



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TRITURADORA PARA EL
APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN LA
FLORÍCOLA ADELFLOWERS”**

Autores:

Guzmán Guzmán Juan Alex

Grandes Merizalde Neisser Alexander

Tutor:

Ing. MSc. Albarracín Álvarez Mauro Darío

Latacunga – Ecuador

Agosto 2018



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, GRANDES MERIZALDE NEISSER ALEXANDER y GUZMÁN GUZMÁN JUAN ALEX, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TRITURADORA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN LA FLORÍCOLA ADELFLOWERS”**, siendo el Ing. MSc. Mauro Darío Albarracín Álvarez tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Grandes Merizalde Neisser Alexander

C.I.: 172496514-8

Guzmán Guzmán Juan Alex

C.I.: 172522533-6



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de tutor de la propuesta tecnológica sobre el título:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TRITURADORA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN LA FLORÍCOLA ADELFLOWERS” de los postulantes Grandes Merizalde Neisser Alexander y Guzmán Guzmán Juan Alex, de la Carrera Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Agosto del 2018

Ing. MSc. Mauro Albarracín

CI: 053113733-0

Director de propuesta tecnológica



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de propuesta tecnológica de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Grandes Merizalde Neisser Alexander y Guzmán Guzmán Juan Alex, con el título de Proyecto de titulación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TRITURADORA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN LA FLORÍCOLA ADELFLOWERS”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, Agosto 2018

Para constancia firman:

Lector 1 (presidente)
Ing. MSc. Segundo Ángel Cevallos Betún
C.I.: 050178243-7

Lector 2
Ing. MSc. Luigi Orlando Freire Martínez
C.I.: 050252958-9

Lector 3
Ing. MSc. Luis Rolando Cruz Panchi
C.I.:050259517-6



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Sra. Carmen Adelaida Guzmán Ulcuango

Propietaria

Florícola "ADELFLOWERS"

Presente. -

En calidad de gerente de la florícola "ADELFLOWERS", confirma la realización del proyecto **"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TRITURADORA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN LA FLORÍCOLA ADELFLOWERS"** implementado por los señores estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la carrera de Ingeniería Electromecánica; Grandes Neisser con CI: 172496514-8 y Guzmán Juan con CI: 172522533-6, bajo la supervisión y coordinación de la florícola.

Aceptamos conocer y estar conformes con los términos y condiciones de las actividades que se van a realizar en la florícola ADELFLOWERS, para la ejecución del proyecto de los señores estudiantes.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para el interesado pueda hacer uso para los fines que crea conveniente.

Atentamente:

Sra. Carmen Adelaida Guzmán Ulcuango

Propietaria de la florícola "ADELFLOWERS"

AGRADECIMIENTO

Agradezco a “Dios”, a mis Padres, Dora Merizalde y Olger Molina, al Ing.-Mauro Albarracín quien nos guío en el desarrollo del presente trabajo, a mis amigos Juan, Marlon, Anderson, Daniel, Jhonatan, Mishelle y los demás quienes supieron apoyarme para seguir adelante y cumplir unos de mis objetivos en la vida.

Grandes Neisser

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la hermosa familia, quien me dio la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo.

De manera especial a mi tutor de tesis, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento.

Guzmán Juan

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Grandes Neisser

DEDICATORIA

A mis padres que con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir con el objetivo de terminar mi carrera de ingeniería electromecánica, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, puntualidad y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acampanan en todos mis sueños y metas.

Guzmán Juan

INDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
AVAL DE TRADUCCION.....	xix
1. INFORMACIÓN BÁSICA.....	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	1
2.1. Título de la propuesta tecnológica	1
2.2. Tipo de alcance	1
2.3. Área del conocimiento	1
2.4. Sinopsis de la propuesta.....	2
2.5. Objeto de estudio y campo de acción	2
2.5.1. Objeto de estudio.....	2
2.5.2. Campo de acción	2
2.6. Situación problemática y problema	2
2.6.1. Situación problemática.....	2
2.6.2. Problema.....	3
2.7. Hipótesis	3
2.8. Objetivos	3
2.8.1. Objetivo General	3
2.8.2. Objetivo específicos	3
2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.....	4
3. MARCO TEÓRICO	6
3.1. Introducción	6
3.2. Definiciones de diseño	6
3.3. Definición de máquina.....	6
3.4. Materia prima.....	6
3.5. Compostaje	7

3.6.	Características del producto a triturar	7
3.7.	Proceso de reducción de tamaño de residuos sólidos orgánicos.....	7
3.8.	Naturaleza de las fuerzas utilizadas en la Reducción de tamaño.....	8
3.9.	Alternativas de máquinas trituradoras	8
3.9.1.	Trituradoras giratorias	8
3.9.2.	Trituradora de martillos de eje horizontal	8
3.9.3.	Trituradora de martillos de eje vertical	9
3.9.4.	Cortadora giratoria de cuchillas	9
3.10.	Fundamentos de diseño	9
3.11.	Velocidad de rotación de la máquina trituradora	10
3.12.	Diseño de las cuchillas	10
3.13.	Los materiales en el diseño de máquinas	10
3.14.	Sistema de transmisión de potencia	11
3.15.	Rotor picador.....	12
3.16.	Expulsor del material picado.....	13
3.17.	Elementos de conexión.....	13
3.18.	Motor.....	13
3.19.	Criterios de selección del conductor	15
4.	METODOLOGÍA	16
4.1.	Parámetros para el diseño de la trituradora.....	17
4.1.1.	Velocidad y potencia de corte	17
4.1.2.	Volumen a triturarse de tallos	17
4.1.3.	Números de tallos a triturarse por hora	17
4.1.4.	Velocidad de entrada de los tallos.....	18
4.1.5.	Bandeja de alimentación	18
4.1.6.	Relación entre el número de revoluciones y el número de cuchillas, en el rotor	18
4.1.7.	Torque requerido para el corte	19
4.2.	Potencia de corte.....	19
4.3.	Diseño del rotor	19
4.4.	Diseño de cuchillas	20
4.4.1.	Resistencia de la fluencia cortante	21
4.4.2.	Esfuerzo máximo en la cuchilla	21
4.4.3.	Área de la cuchilla que soporta la carga	21
4.4.4.	Determinación del espesor de la cuchilla.....	22
4.4.5.	Potencia corregida.....	22

4.5.	Selección del motor	22
4.6.	Sistema de transmisión de potencia	22
4.6.1.	Relación de transmisión	22
4.6.2.	Selección de poleas	23
4.6.3.	Distancia entre ejes (C)	23
4.6.4.	Longitud primitiva o de paso de la banda (Lp)	24
4.6.5.	Ángulos de contacto	24
4.6.6.	Arco de contacto menor θ_s	24
4.6.7.	Perímetro interior (L)	25
4.6.8.	Potencia nominal	25
4.6.9.	Potencia nominal corregida	25
4.6.10.	Número de bandas	25
4.6.11.	Velocidad de lineal de la correa	25
4.7.	Diseño de ejes	26
4.7.1.	Tensión de las bandas	26
4.7.2.	Concentración de los esfuerzos	27
4.7.3.	Diseño estático del eje	28
4.7.4.	Resistencia a la fatiga real	28
4.8.	Diseño de la chaveta	29
4.9.	Selección de rodamientos	30
4.9.1.	Capacidad de carga dinámica básica	31
4.10.	Diseño de Bastidores	31
4.11.	Uniones soldadas	31
4.12.	Protección del motor	32
4.13.	Selección del conductor	32
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	34
5.1.	Diseño de la trituradora de tallos	34
5.2.	Determinación de la resistencia de corte de los tallos de alstroemerias	34
5.3.	El volumen de los tallos a triturarse corresponde	34
5.4.	Velocidad de ingreso de los tallos	35
5.4.1.	Volumen de los tallos de alstroemerias	35
5.4.2.	Números de tallos a triturarse por hora	35
5.4.3.	Velocidad de entrada de los tallos	35
5.4.4.	Bandeja de alimentación	36
5.5.	Relación entre el número de revoluciones y el número de cuchillas, en el rotor	36

5.6.	Torque requerido para el corte	36
5.7.	Potencia de corte	37
5.8.	Cálculo del espesor del rotor	37
5.9.	Diseño de cuchillas	38
5.9.1.	Resistencia de la fluencia cortante	39
5.9.2.	Esfuerzo máximo de la cuchilla	39
5.9.3.	Área de la cuchilla que soporta la carga	40
5.9.4.	Determinación del espesor de la cuchilla	40
5.10.	Potencia corregida	40
5.11.	Selección del motor	41
5.11.1.	Fuente de potencia	41
5.12.	Selección de poleas y bandas	41
5.12.1.	Relación de transmisión	41
5.12.2.	Selección de poleas	41
5.12.3.	Distancia entre ejes (C)	42
5.12.4.	Distancia mínima entre ejes	42
5.12.5.	Longitud primitiva o de paso de la banda (L_p)	43
5.12.6.	Arco de contacto menor (θ_s)	43
5.12.7.	Perímetro interior (L)	43
5.12.8.	Tamaño de banda	43
5.13.	Potencia nominal transmisible por la banda	44
5.13.1.	Potencia nominal corregida	44
5.13.2.	Determinación del número de bandas	44
5.14.	Cálculo del eje principal	45
5.14.1.	Tensión de las bandas	45
5.14.2.	Velocidad lineal de la correa	45
5.14.3.	Cálculo de las reacciones producidas por el eje principal	46
5.14.4.	Diseño estático del eje	49
5.14.5.	Diseño a la fatiga	50
5.15.	Diseño de la chaveta	51
5.16.	Selección de rodamientos	52
5.17.	Capacidad de carga dinámica	52
5.18.	Diseño de la soldadura	53
5.19.	Selección del calibre del conductor	53
5.20.	Montaje de la los elementos de la máquina	53

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	56
6.1. Presupuesto	56
6.2. Impactos.....	58
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
7.1. Conclusiones.....	59
7.2. Recomendaciones	59
8. REFERENCIAS	60
Anexos.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1. Cortadora de cuchillas giratorias.....	9
Figura 3. 2. Cuchilla.	10
Figura 3. 3. Tipos de motores.	15
Figura 4. 1. Número de Revoluciones vs. Número de Cuchillas.....	18
Figura 4. 2. Rotor.....	19
Figura 4. 3. Proceso de cizallado.....	21
Figura 4. 4. Ángulo de contacto.	24
Figura 4. 5. Fuerza sobre las poleas.	26
Figura 4. 6. Esfuerzos en el eje.....	27
Figura 4. 7. Cuñero en trineo.....	28
Figura 4. 8. Chaflanes de ejes.....	28
Figura 4. 9. Chaveta.....	29
Figura 4. 10. Contactor.	32
Figura 5. 1. Rotor.....	38
Figura 5. 2. Cuchilla.	38
Figura 5. 3. Dimensiones de las Cuchillas.....	39
Figura 5. 4. Eje del rotor.....	45
Figura 5. 5. Tensión en la banda.....	45
Figura 5. 6. Cargas actuantes.....	46
Figura 5. 7. Diagramas de cuerpo libre X-Y.	47
Figura 5. 8. Diagramas de cortante y momento flector.	48
Figura 5. 9. Diagramas de cuerpo libre X-Z.....	48
Figura 5. 10. Diagramas de carga, cortante y momento en el plano X-Z.....	49
Figura 5. 11. Relación de velocidad y tamaño de residuos.	54
Figura 5. 12. Relación de la distancia de cuchilla y contra-cuchilla.	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Sistema de tareas por objetivos.	4
Tabla 2. 2. Operacionalización de las variables.	5
Tabla 3. 1. Porcentaje generado tanto en la post cosecha y en el cultivo.	7
Tabla 3. 2. Naturaleza de las fuerzas de triturado.	8
Tabla 3. 3. Aceros de la serie 10.....	11
Tabla 3. 4. Ventajas y desventajas de la transmisión por cadenas.	11
Tabla 3. 5. Ventajas y desventajas de la transmisión por correas.	12
Tabla 3. 6. Ventajas y desventajas de un rotor de volante.....	12
Tabla 3. 7. Ventajas y desventajas de un rotor de tambor.....	13
Tabla 3. 8. Conversión de la potencia de motor.	14
Tabla 3. 9. Rotación del motor.	14
Tabla 4. 1. Lista de posible de características (C) y exigencias (E) de la máquina.....	16
Tabla 5. 1. Variación de energía cinética.	38
Tabla 5. 2. Datos de ensayos realizados.	54
Tabla 5. 3. Datos de pruebas realizadas.....	54
Tabla 6. 1. Detalle de costos de elementos mecánicos.....	56
Tabla 6. 2. Detalle de costos de elementos eléctricos.	57
Tabla 6. 3. Detalle de costos de construcción y manufactura.....	57
Tabla 6. 4. Gastos directos e indirectos.	58

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TÍTULO: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TRITURADORA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN LA FLORÍCOLA ADELFLOWERS”

Autor/es:

Juan Alex Guzmán Guzmán

Neisser Alexander Grandes Merizalde

RESUMEN

El cantón Cayambe es uno de los principales productores de flores en el Ecuador, una de las variedades cultivadas son las alstroemerias, su proceso de producción genera residuos sólidos orgánicos los que pueden ser aprovechados para producir compost razón por la cual estos residuos deben ser previamente triturados. Con este propósito se determina en base a una investigación bibliográfica y de campo el tipo de trituradora con sus variables de velocidad de corte y potencia nominal el tipo de máquinas adecuada, siendo la trituradora de eje horizontal con martillos, cuchillas y contracuchilla y se determinó que la distancia óptima es de 2,5 mm. El desarrollo la presente propuesta tecnológica se sustentó en el marco teórico investigativo donde se obtienen referencias para proceder al diseño de la trituradora y la investigación de campo, para la recopilación de datos que ayudó a determinar las características de la máquina. Para el diseño de la máquina se procedió a recolectar datos de producción, en masa por día de cosecha como también la longitud y diámetro de los tallos, que permitieron condicionar la tolva de la trituradora. Posteriormente, se determinó las variables de operación y de diseño que permitieron optar por el mejor cálculo para la potencia. Se obtiene un proceso óptimo de trituración de tallos con una capacidad de 120 kg/h de la trituradora cuyo dimensionamiento de motor es de 3hp y una velocidad de corte de 2124 rpm logradas mediante un sistema de transmisión por bandas. La trituradora garantiza tamaño uniforme de tallos entre 30mm y 10mm para ser aprovechados en la producción de abono orgánico en la florícola “ADELFLOWERS”, contribuyendo a obtener ingresos adicionales con propuestas amigables con el ambiente.

