.F.R. B1)

EXPERIENCIA LABORAL

4. **Cargo:** jefe de Campo
- **Lugar:** Agrícola Bananera Lucila
 - **Años trabajados:** Actualmente
 - **Encargado:** Marco Lalbay

CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES

- Conocimiento en Soldas Eléctricas
- Conocimiento de Albañil
- Conocimiento de Agricultura
- Manejo y conocimiento de equipos y herramientas del taller
- Conocimiento de mecánica general
- Conocimiento de instalaciones eléctricas

REFERENCIAS LABORALES

Gerente José Vega

número de celular: 0986146391

Lic. Kerly Vega

número de celular: 0988180371