Palabras claves: transmisión, triturado, volante, cuchillas

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
ACADEMIC UNIT OF ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED
ELECTROMECHANICAL ENGINEERING CAREER

TOPIC: "DESIGN AND CONSTRUCTION OF A SHREDDER FOR ORGANIC SOLID WASTE UTILIZATION IN Floriculture ADELFLOWERS"

Authors: Juan Alex Guzmán Guzmán
Neisser Alexander Grandes Merizalde

ABSTRACT

This project had as its main objective the design and implementation of a rock crusher of solid waste organic, the same that was implemented in the flower "ADELFLOWERS", located in the province of Pichincha - Cayambe - Parish Juan Montalvo - neighborhoods of Santa Isabel, is an initiative that seeks to take advantage of these waste as compost. The shredding machine is a computer that allows you to reduce the size of the waste by means of mechanical forces to which they are subjected to the stems of the flowers, so as to reduce the time on the elaboration of compos. The machine is equipped with mechanical parts, and electrical, being the mechanical parts, the structure in general of the machine as are: the feed hopper and download, the transmission system of power and the system of crushing that consists of (steering wheel, knives, hammers, sweepers and axis), the electrical part is located in the structure of the machine and has pushbuttons, switch, pilot lights and relay thermo magnetic. Crushing given through a mechanical process and electrical, where the power and speed provided by the electric motor are transmitted by means of the transmission toward the main axis that contains the steering wheel with the knives and hammers, the same that are responsible for reduced in size to the waste. The results obtained through the tests were expected to have a size of organic solid waste of 1 to 3 cm to be optimal for the elaboration of compost. Switches Thermo Magnetic protect the electrical system of power and control, in order to safeguard the proper functioning of the equipment and the security of the people.

Keywords: transmission, grinding, wheel, blades



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del tema de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores GRANDES MERIZLALDE NEISSER ALEXANDER, GUZMÁN GUZMÁN JUAN ALEX, egresado de la carrera de INGENIERIA ELECTROMCÁNICA cuyo título versa **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGANICOS EN LA FLORICOLA ADELFLOWERS”**, lo realizaron 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 certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 28 febrero del 2018

Atentamente,


Msc. Alison Mena Barthelotty
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0501801252

1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR: Guzmán Guzmán Juan Alex; Grandes Merizalde Neisser Alexander

TEMA APROBADO: “Diseño y construcción de una trituradora para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en la florícola Adelflowers”

CARRERA: Ingeniería Electromecánica

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:

EQUIPO DE TRABAJO:

TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA, ASESOR TÉCNICO (1):

Ing. MSc. Albarracín Álvarez Mauro Darío

TUTOR DE PROPUESTA TECNOLÓGICA, ASESOR TÉCNICO (2):

Ing. MSc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera

LUGAR DE EJECUCIÓN: Zona 2, Provincia Pichincha, Cantón Cayambe, Parroquia Juan Montalvo.

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA:

FECHA DE ENTREGA: Agosto 2018

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Línea 4.- Procesos industriales. - Promover el desarrollo de tecnologías y procesos que permitan mejorar el rendimiento productivo y la transformación de materias primas en productos de alto valor añadido.

SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA: Producto

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. Título de la propuesta tecnológica

Diseño y construcción de una trituradora para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en la florícola Adelflowers.

2.2. Tipo de alcance

Productivo.

2.3. Área del conocimiento

Ingeniería, industria y construcción

52 Ingeniería y profesiones afines

Dibujo técnico, mecánica, metalistería, electricidad, electrónica, telecomunicaciones, ingeniería energética y química, mantenimiento de vehículos, topografía.

2.4. Sinopsis de la propuesta

Los desechos orgánicos son utilizados como materia prima para la elaboración de compost pero estos al estar en su forma original presentan dificultad en su manipulación, y el tiempo de descomposición es mayor.

El diseño y la construcción de la máquina trituradora se realizaron con el objetivo de disminuir el tamaño de los residuos sólidos orgánicos que se generan en la etapa de la post cosecha de las flores en la florícola “Adelflowers” para el aprovechamiento de estos como abono orgánico. En la industria productiva del país existe gran variedad de máquinas para la trituración que poseen un elevado costo ya que están diseñadas para materiales duros como: rocas, madera, etc., la propuesta busca diseñar una máquina enfocada a la trituración de los tallos de alstroemerias de las florícolas, abaratando su costo para que sea accesible para los pequeños productores de flores.

2.5. Objeto de estudio y campo de acción

2.5.1. Objeto de estudio

La trituración es un proceso usado para reducir el tamaño de los desechos sólidos orgánicos, mediante el corte de los mismos por la acción de las cuchillas que superan la resistencia del elemento. Al reducir el tamaño disminuye el tiempo de la descomposición de los desechos sólidos orgánicos.

Los equipos para reducir el tamaño se dividen en trituradoras, molinos, molinos ultra finos y máquinas cortadoras.

2.5.2. Campo de acción

El diseño de elementos mecánicos de la trituradora que se enfoca en el trabajo de cortar los residuos sólidos orgánicos en pequeños trozos. En la florícola “Adelflowers” se presenció que el tamaño de los residuos sólidos orgánicos que produce la post-cosecha era de tamaño considerable para ser aprovechados como abono.

2.6. Situación problémica y problema

2.6.1. Situación problémica

Los residuos orgánicos son un problema que poseen las florícolas si no se les da un adecuado tratamiento. El 90 % de estos son el producto del manejo, procesamiento y ciclo vital de las plantas y ofrecen a la vez una amenaza y una oportunidad según sea el manejo que se les dé.

La amenaza que presentan incluye eutrofización de aguas si estos o sus lixiviados son dispuestos en cuerpos de agua; emisiones al aire si estos son quemados; potenciales riesgos de magnificación de plaguicidas. La oportunidad consiste en aprovecharlos en compost y incorporarlos al proceso productivo como fuente de nutrientes.

Para tratar con los desechos orgánicos que se producen en las florícolas se usan trituradoras, pero su elevado costo hace que sea inaccesible para pequeños floricultores. Su elevado costo tiene relación a que no están diseñados específicamente para los desechos vegetales producidos en las florícolas.

2.6.2. Problema

El cantón Cayambe es uno de los principales productores de flores en el Ecuador, una de las variedades cultivadas son las alstroemerias, su proceso de producción genera residuos sólidos orgánicos los que pueden ser aprovechados para producir compost razón por la cual estos residuos deben ser previamente triturados.

El desarrollo de esta propuesta se basa en la utilización de estos residuos sólidos orgánicos implementado una máquina trituradora para reducir el tamaño, la cual facilitará la manipulación y disminuirá tiempo en la generación de compost.

2.7. Hipótesis

¿La implementación de una trituradora de residuos sólidos orgánicos en la florícola “Adelflowers” permitirá obtener un producto final adecuado para la descomposición a través de la variación de la velocidad de corte y distancia de la cuchilla y contra cuchilla?

2.8. Objetivos

2.8.1. Objetivo General

Diseñar e implementar una máquina trituradora de residuos sólidos orgánicos en la florícola Adelflowers para el aprovechamiento de estos residuos como abono orgánico.

2.8.2. Objetivo específicos

- Establecer una investigación teórica y de campo para recopilar información de máquinas agrícolas e industriales que se usan en la trituración de residuos sólidos orgánicos, que ayude con la construcción de la trituradora de residuos sólidos orgánicos producidos en la florícola.
- Detallar las necesidades y requerimientos de la florícola “Adelflowers” para la trituración de los desechos sólidos orgánicos producidos.
- Realizar el diseño mecánico, análisis de esfuerzos y especificaciones de materiales para la construcción de la máquina trituradora de los residuos sólidos orgánicos de la florícola “Adelflowers”.
- Implementar la máquina trituradora en la florícola “Adelflowers” para realizar los ensayos de funcionamiento.

2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

Tabla 2. 1. Sistema de tareas por objetivos.

Objetivo	Tareas por objetivo	Resultado de la actividad	Medios de Verificación
Establecer una investigación teórica y de campo para recopilar información de máquinas agrícolas e industriales que se usan en la trituración de residuos sólidos orgánicos, que ayude con la construcción de la trituradora de residuos sólidos orgánicos producidos en la florícola.	Análisis del principio de funcionamiento de sistemas de trituración.	Conocimiento de funcionamiento de las máquinas de trituración.	Desarrollo del marco teórico
	Análisis de los tipos de corte que tienen las diferentes trituradoras.	Conocimiento de la aplicación de las diferentes tipos de cuchillas para construir la máquina trituradora.	Desarrollo del marco teórico
	Análisis de los posibles materiales a utilizarse para el diseño y construcción de la máquina.	Determinar los materiales factibles para la construcción de la máquina.	Desarrollo del marco teórico
Detallar las necesidades y requerimientos de la florícola “Adelflowers” para la trituración de los desechos sólidos orgánicos producidos.	Realizar una entrevista del tamaño de los tallos de las flores.	Conocimiento de las características que no permitan desarrollar el dimensionamiento de la tolva.	Hoja de registro del tamaño de los tallos
	Recopilación de información del dimensionamiento de la máquina.	Conocimiento del tamaño al cual se va a realizar los planos.	Planos
	Recolectar datos del ambiente del lugar donde va a trabajar la máquina.	Selección de tipo de materiales y máquina con sus respectivas características.	Tabla de datos del lugar
Realizar el diseño mecánico, análisis de esfuerzos y especificaciones de materiales para la construcción de la máquina trituradora de los residuos sólidos orgánicos de la florícola “Adelflowers”.	Realizar el diseño de la máquina en software CAD	El plano de la máquina con el cual se va a proceder a la construcción.	Planos
	Realizar el estudio de las protecciones para la máquina trituradora.	Selección del tipo y las protecciones.	Curvas características de las protecciones
	Análisis del comportamiento de los materiales empleados en la máquina con el software CAD	Diseño mecánico y características de los materiales de la máquina trituradora.	Planos

Implementar la máquina trituradora en la florícola “Adelflowers” para realizar los ensayos de funcionamiento.	Elaboración del manual de operación y mantenimiento de la máquina de trituración.	Visualización de las fallas en el funcionamiento de la máquina de trituración.	Desarrollo del manual
	Realizar la instalación de la máquina en el lugar de trabajo.	Instalación de la máquina trituradora	Fotografías
	Pruebas finales de la máquina de trituración.	Toma de datos y puesta a punto de la máquina de trituración.	Instrumentos de medición como: multímetro, tacómetro, etc.

Tabla 2. 2. Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Velocidad	Es una medida de la velocidad de rotación. Se define como el ángulo girado por una unidad de tiempo y se designa mediante la letra griega ω .	[RPM]	Tacómetro Estroboscopio Sensores magnetos taticos
Tamaño del material	Es una magnitud física la cual nos permite obtener datos en función de su medida y forma.	[mm, cm]	Flexómetro Escuadra Calibrador de pie de rey
Resistencia del material	La resistencia de un elemento se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo.	[Kg/m ²]	Máquina universal
Potencia	Es la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo.	[W, hp]	Vatímetro Dinamómetro

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Introducción

El marco teórico conceptual permite el estudio de las teorías y las investigaciones precedentes que pueden contribuir en el análisis y la solución del problema investigado. En el presente capítulo se abordan los elementos teóricos fundamentales del proceso de la trituración, los tipos de trituradoras con su funcionamiento. Los residuos vegetales provenientes del cultivo y post-cosecha que sirven de materia prima para la elaboración del compost. La denominación de residuos sólidos es mucho más apropiada que la de desperdicios, desechos o basura. En efecto, nada presupone sobre su valor, si nos atenemos a la definición del diccionario de la Real academia Española: lo que resulta de la descomposición o destrucción de una cosa; parte o porción que queda de una cosa. El objetivo es establecer los fundamentos teóricos necesarios para la selección del tipo de trituradora que se va a diseñar y construir en el siguiente trabajo, a partir de estudios realizados en trabajos precedentes.

3.2. Definiciones de diseño

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse. Los ingenieros mecánicos están relacionados con la producción y el procesamiento de energía y con el suministro de los medios de producción, las herramientas de transporte y las técnicas de automatización [1].

3.3. Definición de máquina

Una máquina es un mecanismo o conjunto de mecanismos que transmiten fuerza desde la fuente de energía hasta la resistencia que se debe vencer [2].

La idea de trabajo útil es fundamental a la función de una máquina, ya que en ello casi siempre habrá alguna transferencia de energía. La mención de fuerzas y movimiento también es vital para nuestros intereses ya que, al convertir la energía de una forma a otra, las máquinas crean movimiento y generan fuerzas [3].

3.4. Materia prima

La materia prima a emplearse en la elaboración de este proyecto son los tallos desechados de las alstroemerias. La florícola Adelflowers cuenta con un área de cultivo de alstroemerias de aproximadamente 20000 metros cuadrados, la florícola genera una gran cantidad de residuos vegetales que provienen de la post cosecha y zona de cultivo ya que en estas dos áreas se realizan actividades que generan residuos tales como.

En el manejo de cultivo: hojas secas, tallos secos, hierba.

Post cosecha: aquí se recibe la flor, se la hidrata y prepara la flor cosechada para ser empacada y enviada al mercado nacional e internacional.

Tabla 3. 1. Porcentaje generado tanto en la post cosecha y en el cultivo.

Porcentaje de los desechos	
Post cosecha	70%
Cultivo	30%
Total	100%

3.5. Compostaje

El compostaje se define como el proceso de descomposición biológica aeróbica de la materia orgánica, contenida en los residuos, en condiciones de temperatura, pH, aireación y humedad controladas, y que tiene como objeto su transformación en un producto orgánico utilizable para la mejora de suelos en agricultura. El tamaño óptimo está entre 2-5 cm. Un tamaño reducido aumenta la velocidad de las reacciones químicas durante el proceso de compostaje, pero si el residuo es demasiado fino existe riesgo de compactación [4].

3.6. Características del producto a triturar

Para seleccionar el tipo de máquina hay que conocer las características del material a triturar. La dureza del material que se va triturar es importante al seleccionar el tipo de máquina, y se toma en consideración que los residuos duros son más difíciles de triturar.

Con la resistencia de los residuos se determina la clase de fuerza con que se realizará la trituración.

La humedad puede facilitar o complicar el proceso de trituración. Para la mayoría de las sustancias el contenido en humedad mayor de 2 o 3% puede producir el embotamiento del molino, la capacidad de producción y la eficiencia de la molienda pueden resultar afectadas [5].

3.7. Proceso de reducción de tamaño de residuos sólidos orgánicos.

La reducción de tamaño es la operación unitaria por la que se disminuye el tamaño medio de las partículas de un producto mediante fuerzas mecánicas. Aplicando a productos sólidos, la reducción de tamaños se denomina trituración, molienda o corte; en la de productos líquidos se incluyen la atomización, la homogeneización y la emulsificación [6].

Existen múltiples razones para la reducción de tamaño de las materias primas utilizadas, entre ellas pueden destacarse: Aumento de superficie específica. Cuando menor es el tamaño de las partículas mayor es la superficie por unidad de masa del producto. Por ello la utilización de tamaños de partículas reducidos incrementa la velocidad de los transportes de energía y materia, que se verifican a través de la superficie de los sólidos. De esta forma el tiempo necesario para

el desarrollo de operaciones como secado, horneado, extracción con disolventes de determinados componentes, etc., se reduce al disminuir el tamaño de las partículas. Facilitar la mezcla con otros materiales. El grado de homogeneización que se obtiene en una mezcla de partículas sólidas se incrementa al disminuir el tamaño de las partículas [7].

3.8. Naturaleza de las fuerzas utilizadas en la Reducción de tamaño.

En este tema el autor expone que en general, se pueden distinguir tres tipos de fuerzas de las que, en cualquier proceso de trituración, suelen operar más de una. Las fuerzas que predominan en las trituradoras son las siguientes [8].

Tabla 3. 2. Naturaleza de las fuerzas de triturado.

Fuerza	Principio	Aparatos
Compresión	Compresión (cascanueces)	Rodillos trituradores
Impacto	Impacto (martillo)	Molino de martillos
Cizalla	Frotamiento (piedra de molino)	Molino de discos

Fuente: [8].

3.9. Alternativas de máquinas trituradoras

La trituración es un proceso de disminución de las dimensiones de los trozos de los residuos o minerales mediante la destrucción de los mismos por la acción de fuerzas exteriores que superan las fuerzas interiores de cohesión, las que unen entre sí las partículas del cuerpo sólido. Las máquinas que se encargan de triturarlos o molerlos, ocupan cuatro métodos: Estos son compresión, impacto, frotamiento por cizalla y corte [9].

3.9.1. Trituradoras giratorias

Una trituradora giratoria puede considerarse como una trituradora de mandíbulas circulares, entre las cuales se tritura el material en varios puntos. Un cabezal cónico de trituración gira dentro de una carcasa de forma de embudo y abierta por la parte superior. El cabezal de trituración esta soportado en un fuerte eje, pivotado en la parte superior de la máquina. Una excéntrica mueve el extremo inferior de dicho eje y por consiguiente el extremo inferior del cabezal de trituración se acerca y se aleja de la pared estacionaria, en cualquier punto de la periferia de la carcasa. Los sólidos que quedan aprisionados entre el espacio en forma de v formado por el cabezal y la carcasa, se rompen varias veces hasta que salen por el fondo [10].

3.9.2. Trituradora de martillos de eje horizontal

Este tipo de trituradora está formada por una carcasa que en su interior cuenta con placas de desgaste, en donde se encuentra un eje ubicado en sentido horizontal que gira a elevadas revoluciones, al mismo van sujetos perpendicular y rígidamente los martillos [10].

El material a ser triturado entra por la parte superior e ingresa a la cámara de desintegración, durante su caída es golpeado sucesivamente por los martillos del rotor hasta convertir en partículas [10].

3.9.3. Trituradora de martillos de eje vertical

Esta trituradora dispone de una carcasa, recubierta en su interior por placas de desgaste, en la parte central se encuentra un eje hueco ubicado en sentido vertical que gira a gran velocidad. El proceso de trituración se efectúa cuando el material impacta a grandes velocidades con la placa de desgaste y entre ellas [10].

3.9.4. Cortadora giratoria de cuchillas

Estos aparatos se emplean en una variedad de procesos. Una cortadora de cuchillas contiene un motor que gira de 200 a 900 rpm en una cámara cilíndrica. Sobre el rotor se encuentran de 2 a 12 cuchillas flotantes con filo de acero templado que pasan con pequeña abertura sobre una a siete cuchillas estacionarias. Las partículas de alimentación que entran en la cámara por arriba son cortadas varios cientos de veces por minuto y salen por el fondo a través de un tamiz de 0.5 a 0.8 cm de abertura. Unas veces las cuchillas flotantes son paralelas a las cuchillas fijas; otras dependiendo de las propiedades de la alimentación, cortan con un ángulo dado [11].

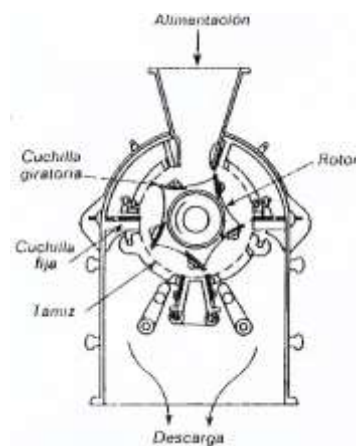


Figura 3. 1. Cortadora de cuchillas giratorias.

Fuente: [11].

3.10. Fundamentos de diseño

Para el diseño y construcción de la máquina se debe tener en cuenta normas, códigos y reglamentos tanto nacionales como internacionales, que rigen la construcción.

El principal parámetro que se requiere establecer para iniciar el diseño de la máquina es la capacidad de materia prima a procesar, para esto se requiere conocer:

- Peso de tallos producidos por día
- Porcentaje de tallos a procesar

- Tiempo estimado de trabajo de la máquina por día
- Velocidad de rotación de la máquina trituradora

3.11. Velocidad de rotación de la máquina trituradora

Para calcular este parámetro se aplica la siguiente hipótesis:

La energía potencial (E_p) de una pesa de masa M que se necesita para la trituración de un cuerpo de masa m , es igual a la energía cinética (k) con la que debe chocar dicho cuerpo contra una superficie suficientemente rígida para obtener el mismo resultado [12].

3.12. Diseño de las cuchillas

Las cuchillas son las piezas golpeadoras que van a realizar el mayor trabajo ya que van a estar sometidas al impacto de los desechos, por lo tanto son las que se desgastan más rápidamente, lo que hace imprescindible el diseño de estas con un material que proporcione las condiciones adecuadas para soportar el esfuerzo, tomando en consideración el costo del material [13].

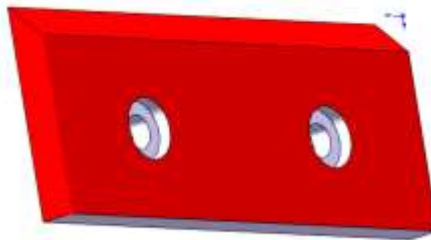


Figura 3. 2. Cuchilla.

Fuente: [13].

La operación de corte consiste en hacer que se deslicen dos porciones de un cuerpo, que son separadas por la acción de las cuchillas provocan el alargamiento de las fibras de la chapa hasta que se produce la rotura, iniciada por una incisión seguida de la cortadura o arrancado de las fibras [13].

3.13. Los materiales en el diseño de máquinas

Los materiales disponibles en ingeniería son muy numerosos y se distinguen fundamentalmente por su composición química, su estado (sólido, líquido, gas), su estructura (cristalina, amorfa), sus distintas fases, sus impurezas y la distribución de estos componentes [14].

Acero al Carbono

Todos los aceros al carbono son oxidables, por contrario, la definición funcional de acero inoxidable, es acero poco oxidable. Dentro de los aceros al carbono, los grados de oxidación varía, en función de la concentración de ciertos elementos, como por ejemplo el cromo [15].

Acero Serie 10

Muchos de los aceros de la serie 10 (1095, 1084, 1070, 1060, 1050, etc.) son utilizados para la cuchillería, aunque el 1095 es el más popular para los cuchillos. Cuando se entra en orden a partir de 1095-1050, va generalmente de más carbón a menos, de más resistencia al desgaste a menos resistencia al desgaste, y resistente a más resistente [15].

Tabla 3. 3. Aceros de la serie 10.

Grado	Dureza Brinell	Velocidad (sfm)	Avance (ipr)	RPM	Pulgadas de recorrido lineal de la herramienta por minuto	Recorrido de la herramienta como % del 1018
1018	126	130	0.0019	497	0.9443	100
10L18	126	150	0.0021	573	1.2033	127
1117	137	150	0.0022	573	1.2606	133
11L17	137	172	0.0024	649	1.5576	165

Fuente: [15].

3.14. Sistema de transmisión de potencia

Es uno de los elementos más importantes, su función es la de transmitir el giro al eje de la máquina y reducir y aumentar la velocidad de salida del motor para así obtener la velocidad que se requiere en los elementos de corte y trituración [16].

Para la transmisión de potencia desde la máquina motriz o motor al eje de la máquina conducida se emplea un sistema de transmisión de correas en V [16].

Los mecanismos de transmisión son los encargados de transmitir el movimiento necesario a los distintos elementos de la máquina.

Existen diferentes tipos de transmisión:

Transmisión por cadenas.- La transmisión por cadenas se emplea en los casos en que la distancia entre los ejes es tal que el uso de engranajes no resulta práctico. Normalmente, la transmisión por cadenas se aplica entre ejes paralelos que giran en el mismo sentido [17].

Tabla 3. 4. Ventajas y desventajas de la transmisión por cadenas.

Ventajas	Desventajas
Larga vida útil.	Costo elevado.
No se resbala o estira	Sin la debida lubricación, se pueden dar fallas en los rodillos y los pasadores.
Buena capacidad para impulsar cierto número de ejes, desde una sola fuente de potencia o fuerza motriz.	Se requiere un mantenimiento más agresivo.
Permite una sincronización de los movimientos de los ejes.	Exceso de ruido.

Fuente: [17].

Transmisión por correas.- La transmisión consta de dos poleas conectadas entre sí por medio de una correa plana o una faja en forma de V. La transmisión de correa tiene un cierto patinaje,

que impide su uso en mandos sincronizados. El patinaje puede tener un valor de hasta 5%, lo que depende especialmente del ángulo de contacto entre polea y correa. Este tipo de transmisión es ampliamente utilizado en maquinaria agrícola, donde la distancia entre ejes sea relativamente grande. Esta transmisión no es adecuada para transferir cargas pesadas a baja velocidad [17].

Tabla 3. 5. Ventajas y desventajas de la transmisión por correas.

Ventajas	Desventajas
Funciona como amortiguador, Facilidad de instalación y reemplazo.	No permite el uso de mandos sincronizados.
Trabaja silenciosamente hasta velocidades lineales de 25 m/s. Bajo costo de mantenimiento.	Es necesario controlar la tensión en la banda, para evitar su rotura o desalineamiento.
Elevada capacidad de empuje.	Menor tiempo de vida
Disminuyen el volumen de la máquina	
Son elásticos y de gran longitud, por lo que absorben cargas de choques y vibraciones	
Buena resistencia a la fatiga.	
Transmite potencia entre ejes paralelos. No requieren lubricación.	

Fuente: [17].

3.15. Rotor picador

El rotor va acoplado a un número de cuchillas que pasan cerca del contrafileo estacionario. Para este tipo de máquinas tomamos en cuenta dos formas (tipos) de rotores que son [18]:

De volante.- En los rotores de volante se utilizan cuchillas radiales, colocadas en el pesado volante de acero. El mismo que puede estar dotado de perforaciones que permiten el paso del material picado hasta la parte posterior, o sin ellas el material caería a la parte inferior. Este tipo de rotor es utilizado generalmente para máquinas estacionarias [18].

Tabla 3. 6. Ventajas y desventajas de un rotor de volante.

Ventajas	Desventajas
La masa del volante es menor que la del rodillo por lo tanto se usa menos material, lo cual reduce costos.	Menor cantidad de material picado en función del tiempo.
Las cuchillas son rectas, lo cual facilita el afilado de las mismas.	Menor ángulo de corte.
Facilidad de construcción.	
Permite regular el ángulo de corte con mayor exactitud.	

Fuente: [17].

De tambor.- En los rotores de tambor el cilindro es ancho, y es mayor a medida que aumenta la potencia de las máquinas, en la superficie se sitúan las cuchillas formando hélices alrededor del cilindro, en número variable [19].

Tabla 3. 7. Ventajas y desventajas de un rotor de tambor.

Ventajas	Desventajas
El borde cortante de las cuchillas pasa por el contrafilo en una posición algo tangencial.	Dificultad en la construcción.
Con esto, se logra un trabajo de picado más uniforme y suave.	Dificultad en el afilado de las cuchillas, debido a su forma helicoidal.
El ángulo de corte es mayor.	Mayor costo de fabricación, por su volumen y mayor número de cuchillas.
La longitud de las cuchillas es mayor, con lo cual se puede cortar un mayor número de cañas.	

Fuente: [19].

3.16. Expulsor del material picado

Rotor-soplador.- Para la salida del material picado se puede aprovechar el mismo rotor picador, adicionado paletas al mismo para que estas soplen el bagazo picado hacia el exterior de la máquina a través de un conducto [19].

Por gravedad.- La recolección del material picado también se lo puede hacer por gravedad, dejando el espacio suficiente debajo del rotor para que el material picado pueda caer libremente hacia un depósito [19].

3.17. Elementos de conexión

Soldadura.- Es una forma de conexión rápida y fuerte, que es aplicada muy a menudo debido al ahorro de material. Sin embargo, su desventaja radica en que las partes no pueden ser separadas o desconectadas sin dañarlas [20].

Pernos tuercas y tornillos.- Estas conexiones son las más conocidas. Permiten una unión desmontable, con una gran variedad de elementos [20].

Chavetas, pasadores y collares.- Estos elementos se emplean en la conexión de poleas, engranajes, ruedas y volantes sobre ejes [20].

3.18. Motor

A la hora de seleccionar motores eléctricos asincrónicos trifásicos y monofásicos es importante considerar los siguiente criterios que son los más utilizados para seleccionar el motor eléctrico más adecuado para la aplicación deseada [21].

La potencia.- Es la fuerza que el motor genera para mover la carga en una determinada velocidad. Esta fuerza es medida en hp (horse power), cv (caballo vapor) o en kW (Kilowatt) Comentario: hp y cv son unidades diferentes de kW [21].

Tabla 3. 8. Conversión de la potencia de motor.

De	Multiplique por	Para obtener
hp y cv	0,736	kW
kW	1,341	hp y cv

Fuente: [21].

La rotación.- Es el número de giros que el eje desarrolla por unidad de tiempo. La rotación normalmente es expresa en RPM (rotaciones por minuto). Para las frecuencias de 50 Hz y 60 Hz, tenemos [21].

Tabla 3. 9. Rotación del motor.

Motor	Rotación sincrónica	
	60 Hz	50 Hz
2 Polos	3600 rpm	3000 rpm
4 Polos	1800 rpm	1500 rpm
6 Polos	1200 rpm	1000 rpm
8 Polos	900 rpm	750 m

Fuente: [21].

La tensión

Monofásica.- Es la tensión medida entre fase y neutro. El motor monofásico normalmente está preparado para ser conectado en la red de 110 V o 220 V. Sin embargo, hay sitios donde la tensión monofásica puede ser 115 V, 230 V o 254 V. En estos casos debe ser aplicado un motor específico para estas tensiones [21].

Trifásica.-Es la tensión medida entre fases. Son los motores más utilizados, pues los motores monofásicos tienen limitación de potencia, y además de esto suministran rendimientos y pares menores, lo que aumenta su costo operacional. Las tensiones trifásicas más utilizadas son 220-230 V, 380-400 V a 50Hz y 440 V a 60Hz [21].

La frecuencia.- Es el número de veces que un determinado evento se repite en un determinado intervalo de tiempo. La frecuencia de la red de alimentación utilizada en Latinoamérica es 50 Hz o 60 Hz, dependiendo del país [21].

Grado de protección.- Es la protección del motor contra la entrada de cuerpos extraños (polvo, fibras, etc.), contacto accidental y penetración de agua. Así, por ejemplo, un equipamiento a ser instalado en un local sujeto a chorros de agua, debe poseer un envoltorio capaz de soportar tales chorros de agua, bajo determinados valores de presión y ángulo de incidencia, sin que haya penetración que pueda ser perjudicial al funcionamiento del motor. El grado de protección es definido por dos letras (IP) seguido de dos dígitos. El primer dígito indica protección contra la entrada de cuerpos extraños y contacto accidental, mientras el segundo dígito indica la protección contra la entrada de agua [21].

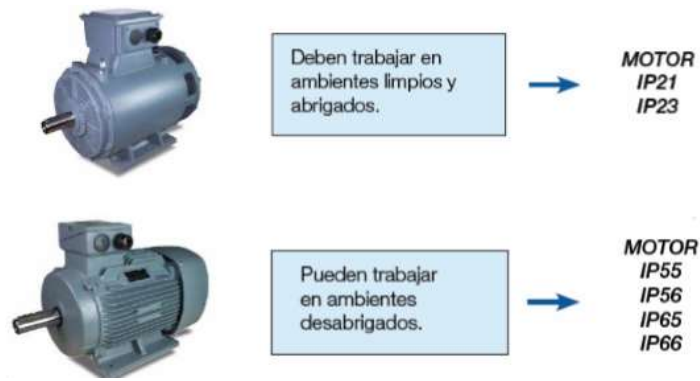


Figura 3. 3. Tipos de motores.

Fuente: [21].

3.19. Criterios de selección del conductor

Para seleccionar el conductor adecuado para el sistema eléctrico de potencia de la trituradora se considera lo siguiente:

La corriente máxima.- Seleccionado el tipo de conductor, es necesario precisar el calibre del conductor y para esto se debe conocer la corriente máxima que va pasar por el conductor en base a la potencia de demanda que el cable deberá alimentar a la máquina, considerando las necesidades futuras.

4. METODOLOGÍA

Para iniciar el diseño de la máquina se debió establecer los parámetros funcionales de la misma, como:

- Elementos constitutivos de la máquina, esquema cinemático.
- Capacidad de trituración de la máquina;
- Resistencia al corte de los tallos de alstroemerias.
- Velocidad y potencia de corte.

Tabla 4. 1. Lista de características (C) y exigencias (E) de la máquina.

FUNCIONES	
La máquina debe cortar tallos de alstroemerias de 0.6 m de largo aproximadamente.	E
Los trozos cortados serán de 0.01- 0.02 m de largo aproximadamente.	E
La máquina triturará aproximadamente 120 kg de tallos por jornada de trabajo.	E
ENERGÍA	
La energía requerida será suministrada por un motor eléctrico.	E
Minimizar las pérdidas de energía en la transmisión de potencia.	C
SEGURIDAD	
Instrucciones de montaje uso y mantenimiento.	E
Nivel de seguridad suficiente a fin de preservar a las personas y a los bienes, derivados de la instalación, funcionamiento, mantenimiento y reparación de la máquina.	E
ERGONOMÍA	
El acceso a los distintos elementos de máquina deberá ser cómodo para las operaciones de mantenimiento montaje y desmontaje.	C
La posición del equipo, controles y banco de trabajo, deben permitir una postura y control correcto.	C
No tener efecto contaminante sobre el medio ambiente.	C
FABRICACIÓN	
La máquina deberá ser de fácil ensamblaje.	E
Los materiales y elementos se seleccionarán de acuerdo a las exigencias de resistencia y calidad.	E
La máquina deberá tener una buena estabilidad y rigidez.	E
Los elementos móviles de transmisión deben concebirse, construirse y protegerse de forma que prevengan todo peligro de contacto que pueda originar accidentes.	E
La transmisión de las fuerzas se realizará por medio de sistemas mecánicos.	E
Las piezas que forme parte de la máquina, serán de fácil manufactura y de formas sencillas.	C
Los materiales y elementos utilizados deben encontrarse disponibles en el mercado nacional.	C
Los componentes de la máquina deben permitir un ensamblaje y funcionamiento en espacio reducido.	C

SEÑALES	
Etiquetas de advertencia para la prevención de accidentes.	E
Contar con señales sonoras y/o visibles para indicar que la máquina se encuentra funcionamiento.	C
CONTROL	
Se deberá verificar la calidad del material empleado para la fabricación de los elementos de la máquina.	E
Los niveles de ruido producido por la máquina no serán muy elevados.	C
FUNCIONAMIENTO	
La puesta en marcha de la máquina solo será posible cuando estén garantizadas las condiciones de seguridad para las personas que operen la máquina.	C
No generar ruidos molestos para el operador.	C
MANTENIMIENTO	
Las piezas deben ser fácilmente reemplazadas y deben encontrarse en stock en el mercado nacional.	E
La máquina deberá estar diseñada para que las operaciones de verificación, regulación, engrase y limpieza se puedan efectuar desde lugares fácilmente accesibles; y sin necesidad de eliminar los sistemas de protección.	C

4.1. Parámetros para el diseño de la trituradora

Para el cálculo de la velocidad, potencia de corte de se tomó como referencia la investigación [5].

4.1.1. Velocidad y potencia de corte

La velocidad de ingreso de los tallos de las alstroemerias es un aspecto muy importante que se debe definir porque de allí se partió para el cálculo y diseño de la trituradora.

4.1.2. Volumen a triturarse de tallos

Para hallar la velocidad partimos de la capacidad de la máquina. El volumen de los tallos de alstroemerias a picarse a diario es.

$$v = \frac{c}{\varrho} \quad (4.1)$$

Donde:

v: Volumen de los tallos.

c: Peso de los tallos en función del tiempo (capacidad).

ϱ : Densidad de los tallos (alstroemerias).

4.1.3. Números de tallos a triturarse por hora

$$\text{tallos} = \frac{v}{vt} \quad (4.2)$$

Donde:

v: Volumen de los tallos.

vt: Volumen de un tallo.

4.1.4. Velocidad de entrada de los tallos

$$v_1 = \frac{N^{\circ}\text{tallos}}{\text{min}} * Lc \quad (4.3)$$

Donde:

Lc = Longitud de los tallos.

v_1 = Velocidad de ingreso.

4.1.5. Bandeja de alimentación

La forma de la bandeja de alimentación asegura el ingreso adecuado de los tallos hacia el rotor picador, para lo cual se debe tomar una ligera inclinación en la bandeja para aprovechar el peso de los tallos en la alimentación.

4.1.6. Relación entre el número de revoluciones y el número de cuchillas, en el rotor

Las cuchillas estarán dispuestas en el volante de tal manera que corten medio centímetro a la vez por cada cuchilla. El rotor cuenta con dos cuchillas diametralmente opuestas en el disco del rotor, seis martillos y una placa barredora. Es decir, que cada cuchilla estará a 180° (3.1416 rad).

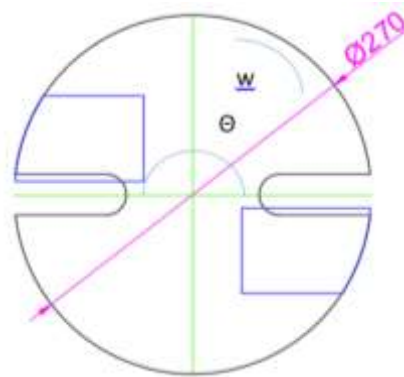


Figura 4. 1. Número de Revoluciones vs. Número de Cuchillas.

El volante debe recorrer π radianes en el mismo tiempo que el tallo recorre 1 cm, para esto se toma en cuenta que los tiempos son iguales. Se tiene las siguientes ecuaciones.

$$\begin{aligned} w &= \frac{\theta}{t} \\ v &= \frac{d}{t} \\ \frac{\theta}{w} &= \frac{d}{v_i} \\ w &= \frac{\theta * v_i}{d} \end{aligned} \quad (4.4)$$

Donde:

w: Velocidad angular.

d: Desplazamiento de los tallos.

vi: Velocidad de ingreso de la los tallos.

4.1.7. Torque requerido para el corte

El área total de la boca por la cual ingresan los tallos al volante picador es de:

$$R = \frac{F}{A}$$

$$F = R * A \quad (4.5)$$

$$T = F * r \quad (4.6)$$

Donde:

R: Resistencia de corte.

A: Área transversal.

4.2. Potencia de corte

Se calcula la potencia de corte en función del torque requerido y la velocidad angular del volante.

$$P_c = T * N \quad (4.7)$$

Donde:

T : Torque requerido.

N : Velocidad angular.

4.3. Diseño del rotor

El rotor está constituido por: Volante, cuchillas (2 unidades), martillos (6 unidades), placa barredora, eje hueco, eje de martillos (2 unidades), separadores de martillos (8 unidades).



Figura 4. 2. Rotor.

Una vez establecido en número de cuchillas, martillos y paletas sopladoras, debemos hallar las dimensiones adecuadas del volante, las cuales establecemos en función de la Energía Cinética y la Inercia del mismo.

Las dimensiones del volante se determinan en función de la energía cinética y de la inercia del mismo. Hay que considerar que la densidad del material afecta tanto a la energía cinética como a la tensión del material, porque ambas son función de la masa y del cuadrado de la velocidad. Por lo tanto, un material de alta densidad no es necesariamente mejor para un volante, su energía cinética máxima depende tanto de la masa como de la resistencia [22].

$$I = \frac{\Delta E}{C_s * W^2} \quad (4.8)$$

Donde:

I: Momento de Inercia del volante.

$\Delta E = E_2 - E_1$: Variación de energía cinética.

C_s : Coeficiente de fluctuación de velocidades.

W: Variación de energía.

El volante es un elemento giratorio que actúa como depósito de energía cinética, que está dada por la fórmula:

$$\Delta E = \frac{1}{2} * I * w^2$$
$$I = \frac{1}{2} m * r^2 \quad (4.9)$$

4.4. Diseño de cuchillas

Para el diseño de cuchillas se tomará como referencia la investigación realizada en la tesis [23].

Las cuchillas tendrán una forma que permita fijarlas al volante por medio de tornillos y una inclinación que asegure el corte de los tallo en las dimensiones establecidas.

Con base en el proceso de la cizalla se realiza el diseño del filo de las cuchillas. Donde los elementos son los siguientes:

- Cuchilla.
- Tallo.
- Contra cuchilla.

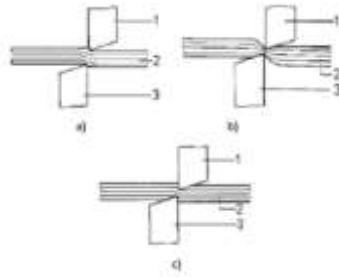


Figura 4. 3. Proceso de cizallado.

Fuente: [24].

4.4.1. Resistencia de la fluencia cortante

Una característica de un juego de cuchillas es que sus aristas cortantes son vivas, y el juego entre estas muy reducido para asegurar un corte limpio. Para su diseño se utilizará la ecuación:

$$S_{sy} \text{ o } S' n \geq 0,5 \times S_y = 0,5 (0,7 \times S_{ut}) \quad (4.10)$$

Donde:

S_{sy} o $S' n$: Resistencia a la fluencia en cortante.

S_y : Resistencia al punto de fluencia.

S_{ut} : Resistencia al punto de fluencia.

Para luego al aplicar la teoría del esfuerzo cortante máximo obtener:

$$S_{sy} = 0.577 S_y$$

4.4.2. Esfuerzo máximo en la cuchilla

$$\tau_{\max} = \frac{S_{sy}}{n} \quad (4.11)$$

Donde:

τ_{\max} : Esfuerzo cortante máximo.

S_{sy} : Esfuerzo cortante máximo permisible.

n : Factor de seguridad recomendado.

4.4.3. Área de la cuchilla que soporta la carga

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{\tau} \quad (4.12)$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante.

F : Fuerza de corte del alimento.

A : Área de la cuchilla que soporta la carga.

4.4.4. Determinación del espesor de la cuchilla

$$A = e * L$$

$$e = \frac{A}{L} \quad (4.13)$$

Donde:

e: Espesor

A: Área transversal

L: Longitud de la cuchilla

4.4.5. Potencia corregida

Para hallar la potencia de diseño se debe multiplicar la potencia calculada por un factor de servicio. Esto se lo hace para prevenir fallas debido a golpes, vibraciones o tirones; dicho factor aumenta la potencia a transmitir para obtener la potencia de diseño que considera las características de trabajo de la máquina y el motor utilizado.

$$P_D = C_1 * P_C \quad (4.14)$$

Donde:

P_D : Potencia de diseño.

C_1 : Factor de servicio.

P_C : Potencia calculada.

4.5. Selección del motor

El motor se lo selecciona en función de la potencia de diseño y la velocidad angular del rotor en rpm. Para determinar la potencia del motor eléctrico, se debe considerar el factor del sistema de transmisión y, la eficiencia del mismo.

$$P_m = \frac{P_D}{n_m} \quad (4.15)$$

Donde:

P_m : Potencia del motor.

n_m : Eficiencia del motor.

4.6. Sistema de transmisión de potencia

La transmisión de la potencia del motor al eje se realizará a través de un sistema banda polea.

4.6.1. Relación de transmisión

Una de la función de las bandas aparte de la transmisión de potencia es aumentar el par de torsión y disminuir la velocidad o viceversa, al expresar numéricamente se tiene que:

$$K = \frac{w_2}{w_1} \quad (4.16)$$

Donde:

K: Relación de transmisión.

w: Velocidad angular.

4.6.2. Selección de poleas

Las poleas que se usan para transmisiones con correas, se fabrican con distintos materiales, siendo las más comunes fundiciones de hierro, acero y aleaciones ligeras. A veces se encuentran poleas de madera (muy antiguas) y de plástico. Hoy las dimensiones de las poleas están normalizadas.

Para determinar los diámetros de las poleas conductora y conducida se utilizará la ecuación de relación de transmisión, partiendo del diámetro primitivo de la polea conductora (D_1):

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (4.17)$$

Donde:

ω_1 : Velocidad angular de la polea conductora.

ω_2 : Velocidad angular de la polea conducida.

D_1 : Diámetro de la polea conductora.

D_2 : Diámetro de la polea conducida.

Sobre esta base se calcula el diámetro primitivo de la polea del eje del rotor, d_2 .

$$\frac{w_1 * d_{p1}}{2} = \frac{w_2 * d_{p2}}{2} \quad (4.18)$$

Donde:

d_{p2} : Diámetro primitivo de la polea.

ω_1 : Velocidad angular de la polea conductora.

ω_2 : Velocidad angular de la polea conducida.

4.6.3. Distancia entre ejes (C)

Para establecer la distancia entre ejes y determinar la geometría de la máquina, se consideran los límites que establecen que la distancia entre centros no debe exceder de 3 veces la suma de los diámetros de las poleas, ni ser menor que el diámetro de la polea más grande; es decir:

$$D_2 \leq C \leq 3(D_1 + D_2) \quad (4.19)$$

Donde:

D_1 : Diámetro de la polea conductora.

D_2 : Diámetro de la polea conducida.

Cuando no se tiene pre establecido la distancia entre ejes, la distancia mínima se puede determinar con la siguiente ecuación:

$$C \geq \frac{(k+1)*D1}{2} + D1 \quad (4.20)$$

4.6.4. Longitud primitiva o de paso de la banda (Lp)

La longitud primitiva de la banda se determina con base a la distancia entre centros de los ejes y los diámetros de las poleas.

$$Lp = \left[2C + 1.57(D2 + D1) + \frac{(D2-D1)^2}{4C} \right] mm \quad (4.21)$$

Donde:

D_1 : Diámetro de la polea conductora.

D_2 : Diámetro de la polea conducida.

C: Distancia entre ejes

4.6.5. Ángulos de contacto

El ángulo con que abraza la correa a las poleas dependerá de los diámetros de estas últimas y de la distancia a la que se encuentran entre sí sus centros. Si los diámetros de ambas poleas son iguales, según se muestra en la figura 4.4 al ángulo con que abraza la correa a cada polea es 180° .

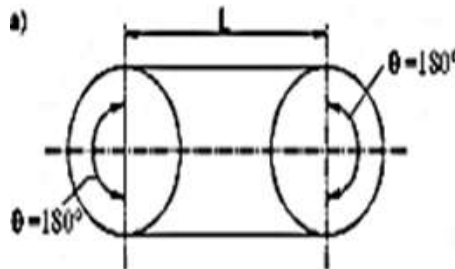


Figura 4. 4. Ángulo de contacto.

Fuente: [5].

4.6.6. Arco de contacto menor θ_s

El ángulo de contacto menor se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\theta_s = 2 * \cos^{-1} \left(\frac{D1-D2}{2*C} \right) D1 \quad (4.22)$$

Donde:

D_1 : Diámetro de la polea conductora.

D_2 : Diámetro de la polea conducida.

C: Distancia entre ejes.

4.6.7. Perímetro interior (L)

El perímetro interior se determina restando de la longitud de paso L_p una constante de aumento de longitud paso, que para bandas entre 26 y 128 pulgadas es 1.3 pulgadas (33.02mm)

$$L = L_p - 33.02 D1 \quad (4.23)$$

Donde:

L_p : Longitud de paso.

4.6.8. Potencia nominal

Para el cálculo de potencia nominal que transmite cada banda se emplea la siguiente ecuación:

$$H_r = \left[C_1 \left(1 - \frac{C_2}{d} - C_3 * (rd)^2 - C_4 * \log(rd) \right) \right] (rd) + C_2 r \left(1 - \frac{1}{ka} \right) \quad (4.24)$$

Donde:

H_r : Potencia nominal.

d : Diámetro de paso de la polea menor.

C : Constantes para cálculo de la potencia de transmisión de la banda.

4.6.9. Potencia nominal corregida

Ésta capacidad se basa en un arco de 180° y una longitud media de banda. Por esto se debe realizar la corrección correspondiente aplicando la siguiente ecuación:

$$H_r' = K_1 * K_2 * H_r D1 \quad (4.25)$$

Donde:

H_r' : Potencia nominal corregida.

K_1 : Factor de corrección por ángulo de contacto.

K_2 : Factor de corrección por longitud.

4.6.10. Número de bandas

Puesto que la potencia de diseño es 3 hp, el número de bandas necesarias es:

$$n_B = \frac{P_d}{H_r'} D1 \quad (4.26)$$

Donde:

H_r' : Potencia nominal corregida.

P_d : Potencia de diseño.

4.6.11. Velocidad de lineal de la correa

Para el cálculo de la velocidad lineal de la correa se emplea la siguiente expresión:

$$V_t = \frac{\pi * d * N}{60 * 1000} \quad (4.27)$$

Donde:

V_t : Es la velocidad lineal o tangencial de la correa, en m/s.

d : Es el diámetro de la polea menor, en mm.

N : Son las revoluciones por minuto (rpm) de la polea menor.

La velocidad lineal de una correa trapezoidal no debe sobrepasar los 30 m/s, dado que a partir de esta velocidad las fuerzas centrífugas son de una magnitud tal que podría desencajar la correa de la ranura de la polea. Si se necesitasen velocidades superiores a los 30 m/s se deberá utilizar poleas especiales que eviten este inconveniente. Para finalizar con lo que respecta al sistema de transmisión por correas nos queda por definir el tipo de correa.

4.7. Diseño de ejes

El término eje se refiere por lo común a un elemento relativamente largo de sección transversal redonda que gira y transmite potencia. Por lo general, uno o más partes como engranes, ruedas dentadas para cadenas, poleas y levas o excéntricos están fijos al eje por medio de pasadores, cuñas, estrías, anillos de cierre rápido y otros dispositivos [25].

Las ecuaciones utilizadas para el cálculo del eje y parte de la fundamentación teórica serán tomadas del libro [25].

4.7.1. Tensión de las bandas

En el sistema para bandas en V los dos lados de la banda están en tensión, como se ve en el gráfico siguiente.

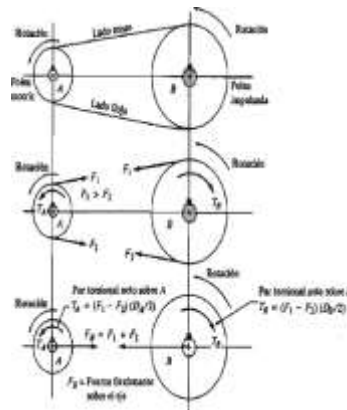


Figura 4. 5. Fuerza sobre las poleas.

Fuente: [25].

La tensión F_1 en el lado tenso es mayor que la tensión F_2 en el lado flojo y por ello hay una fuerza impulsora neta sobre las poleas.

La relación existente entre el lado flojo y el lado tenso está dada por la siguiente fórmula:

$$T_1 = T_2 * e^{f\theta} \quad (4.28)$$

Donde:

T_1 : Tensión en el lado tenso; (kgf).

T_2 : Tensión en el lado flojo; (kgf).

f : Coeficiente fricción.

θ : Ángulo de contacto.

La potencia transmitida por la banda es:

$$P = \frac{(T_1 - T_2) * v}{102} \quad (4.29)$$

Donde:

T_1 : Tensión en el lado tenso; (kgf).

T_2 : Tensión en el lado flojo; (kgf).

v : Velocidad; (m/s).

$$T_1 = \frac{102 * P * e^{f\theta}}{v(e^{f\theta} - 1)} \quad (4.30)$$

La velocidad lineal de la banda se la determina por la ecuación:

$$v = w * r_2 \quad (4.31)$$

Donde:

w : Velocidad angular.

r_2 : Radio de la polea del eje rotor.

4.7.2. Concentración de los esfuerzos

Para montar los diversos tipos de elementos de la máquina en los ejes, en forma adecuada, un diseño típico contiene varios diámetros, cuñeros, ranuras de anillo y otras discontinuidades geométricas que producen concentración de esfuerzos.

Factor de concentración de esfuerzos K_t .

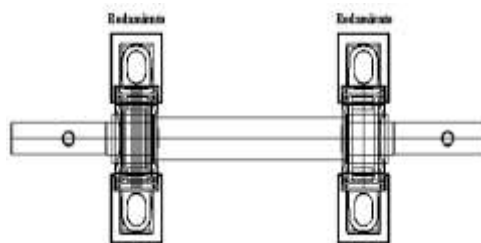


Figura 4. 6. Esfuerzos en el eje.

Fuente: [1].

Los valores de los Factores de concentración de esfuerzos se tomarán de datos utilizados por diseñadores más experimentados y que se encuentran descritos en el libro [25].

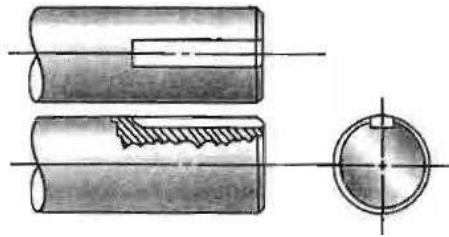


Figura 4. 7. Cuñero en trineo.

Fuente: [25].

$K_t = 1,5$ y $2,5$ Por los chaflanes en escalón agudo y redondeado respectivamente como muestra en la figura siguiente.

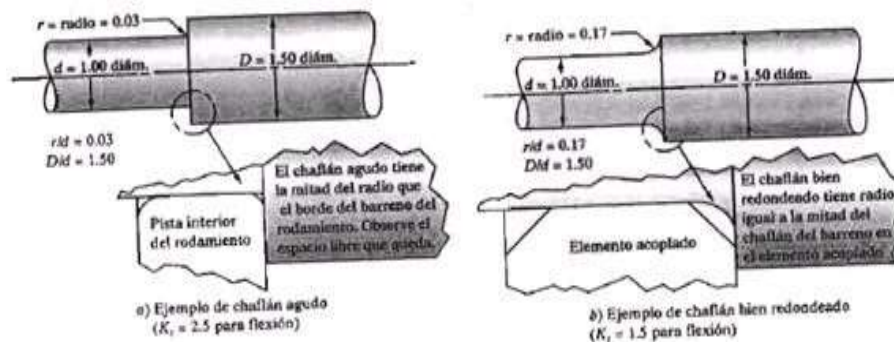


Figura 4. 8. Chaflanes de ejes.

Fuente: [25].

4.7.3. Diseño estático del eje

Con base en la teoría de la Energía de Distorsión, el diámetro del eje se calcula con la siguiente ecuación.

$$D = \left(\frac{32 \cdot n}{\pi \cdot S_y} * \left(M^2 + \frac{3 \cdot T^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4.32)$$

Donde:

S_y : Esfuerzo de fluencia.

M : Momento flector máximo en el punto considerado.

T : Momento torsor en el punto considerado.

n : Factor de seguridad.

4.7.4. Resistencia a la fatiga real

Considerando que sobre el eje se produce una flexión alterna y una torsión invariable en el tiempo, que es el caso más común que se presenta en un eje de transmisión, se debe determinar el diámetro por una de las teorías de falla por fatiga. Empleando el método de Soderberg, con enfoque en la teoría de distorsión.

El límite de resistencia a la fatiga, completamente corregido es:

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S_e' \quad (4.33)$$

Donde:

S_e : Límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico.

S_e' : Límite de resistencia a la fatiga de la muestra.

K_a : Factor de superficie.

K_b : Factor de tamaño.

K_c : Factor de confiabilidad.

K_d : Factor de temperatura.

K_e : Factor de modificación por concentración de esfuerzo.

K_f : Factor de reducción en el caso de fatiga.

q : Sensibilidad a las ranuras.

K_t : Factor teórico para concentración de esfuerzo.

$$S_e' = 0.5 * S_{ut}$$

Conocido el límite de resistencia a la fatiga completamente corregido se puede determinar un diámetro seguro del eje, bajo el enfoque de Soderberg, con base en la teoría de la energía de distorsión por medio de la siguiente ecuación:

$$d = \left(\frac{48 * n}{\pi} * \left(\left(\frac{T}{S_y} \right)^2 + \left(\frac{M}{S_e} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4.34)$$

4.8. Diseño de la chaveta

La chaveta permite fijar la polea al eje, y de esta manera transmitir el momento de torsión.

Por lo general el tamaño de la chaveta corresponde a un cuarto del diámetro del eje y se ajusta su longitud de acuerdo a la longitud del cubo de la manzana de la polea o según la resistencia requerida.

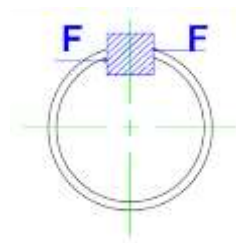


Figura 4. 9. Chaveta.

$$F = \frac{T}{r} \quad (4.35)$$

Donde:

F: Fuerza aplicada sobre la chaveta.

r: Radio del eje.

La falla por corte a través del área transversal origina un esfuerzo:

$$\tau = \frac{F}{t * l} \quad (4.36)$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante.

t : Espesor de la chaveta.

l : Longitud de la chaveta.

Sustituyendo la resistencia al cortante dividida por el factor de seguridad en lugar de τ se tiene:

$$\begin{aligned} \frac{S_{sy}}{n} &= \frac{F}{t * l} \\ l &= \frac{F * n}{t * S_{sy}} \end{aligned} \quad (4.37)$$

La resistencia al aplastamiento se determina con un área igual a la mitad de la cara de la chaveta.

$$\begin{aligned} \frac{S_{sy}}{n} &= \frac{2F}{t * l} \\ l &= \frac{2 * F * n}{t * S_{sy}} \end{aligned} \quad (4.38)$$

4.9. Selección de rodamientos

Para determinar la duración de diseño en horas se toma de acuerdo al tiempo al cual se diseña, con una velocidad de giro conocida normalmente en RPM, y el número de revoluciones de diseño para el rodamiento sería:

$$L_d = h * rpm * 60 \frac{\text{min}}{h} \quad (4.39)$$

Donde:

L_d : Duración de diseño.

h : Horas de trabajo de la máquina.

rpm : Velocidad de trabajo de la máquina.

Para el eje de transmisión se empleará dos soportes de cojinetes, los cuales se determina en base a la resultante de Las reacciones tanto en el eje Z como en el eje Y

$$R_A = \sqrt{R_{Ay}^2 + R_{Az}^2} \quad (4.40)$$

4.9.1. Capacidad de carga dinámica básica

Se determina a través de la siguiente ecuación

$$C = \frac{f_1 * P}{f_n} \quad (4.41)$$

Donde:

C : Capacidad de carga dinámica (KN).

P : Carga dinámica equivalente (KN).

f_1 : Factor de esfuerzos dinámicos.

f_n : Factor de velocidad de giro.

El valor de P toma en cuenta las cargas radiales y axiales:

$$P = XFr + YFa \quad (4.42)$$

4.10. Diseño de Bastidores

De manera conceptual, un bastidor o estructura para máquina es un armazón de un material seleccionado de acuerdo a la aplicación el cual soportara o mantendrá los componentes o sistemas de una máquina; su tipo varía según su aplicación, tamaño, componentes estructurales, diseño, maquinabilidad, materiales y costo. Para realizar el diseño de una estructura para máquina se debe tener en cuenta los siguientes parámetros.

Ambiente o espacio donde se realizara la instalación de la máquina, facilidad de instalación y mantenimiento del equipo, carga aplicada, frecuencia de operación, tipo de operación, y producto o materia a ser procesado, deformaciones y fuerzas aplicadas por los diferentes sistemas o componentes de la máquina, vibración generada por los componentes de la máquina o equipos externos, tolerancia de instalación e interacción de las partes de la máquina, tipo de material para su construcción y procesos de la máquina [26].

4.11. Uniones soldadas

Consiste en el método utilizado por los soldadores para realizar la unión de dos o más planchas o piezas a través del arco eléctrico. Una soldadura es una unión entre superficies metálicas obtenida por la aplicación localizada de calor. Existen los siguientes tipos principales de uniones por soldadura: a tope, de monta, en T, en ángulo, de tapón, con riostra, de botones [27]. Una de las formas de realizar dicha unión, entre los procesos de mayor utilización son aquellos que emplean como fuente de calor el arco voltaico, tales como:

Soldadura (MIG/MAG ó GMAW)

Este procedimiento, conocido también como soldadura MIG/MAG, consiste en mantener un arco entre un electrodo de hilo sólido continuo y la pieza a soldar. Tanto el arco como el baño

de soldadura se protegen mediante un gas que puede ser activo o inerte. El procedimiento es adecuado para unir la mayoría de materiales, disponiéndose de una amplia variedad de metales de aportación.

Soldadura manual por arco eléctrico SMAW

Un Arco Eléctrico es mantenido entre la punta de un electrodo cubierto (Coated Electrode) y la pieza a trabajar. Las gotas de metal derretido son transferidas a través del arco y son convertidas en un cordón de soldadura, un escudo protector de gases es producido de la descomposición del material fundente que cubre el electrodo, además, el fundente también puede proveer algunos complementos a la aleación, la escoria derretida se escurre sobre el cordón de soldadura donde protege el metal soldado aislándolo de la atmósfera durante la solidificación, esta escoria también ayuda a darle forma al cordón de soldadura especialmente en soldadura vertical y sobre cabeza [28].

4.12. Protección del motor

Para evitar daños en máquina y realizar el control eléctrico se puede utilizar algunos elementos como:

Relé Térmico.- Es el encargado de controlar la cantidad de corriente que pasa hacia el motor, si esta es demasiada alta el mismo envía una señal a la bobina del contactor para que los contactos que permiten el paso de la corriente se abran.

Contactor.- Es un componente electromecánico que se encarga de establecer o interrumpir el paso de la corriente.



Figura 4. 10. Contactor.

Fuente: [29].

4.13. Selección del conductor

El conductor lo seleccionamos de acuerdo a la corriente. Para determinar la corriente en un circuito eléctrico tenemos:

Corriente Alterna.

$$\text{Monofasica} = \frac{\text{hp} \cdot 746}{\text{E} \cdot \text{N} \cdot \text{f.p.}} \quad (4.43)$$

Donde:

E : Tensión en voltios.

N : Eficiencia expresada en decimales.

hp : Potencia en caballos de fuerza.

f. p : Factor de potencia ($\cos \emptyset$).

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Diseño de la trituradora de tallos

Para el diseño de la máquina trituradora se consideraron los siguientes aspectos: En la sección de post cosecha se produce un promedio de 10 cajas y cada caja contiene 100 bonches de 12 alstroemerias cada uno, esto da como resultado 12000 tallos con un peso medio de 10 gramos c/u, obteniéndose aproximadamente 120 kg de residuos destinados al proceso de trituración a realizarse una hora antes del término de la jornada de trabajo, por lo tanto la capacidad de procesamiento de la máquina es de 120 kg/h.

La trituradora tiene un alcance de trabajo como se indica a continuación.

Tipo de maquinaria: Agrícola

Material a picar: tallos de alstroemerias

Capacidad: 120 kg/h

Tamaños de picado: 10 a 20 mm

Resistencia máx.: 1 kgf.

Número de cuchillas: 2

Rpm: 1750

Fuente de alimentación: Eléctrica 220V Monofásico

Motor: 3 hp

Material a triturar: tallos de alstroemerias.

5.2. Determinación de la resistencia de corte de los tallos de alstroemerias

Para determinar la resistencia de corte de los tallos de alstroemerias, se realizó ensayos de corte en una prensa, para este efecto se cambió el vástago por una cuchilla plana, tratando de simular las condiciones en las que se realizará el corte en la máquina trituradora. El resultado obtenido del ensayo de resistencia al corte es 1 Kg/cm², con base a este valor se desarrollan los cálculos y diseño de la máquina.

5.3. El volumen de los tallos a triturarse corresponde

Se utilizó la (Ec.4.1)

$$V = \frac{C}{\delta}$$
$$V = \frac{120 \frac{kg}{h}}{150 \frac{kg}{m^3}} = 0.8 \frac{m^3}{h}$$

Resp. 1

5.4. Velocidad de ingreso de los tallos

5.4.1. Volumen de los tallos de alstroemerias

Diámetro de los tallos: 1 cm = 0.01 m

Longitud: 60 cm

$$V_T = \frac{\pi * D^2}{4} * L$$
$$V_T = \frac{\pi * 0.01^2 m^2}{4} * 0.6m$$

$$V_T = 4.7124 * 10^{-5} m^3$$

Resp. 2

5.4.2. Números de tallos a triturarse por hora

Se utilizó la (Ec.4.2)

$$n_{tallos} = \frac{V_C}{V_T} = \frac{0.8 \frac{m^3}{h}}{4.7124 * 10^{-5} m^3}$$
$$n_{tallos*hora} = 16976.4876 \approx 16976 \frac{tallos}{hora}$$

El operario ingresará aproximadamente a través de la tolva 8 tallos a la vez, por lo que el número de tallos se reduce a la octava parte. El número de tallos que corresponde a picarse por cada hora es:

$$n_{tallos*hora} = \frac{16976}{8} = 2122 \frac{tallos}{hora}$$

Resp. 3

La alimentación de los tallos hacia la tolva es manual.

5.4.3. Velocidad de entrada de los tallos

Para determinar la velocidad de ingreso se toma en cuenta la longitud promedio de los tallos.

Se utilizó la (Ec.3)

$$v = n_{tallos*hora} * l$$
$$v = 2122 \frac{tallos}{hora} * 0.6m = 1273.2 \frac{m}{h} * \frac{1h}{3600s}$$
$$v = 0.354 \frac{m}{s}$$

$$v_i = 35 \frac{cm}{s}$$

Resp. 4

5.4.4. Bandeja de alimentación

La bandeja de alimentación tiene una inclinación de 20° de tal manera que facilite el ingreso de los tallos de alstroemerias hacia el rotor.

La bandeja está diseñada de modo que es más amplia en la entrada y estrecha a la salida, esto asegura una alimentación uniforme por lo que se toma este parámetro como base para la forma de la bandeja de alimentación que sea similar a una tolva de alimentación horizontal.

El material seleccionado para la construcción de la tolva es de 3 mm de espesor en acero tol laminado en frío ST (steel) 37. Las características del material se encuentran en el (Anexo I).

El largo de cada cuchilla es de 9.7 cm por lo que la boca de ingreso es de 7.5 cm de ancho y 8 cm de alto, esto se realizó con la finalidad de evitar que exista espacios donde la cuchilla no corte los tallos.

5.5. Relación entre el número de revoluciones y el número de cuchillas, en el rotor

Se utilizó la (Ec.4.4)

$$\frac{\theta}{w} = \frac{d}{v}$$

$$w = \frac{\theta * v_i}{d}$$

$$V_i = 0.354 \frac{m}{s}$$

$$d = 1cm$$

$$w = \frac{3.1416rad * 0.354 \frac{m}{s}}{0.01m}$$

$$w = 111.2124 \frac{rad}{s}$$

$$N = 2124rpm$$

Resp. 5

5.6. Torque requerido para el corte

De las pruebas realizadas se determinó que la resistencia al corte de 1 kg/cm². Teniendo en cuenta que ingresarán 8 tallos a la vez, entonces y el área transversal de los tallos que ingresa al volante picador es 6.2832 cm².

Para obtener el torque de corte requerido se utilizó la (Ec.4.5) y (Ec.4.6)

$$R = \frac{F}{A}$$

$$F = R * A$$

$$F = 1 \frac{kg_f}{cm^2} * 6.2832cm^2$$

$$F = 6.2833kg_f$$

$$T = F * r$$

$$T = 6.2832kg_f * 0.135m$$

$$T = 0.8482kg_fm$$

Resp. 6

5.7. Potencia de corte

Se utilizó la (Ec.4.7)

$$Pc = T * N$$

$$Pc = \frac{0.8482kg_fm * 2124rpm}{726.24}$$

$$Pc = 2.4808Hp \cong 2.5Hp$$

Resp. 7

Entonces la potencia requerida es 2.5 hp, que es la potencia mecánica necesaria en el eje del rotor para realizar el corte.

Diseño de los elementos de la trituradora

5.8. Cálculo del espesor del rotor

Se emplea la ecuación 4.8 que rige los parámetros variables sobre volantes:

$$I = \frac{\Delta E}{C_s * W^2}$$

El coeficiente de fluctuación de velocidades depende del tipo de máquina, el valor adecuado depende de la decisión del ingeniero basado en la experiencia. Se toma un valor de = 0,8 véase (Anexo II).

El volante es un elemento giratorio que actúa como depósito de energía cinética, que está dada por la ecuación 4.9

$$\Delta E = \frac{1}{2} * I * w^2$$

El material del que estará hecho en volante es AISI 1045 (Anexo III) y el diámetro del volante se estableció en 270 mm. Para determinar masa del volante se emplea el método iterativo imponiéndose distintos espesores.

Tabla 5. 1. Variación de energía cinética.

VARIACIÓN DE ENERGÍA CINÉTICA				
ACERO AISI 1045 $\delta= 7850$ kg/m ³			W=111,2124 rad/s	
ESPESOR	VOLUMEN	MASA	INERCIA	ΔE
M	m ³	KG	kg*m ²	kgf*m
0,004	0,0002	1,7978	0,0164	0,9110
0,006	0,0003	2,6967	0,0246	1,3665
0,008	0,0005	3,5957	0,0328	1,8220
0,010	0,0006	4,4946	0,0410	2,2774
0,012	0,0007	5,3935	0,0491	2,7329
0,014	0,0008	6,2924	0,0573	3,1884
0,016	0,0009	7,1913	0,0655	3,6439
0,018	0,0010	8,0902	0,0737	4,0994
0,020	0,0011	8,9891	0,0819	4,5549

Con base a los datos obtenidos iterativamente y, que en referencia se requiere 0.8482 kgf.m de torque para realizar el corte de los tallos. El valor de torque con el que ha de trabajar la máquina debe superar el valor requerido para el corte, adicional a esto durante el arranque se requiere de una potencia mayor, por ello se considera el espesor del volante inercial en 10 mm. El volante debe tener aberturas que permitan pasar los tallos para que sea triturado.

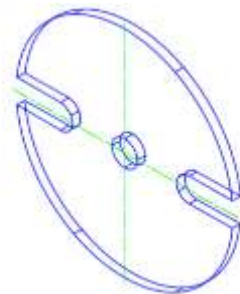


Figura 5. 1. Rotor.

5.9. Diseño de cuchillas

El ángulo de corte de la cuchilla es de 45°. El cual permite que se realice el cizallado entre la cuchilla y la contra cuchilla.



Figura 5. 2. Cuchilla.

La sujeción de la cuchilla al volante se lo realiza mediante pernos de 7/16 NC.

El material que se empleó para los martillos es el AISI 1045 (Anexo III).

El material seleccionado para las cuchillas es DF2-AISI 01 las propiedades y características se detallan en el (Anexo IV).

Para determinar el espesor de las cuchillas se toma en cuenta la fuerza de corte requerida que es igual a 6.2833 kgf.

Las dimensiones de largo y ancho de las cuchillas quedaron establecidos de la siguiente manera:

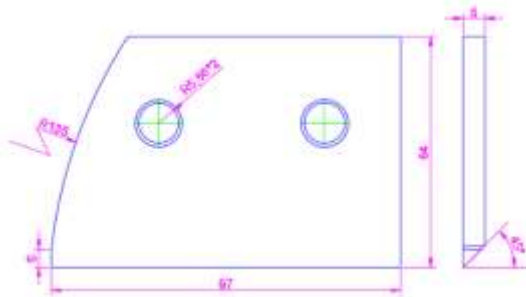


Figura 5. 3. Dimensiones de las Cuchillas.

5.9.1. Resistencia de la fluencia cortante

Se utilizó la (Ec.9)

$$S_{S_y} = 0.577S_y$$

$$S_y = 235 * 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$S_{S_y} = 0.577 * 235 * 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$S_{S_y} = 135.6 * 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Resp. 8

5.9.2. Esfuerzo máximo de la cuchilla

Para encontrar el esfuerzo máximo cortante se realiza con la (Ec.4.11)

$$\tau_{max} = \frac{S_{S_y}}{n}$$

$$n = 5$$

$$\tau = \frac{135.6 * 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{5}$$

$$\tau = 27.12 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Resp. 9

5.9.3. Área de la cuchilla que soporta la carga

Se utilizó (Ec.4.12)

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{\tau}$$

$$F = 6.2833\text{kg} = 61.5763 \text{ N}$$

$$A = \frac{61.5763\text{N}}{27.12 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$A = 2.271 * 10^{-6}\text{m}^2 = 2.271 \text{ mm}^2$$

Resp. 10

5.9.4. Determinación del espesor de la cuchilla

Se utilizó (Ec.4.13)

$$A = e * L$$

$$e = \frac{A}{L}$$

$$L = 97\text{mm}$$

$$e = \frac{2.271\text{mm}^2}{97\text{mm}} = 0.0234\text{mm}$$

Resp. 11

El espesor calculado de la cuchilla es en exceso reducido, para efectos constructivos se considera $e = 6 \text{ mm}$.

La selección del motor se realizara con los valores encontrados en la potencia corregida.

5.10. Potencia corregida

Se utilizó (Ec.4.14)

$$P_D = C_1 * P_c$$

El valor de $C_1 = 1$ de la Tabla del (Anexo V), sabiendo que se trata de una máquina trituradora que trabajará con un motor eléctrico con carga ligera. $P_c = 2.5 \text{ hp}$

$$P_D = 1 * 2.5\text{hp}$$

$$P_D = 2.5 \text{ hp}$$

Resp. 12

5.11. Selección del motor

Se utilizó (Ec.4.15)

$$P_m = \frac{P_D}{n_m}$$

Eficiencia del motor $n_m = 0.923$

$$P_m = \frac{2.5 \text{ hp}}{0.923} = 2.7086 \text{ hp}$$

Resp. 13

Se requiere de un motor de 2.7086 hp y 2124 rpm. Se al aproxima los valores calculados a los que se encuentran en el mercado.

Motor eléctrico	Potencia (hp)	RPM
	3	1750

Las 2124 rpm se lograrán por medio del sistema de transmisión de potencia.

5.11.1. Fuente de potencia

La fuente de potencia es el motor con las siguientes características:

Tipo: Motor monofásico de inducción

Voltaje: 220 V

Potencia Nominal: 3 hp

Velocidad Nominal: 1750 rpm

5.12. Selección de poleas y bandas

Con base al rango de potencia se considera una banda tipo 13C en el sistema internacional.

5.12.1. Relación de transmisión

Se utilizó (Ec.4.16)

$$K = \frac{w_2}{w_1}$$

$w_1 = 1745 \text{ rpm}$

$w_2 = 2124 \text{ rpm}$

$$K = \frac{2124 \text{ rpm}}{1750 \text{ rpm}} = 1.2137$$

Resp. 14

5.12.2. Selección de poleas

Para la selección del diámetro primitivo de la polea conductora se utilizó como guía las tablas del catálogo de correas trapeciales convencionales de "Oleostatic"

El diámetro primitivo de la polea menor se emplea como guía las tablas a y b, ubicadas en el (Anexo VI). La tabla “a” indica un parámetro basándose en la potencia y la velocidad angular, del cual se obtiene un diámetro primitivo:

$$d_1 = 2.5 \text{ pulgadas.}$$

La tabla “b” se selecciona con base en el ángulo de garganta y el tipo de perfil de la correa, dando como resultado un rango de posibilidades para d_1 de ≥ 90 mm.

Sobre esta base se calcula el diámetro primitivo de la polea del eje del rotor, d_2 , utilizando la (Ec.4.18).

$$\frac{w_1 * d_{p1}}{2} = \frac{w_2 * d_{p2}}{2}$$

$d_1 = 2.5$ pulg. Polea en el eje del motor

$$d_2 = \frac{1750rpm * 2.5pulg}{2124rpm} = 2.0598 \text{ pulg} \cong 2pulg$$

Resp. 15

El material seleccionado para la construcción de las poleas es el aluminio debido a que posee bajo peso, fácil de maquinar y costo relativamente bajo además de eso en el mercado nacional se comercializa poleas elaboradas en aluminio.

5.12.3. Distancia entre ejes (C)

Se utilizó (Ec.4.19)

$$D2 \leq C \leq 3(D1 + D2)$$

$$76.2mm \leq C \leq 3(63.5 + 76.2)mm$$

$$76.2mm \leq C \leq 419.1mm$$

Resp. 16

5.12.4. Distancia mínima entre ejes

Se utilizó (Ec.4.20)

$$C \geq \frac{(k + 1) * D1}{2} + D1$$

Para $K = 2$

$$C \geq \frac{(1 + 1) * 76.2mm}{2} + 76.2mm$$

$$C \geq 152.4mm$$

Resp. 17

El valor mínimo de la distancia entre ejes es: 152.4mm. Para efectos constructivos de la trituradora, se considera $C = 400\text{mm}$.

5.12.5. Longitud primitiva o de paso de la banda (L_p)

Se utilizó (Ec.4.21)

$$L_p = \left[2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C} \right] \text{mm}$$

$$L_p = \left[2 * 400 + 1.57(63.5 + 76.2) + \frac{(63.5 - 76.2)^2}{4 * 400} \right] \text{mm}$$

$$L_p = 1020.34\text{mm}$$

Resp. 18

5.12.6. Arco de contacto menor (θ_s)

Se utilizó (Ec.4.22)

$$\theta_s = 2 * \cos^{-1} \left(\frac{D_1 - D_2}{2 * C} \right)$$

$$\theta_s = 2 * \cos^{-1} \left(\frac{76.2 - 63.5}{2 * 400} \right)$$

$$\theta_s = 178.18^\circ = 3.1098\text{rad}$$

Resp. 19

5.12.7. Perímetro interior (L)

Se utilizó (Ec.4.23)

(L_p) Constante de aumento de longitud paso, que para bandas entre 26 y 128 pulgadas es 1.3 pulgadas (33.02mm)

$$L = L_p - 33.02$$

$$L = (1020.34 - 33.02)\text{mm}$$

$$L = 987.32\text{mm}$$

Resp. 20

5.12.8. Tamaño de banda

El tamaño estándar más próximo para bandas de servicio pesado es: 13C1000, con un factor de corrección de longitud $k_2 = 0.92$

La nueva longitud de paso de la banda es:

$$L_p = 1000 + 33.02$$

$$L_p = 1033.02\text{mm}$$

Resp. 21

5.13. Potencia nominal transmisible por la banda

Se utilizó (Ec.4.24)

$$Hr = \left[C_1 \left(1 - \frac{C_2}{d} - C_3 * (rd)^2 - C_4 * \log(rd) \right) \right] (rd) + C_2 r \left(1 - \frac{1}{ka} \right)$$

d=D2=63.5 mm)

C: constantes para cálculo de la potencia de transmisión de la banda

$$C_1: 3.316 * 10^{-2}$$

$$C_2: 1.088$$

$$C_3: 1.161 * 10^{-8}$$

$$C_4: 5.238 * 10^{-3}$$

$$\frac{D}{d} = \frac{76.2}{63.5} = 1.2, \quad Ka = 1.0586$$

$$r = \frac{2124}{1750} = 1.21$$

$$Hr = \left[3.316 * 10^{-2} - \frac{1.088}{63.5} - 1.161 * 10^{-8} * (1.21 * 63.5)^2 - 5.283 * 10^{-3} * \log(1.21 * 63.5) \right] (1.21 * 63.5) + 1.088 * 1.21 \left(1 - \frac{1}{1.0586} \right)$$
$$Hr = 1.3035 Kw$$

Resp. 22

5.13.1. Potencia nominal corregida

Se utilizó (Ec.4.25)

$$Hr' = K_1 * K_2 * Hr$$

$$K_1 = 0.99$$

$$K_2 = 0.97$$

$$Hr' = 0.99 * 0.97 * 1.3035 Kw$$

$$Hr' = 1.2518 Kw = 1.68Hp$$

Resp. 23

5.13.2. Determinación del número de bandas

Se utilizó (Ec.4.26)

$$n_B = \frac{P_d}{Hr'}$$

$$n_B = \frac{3Hp}{1.68Hp} = 1.7857 \approx 2$$

Resp. 24

Se requieren 2 bandas 13C1000. Las bandas que se utilizaron son de sección transversal en forma trapecio. Esta forma permite aumentar las fuerzas de fricción entre la correa y las poleas con que interactúan.

5.14. Cálculo del eje principal

Se toma el valor de $K_t = 1.5$ y 2.5 por los chaflanes en escalonados.



Figura 5. 4. Eje del rotor.

5.14.1. Tensión de las bandas

La potencia que consume el rotor, determinada anteriormente ($P = 3 \text{ hp} = 2.2371 \text{ kW}$), al ser transmitida produce tensiones en las bandas.

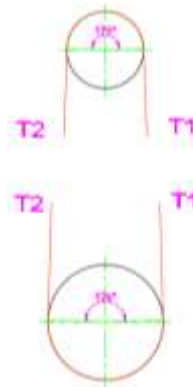


Figura 5. 5. Tensión en la banda.

5.14.2. Velocidad lineal de la correa

Se utilizó (Ec.4.31)

$$v = w * r_2$$

$$W = 2124 \text{ rpm}$$

$$r_2 = 1 \text{ pulg} = 25.4 \text{ cm}$$

$$v = 2124 \text{ rpm} * 2.54 \text{ cm}$$

$$v = 5.6496 \frac{m}{s} \cong 5.7 \frac{m}{s}$$

La relación existente entre el lado flojo y el lado tenso está dada por la siguiente se utilizó las (Ec.4.28) y (Ec.4.30)

$$T_1 = T_2 * e^{f\theta}$$

$$f = 0.4$$

$$\theta = 3.072 \text{ rad}$$

$$T_1 = \frac{102 * P * e^{f\theta}}{v(e^{f\theta} - 1)}$$

$$T_1 = \frac{102 * 2.2371 \text{ kw} * e^{0.4 * 3.072}}{5.6496 \frac{m}{s} (e^{4 * 3.072} - 1)}$$

$$T_1 = 57.0991 \text{ kg}_f$$

Resp. 25

$$T_2 = \frac{T_1}{e^{f\theta}}$$

$$T_2 = 16.7097 \text{ kg}_f$$

Resp. 26

5.14.3. Cálculo de las reacciones producidas por el eje principal

Para el cálculo de reacción es necesario realizar el diagrama de cuerpo libre del eje.

Esquema de cargas



Figura 5. 6. Cargas actuantes.

F_c: Fuerza de corte (F_c = 6.28 kg_f)

T: Tensión de la banda (T = T₁*cosΦ + T₂*cosΦ = 73.81 kg_f)

T_z: Tensión de la banda (T = T₁senΦ - T₂*senΦ = 2.11 kg_f)

R_{Ay}: Reacción en el punto de apoyo A

R_{By}: Reacción en el punto de apoyo B

R_{Az}: Reacción en el punto de apoyo A

R_{Bz}: Reacción en el punto de apoyo B

Cálculo de reacciones. Plano X-Y

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{Ay} + R_{By} = F_c + T$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$R_{By} * 0.22m = F_c * 0.02m + T * 0.35m$$

$$R_{By} = 118 \text{ kg}_f$$

Resp. 26

$$R_{Ay} = -37.91 \text{kg}_f$$

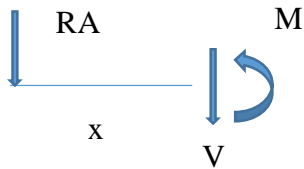
Resp. 27

Diagramas de cortante y momento flector plano X-Y



Figura 5. 7. Diagramas de cuerpo libre X-Y.

Sección 1-1 ($0 \leq x \leq 0.02$)



$$\Sigma FV = 0$$

$$V = -R_{Ay} = -37.91 \text{kg}_f$$

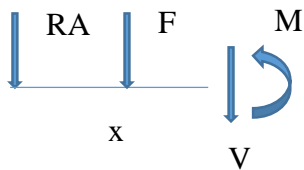
$$\Sigma Mc = 0$$

$$Mc = -R_{Ay} * x$$

$$x = 0 \text{m}; \quad Mc = 0 \text{kg}_f * \text{m}$$

$$x = 0.02 \text{m}; \quad Mc = -0.7582 \text{kg}_f * \text{m}$$

Sección 2-2 ($0.02 \leq x \leq 0.22$)



$$\Sigma FV = 0$$

$$V = -R_{Ay} - Fc = -44.19 \text{kg}_f$$

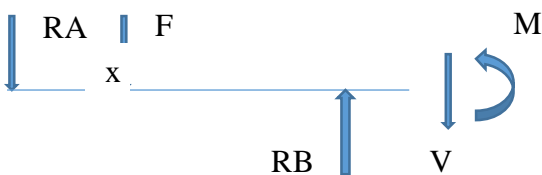
$$\Sigma Mc = 0$$

$$Mc = -R_{Ay} * x - Fc * (x - 0.02)$$

$$x = 0.02 \text{m}; \quad Mc = -0.7582 \text{kg}_f * \text{m}$$

$$x = 0.22 \text{m}; \quad Mc = -9.5962 \text{kg}_f * \text{m}$$

Sección 3-3 ($0.22 \leq x \leq 0.35$)



$$\Sigma FV = 0$$

$$V = -R_{Ay} - Fc + R_{By} = 73.81 \text{kg}_f$$

$$\Sigma Mc = 0$$

$$Mc = -RAy * x - Fc * (x - 0.02) + RBy * (x - 0.22)$$

$$x = 0.22m; Mc = -9.5962kg_f * m$$

$$x = 0.35m; Mc = 0kg_f * m$$

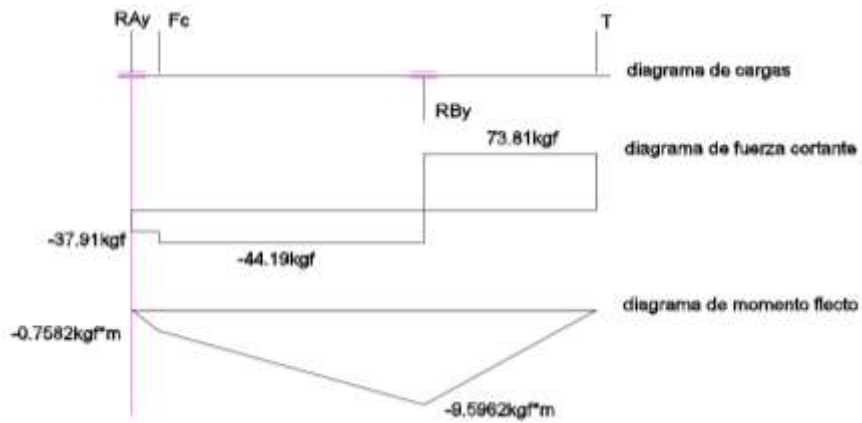


Figura 5. 8. Diagramas de cortante y momento flector.

Cálculo de reacciones. Plano X-Z

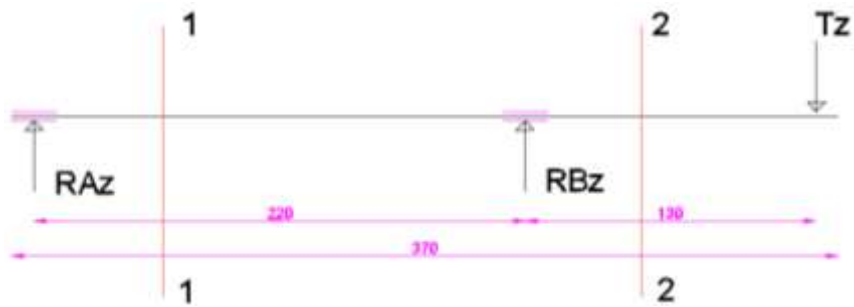


Figura 5. 9. Diagramas de cuerpo libre X-Z.

$$\Sigma Fy = 0$$

$$RAz + RBz = Tz$$

$$\Sigma MA = 0$$

$$RBz * 0.22m = Tz * 0.35m$$

$$RBz = 3.36kg_f$$

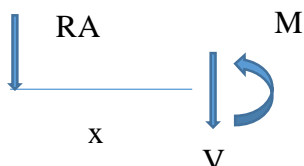
Resp. 28

$$RAz = -1.25kg_f$$

Resp. 29

Diagramas de cortante y momento flector plano X-Z

Sección 1-1 ($0 \leq x \leq 0.22$)



$$\Sigma FV = 0$$

$$V = -RAz = -1.25kg_f$$

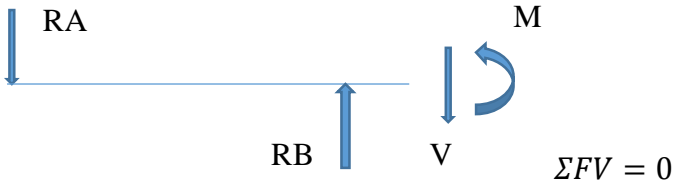
$$\Sigma Mc = 0$$

$$Mc = -RAy * x$$

$$x = 0m; Mc = 0kg_f * m$$

$$x = 0.22m; Mc = -0.275kg_f * m$$

Sección 2-2 (0.22 ≤ x ≤ 0.35)



$$\Sigma FV = 0$$

$$V = -RAz + RBz = 2.11kg_f$$

$$\Sigma Mc = 0$$

$$Mc = -RAz * x + RBz * (x - 0.22)$$

$$x = 0.22m; Mc = -0.275kg_f * m$$

$$x = 0.35m; Mc = 0kg_f * m$$

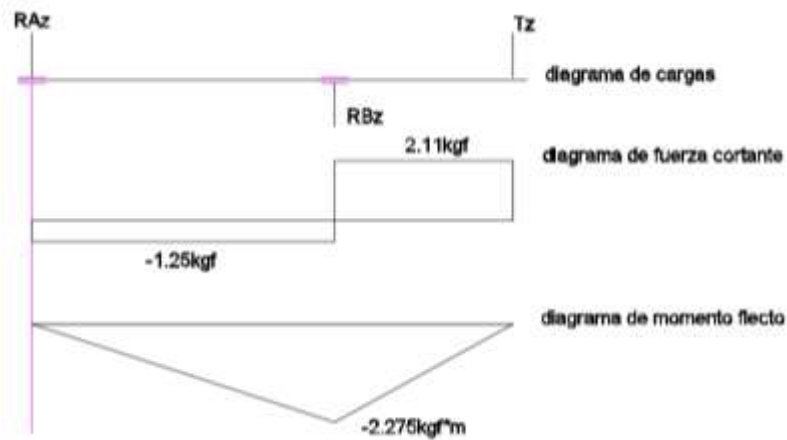


Figura 5. 10. Diagramas de carga, cortante y momento en el plano X-Z.

5.14.4. Diseño estático del eje

Se utilizó la (Ec.32)

$$D = \left(\frac{32 * n}{\pi * Sy} * \left(M^2 + \frac{3 * T^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$Sy = 37kg_f/mm^2; \text{ acero AISI 1018}$$

$$n = 2$$

$$M = 9596.2 kg_f * mm$$

$$T = 12824.4 kg_f * mm$$

$$d = \left(\frac{32 * 2}{\pi * 37} * \left(9596.2^2 + \frac{3 * 12824.4^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 17.46 \text{ mm}$$

Resp. 30

5.14.5. Diseño a la fatiga

$$Se = Ka * Kb * Kc * Kd * Ke * Kf * Se'$$

$$Ka = 0.76$$

$Kb = 1.189 * d^{-0.097}$, Se utilizó el diámetro de diseño estático incrementado en un 40% para tener una mayor aproximación; $Kb = 0.87$

Con una confiabilidad del 99%; $Kc = 0.814$

$$Kd = 1$$

$Ke = 1/Kf = 1 + q(Kt - 1)$; Los ejes por lo general tienen agujeros, ranuras, muescas, u otras clases de discontinuidades; $Ke = 0.758$

$$Kf = 1.3192$$

$$q = 0.82$$

$$Kt = 1.39$$

$$Kf = 1.3192$$

$$Se' = 0.5 * Sut$$

$$Se' = 0.5 * 65 = 32 \frac{kgf}{mm^2}$$

$$Se = 0.76 * 0.87 * 0.814 * 1 * 0.758 * 1.3192 * 32.5$$

$$Se = 17.49 \frac{kgf}{mm^2}$$

Resp. 31

Conocido el límite de resistencia a la fatiga completamente corregida se puede determinar un diámetro seguro del eje, bajo el enfoque de Soderberg, con base en la teoría de la energía de distorsión por medio de la ecuación 4.34.

$$d = \left(\frac{48 * n}{\pi} * \left(\left(\frac{T}{Sy} \right)^2 + \left(\frac{M}{Se} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 27.07 \text{ mm}$$

Resp. 32

Medidas definitivas del eje principal al multiplicar por el factor de seguridad diseño el cuales recomendado para el diseño.

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

$$D2 = 20 \text{ mm}$$

Éste es el diámetro mínimo que debe tener el eje en el punto de diseño considerado. El mismo puede variar en función de la disponibilidad del acero en el mercado.

Material: Acero SAE 1018 (Anexo VII).

5.15. Diseño de la chaveta

Para la Fuerza aplicada sobre la chaveta, se utilizó la (Ec.4.35)

$$F = \frac{T}{r}$$

$$F = \frac{12824.4 \text{ kg}_f \cdot \text{mm}}{13.5 \text{ mm}}$$

$$F = 947.5 \text{ kg}_f$$

Resp. 33

Material: Acero AISI 1080 ($S_y = 18.3 \text{ kg}_f / \text{mm}^2$) (Anexo VIII).

Por la energía de la distorsión, la resistencia a cortante es:

$$S_{sy} = 0.577 S_y = 0.577 * 18.3 \frac{\text{kg}_f}{\text{mm}^2}$$

$$S_{sy} = 10.559 \frac{\text{kg}_f}{\text{mm}^2}$$

Resp. 34

La falla por corte a través del área transversal origina un esfuerzo y se calcula con las ecuaciones (4.36) y (4.37)

$$\tau = \frac{F}{t * l}$$

$$t = 8 \text{ mm}$$

Sustituyendo la resistencia al cortante dividida por el factor de seguridad en lugar de τ se tiene:

$$\frac{S_{sy}}{n} = \frac{F}{t * l}$$

$$l = \frac{F * n}{t * S_{sy}}$$

$$l = \frac{947.5 \text{ kg}_f * 2}{8 \text{ mm} * 10.559 \frac{\text{kg}_f}{\text{mm}^2}}$$

$$l = 22.43 \text{ mm}$$

Resp. 35

La resistencia al aplastamiento se determina con un área igual a la mitad de la cara de la chaveta y se calcula con la ecuación (4.38)

$$\frac{Ssy}{n} = \frac{2F}{t * l}$$

$$l = \frac{2 * F * n}{t * Ssy}$$

$$l = 44.86\text{mm}$$

Resp. 36

5.16. Selección de rodamientos

Determinamos las reacciones mediante la ecuación (4.40)

$$R_A = \sqrt{R_{Ay}^2 + R_{Az}^2}$$

$$R_A = \sqrt{(-37.91)^2 + (-1.25)^2} = 37.93\text{kg}_f$$

Resp. 37

$$R_B = \sqrt{R_{By}^2 + R_{Bz}^2}$$

$$R_B = \sqrt{118^2 + 3.36^2} = 118.05\text{kg}_f$$

Resp. 38

5.17. Capacidad de carga dinámica

Se utilizó (Ec.4.41)

$$C = \frac{f_1 * P}{f_n}$$

El valor de P toma en cuenta las cargas radiales y axiales.

Se utilizó (Ec.4.42)

$$P = XFr + YFa$$

$$P = R_B = 118.05\text{kg}_f = 1.157\text{KN}$$

El valor de f_1 , asegura que los rodamientos no sean demasiado ligeros ni demasiado grandes; f_1 para máquinas agrícolas de temporada es de 1 a 1.5. Se considera $f_1=1.5$

El valor de f_n es: $f_n=0.295$ para la velocidad de giro del eje de transmisión.

Por tanto:

$$C = \frac{1.5 * 1.157}{0.295} = 5.88 \text{ KN}$$

Resp. 39

Con éste valor de C, en el catálogo SKF se selecciona un rodamiento rígido de bolas con diámetro de eje $d = 30\text{mm}$, del tipo: F207 (Anexo IX).

5.18. Diseño de la soldadura

WPS soldadura de la tolva, el bastidor, y demás elementos presenta los parámetros de diseño de la soldadura a emplearse. El proceso se efectúa mediante soldadura SMAW, garantizando así un buen acabado en el cordón. El electrodo seleccionado es de la marca AGA E 6011 para el punteado de las partes constructivas de la trituradora y para la soldadura final se usó el electrodo AGA E 7018 que comúnmente son usados para soldar acero, sus características se detallan en el (Anexo X).

5.19. Selección del calibre del conductor

Se utilizó (Ec.4.43)

$$\text{Monofásica} = \frac{\text{hp} * 746}{\text{E} * \text{N} * \text{f. p.}}$$
$$\text{Monofásica} = \frac{3 * 746}{220 * 0.923 * 0.78}$$

Resp. 40

$$\text{Monofásica} = 14.12 \text{ A}$$

El calibre del conductor según la corriente obtenida es AWG N°10 que soporta una intensidad de 30A, véase en el (Anexo XI).

5.20. Montaje de la los elementos de la máquina

Luego de los cálculos de cada elemento y su construcción y la adquisición de cada uno de los elementos utilizados en la ejecución de esta investigación, se procede al montaje de la trituradora de acuerdo a los planos del (Anexo XIV) y para el arrancador se procedió a la conexión como se indica en los planos el mismo que da la funcionalidad de todos los sistemas que conforman este proyecto, los planos se encuentran en el (Anexo XVI).

RESULTADOS

Con los ensayos realizados a la trituradora se obtuvieron los resultados esperados como: la capacidad de trituración de la máquina y el tamaño resultante de los residuos es uniforme.

En la tabla 5.2 se observa los datos obtenidos en los ensayos de funcionamiento de la trituradora las cuales se realizaron en periodos de tiempo de 10 minutos, variando la velocidad del motor.

Tabla 5. 2. Datos de ensayos realizados.

Datos de los ensayos realizados	
Revoluciones (rpm)	Tamaño de residuos
3450	10 mm
1750	20 mm
1200	35 mm

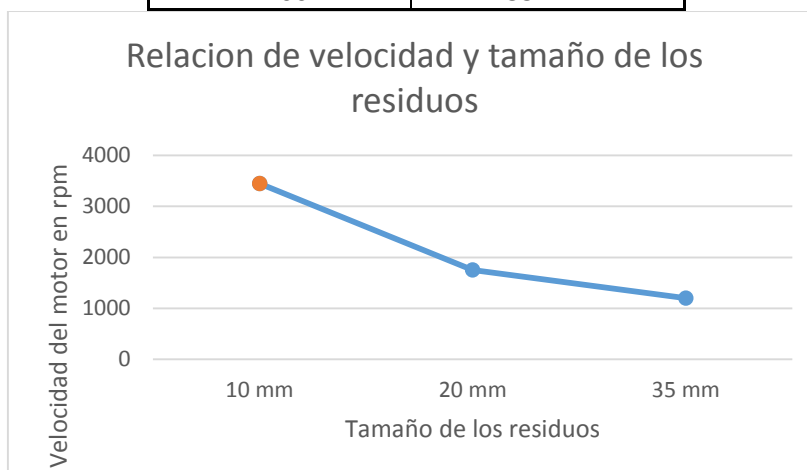


Figura 5. 11. Relación de velocidad y tamaño de residuos.

Una vez obtenidos los datos se verificó que la velocidad óptima del motor es de 1750 rpm ya que la capacidad de producción de la máquina es de 120 kg por hora y el tamaño del material triturado es adecuado para la elaboración de compost.

Tabla 5. 3. Datos de pruebas realizadas.

Datos de pruebas realizadas			
distancia entre cuchilla y contracuchilla (mm)	Tiempo (min)	Material (kg)	Tamaño (mm)
2,5	5	10	10 -- 20
4	5	12	20 -- 40
7	5	14	30 -- 50

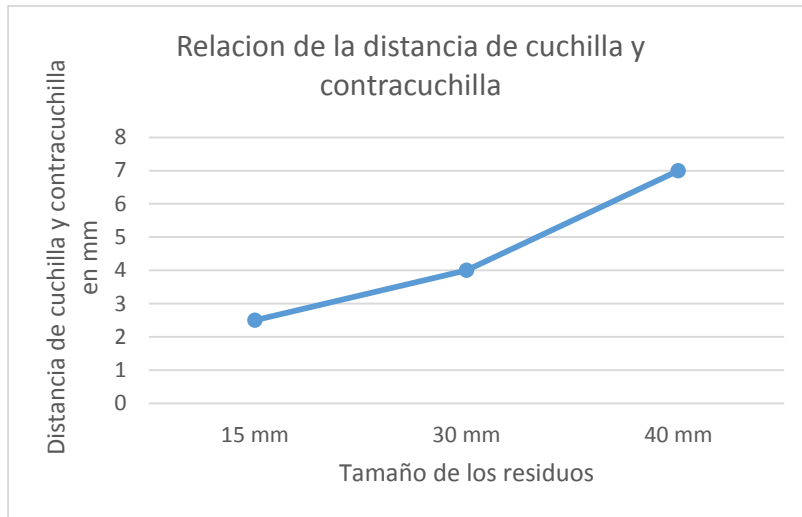


Figura 5. 12. Relación de la distancia de cuchilla y contra-cuchilla.

Una vez obtenidos los datos se verificó que la distancia óptima de la cuchilla y contracuchilla es de 2,5 mm alcanzando el tamaño del material triturado de 10 – 20 mm que es el adecuado para la elaboración de compost.

Se obtuvo una producción de 10 kg en un tiempo de 5 minutos es decir que la máquina tiene la capacidad de generar 2 kg por minuto de residuo triturado.

De esta manera se comprueba la hipótesis que es “¿La implementación de una trituradora de residuos sólidos orgánicos en la florícola “Adelflowers” permitirá obtener un producto final adecuado para la descomposición a través de la variación de la velocidad de corte y distancia de la cuchilla y contra cuchilla?”.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1. Presupuesto

Tabla 6. 1. Detalle de costos de elementos mecánicos.

Material mecánico				
Descripción	Material	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
Carcaza	Platina ST 37 4 mm	0,5	271	135,50
Parte frontal	Platina 3/4'' x3/16''	0,25	63,20	15,80
Sistema movable	Platina 3/16''x1/4''	0,25	27,20	6,80
Eje central	Chumaceras de pared F207	2	11,30	22,60
	Diámetro 1/4'' SAE 1080 L=0,5 m	1	19,50	19,50
Motor y rotor	Poleas doble canal	2	6,75	13,50
Bases motor	Varilla cuadrada 3/8'' L= 2 m	1	5	5
Salida del producto	Plancha ST 37 1/8''	1	6,50	6,50
Bastidor	Correa 4''x2''x3mm	1	33,90	33,90
Tolva	Plancha ST 37 1/8''	0,5	59,20	29,60
Chaveta motor y eje	Material AISI 1045	2	4,75	9,50
Rotor	Plancha ST 37 1/2'' A= 30 cm ²	1	180	180
Bocín de rotor	Eje 1018 de 2'' L= 20 cm	1	60	60
Chuchillas	Platina Df2 10x70x10 mm L= 50 cm	1	70	70
Martillos	Acero al carbón AISI 1045 L= 40 cm	1	30	30
Espaciadores	Tubo redondo estructural L= 15 cm	1	16	16
Barredores	Platina de 2x1/4''	0,25	48	12
Tornillería	Tornillos de acero grado 6 y 8 con tuercas de presión	1	28,90	28,90
Contra cuchilla	Platina F2 de 2x1/4x1/4''	0,25	140	35
Bases para estructura	Angulo de 2x3/16'' L= 20 cm	1	10	10
Soldadura	Paquete de Electrodo E6011 y E7018	1	26,80	26,80
Acabados	Fondo y pintura	1	29,80	29,80
			Subtotal	706,10
			IVA	95,60
			Total	796,70

Tabla 6. 2. Detalle de costos de elementos eléctricos.

Material eléctrico			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Motor 3 hp 1750 rpm 110/220 V	1	340	340
Pulsador NC color rojo tipo hongo	1	2,85	2,85
Pulsador NA color verde	1	1,88	1,88
Luz piloto color rojo y verde	2	3,65	3,65
Contactador	1	34,37	34,37
Relé térmico	1	29,35	29,35
Conductor # 10 AWG para control	8 m	7,21	7,21
Riel DIN	1	2	2
Gabinete BEAUXOUP	1	29	29
Micro-switch	1	6	6
Enchufe 220 v	1	5,85	5,85
Conductor # 16 AWG para potencia	5 m	1,33	1,33
Subtotal			407,80
IVA			55,61
Total			463,49

Tabla 6. 3. Detalle de costos de construcción y manufactura.

Costos de construcción o manufactura				
Cantidad	Unidad	Proceso	Valor unitario	Valor total
3	HHM	Torneado del eje	15	45
5	HHM	Torneado de rotor	15	75
5	HHM	Construcción del bastidor	12	60
7	HHM	Construcción de la carcaza	12	84
4	HHM	Fabricación de las cuchillas y contra cuchilla	10	40
3	HHM	Construcción de la tolva	12	36
5	HHM	Construcción de martillos y separadores	10	50
3	HHM	Construcción de los barredores y soporte	10	30
2	HHM	Fabricación de las chavetas	10	20
10	HHM	Montaje de los elementos de la máquina	10	100
7	HHM	Pintura y acabados	8	70
6	HHM	Construcción e implementación de caja control	10	60
Subtotal				670
IVA				80,40
Total				750,40

Tabla 6. 4. Gastos directos e indirectos.

GASTOS DIRECTOS	
Componente del gasto	Costo total (\$)
Elementos mecánicos	\$ 796,70
Elementos eléctricos y electrónicos	\$ 463,49
TOTAL GASTOS DIRECTOS	\$ 1260,19
GASTOS INDIRECTOS	
Transporte	20,00
Mano de obra	750,40
Alimentación	25,00
Gastos varios	20,00
TOTAL GASTOS INDIRECTOS	\$815,40
TOTAL GASTOS	\$2075,59

El proyecto realizado beneficia a la florícola “Adelflowers”.

La florícola “Adelflowers” gasta alrededor de \$1800 anualmente al adquirir abono orgánico para el cuidado de las alstroemerias. En el país existe gran cantidad de máquinas trituradoras las mismas que son diseñadas para materiales duros como ramas de árboles, las cuales son sobredimensionadas para los tallos de las alstroemerias por esta razón alcanzan valores altos a los cuales las pequeñas florícolas como “Adelflowers” no pueden acceder. La máquina diseñada e implementada tiene un valor de \$2075,59 dólares.

Con un TIR del 71% y un VAN de \$3628,08. La inversión se va a recuperar desde los dos primeros años de su funcionamiento el cual beneficia a la florícola “Adelflowers” en el gasto del abono orgánico.

La tabla se muestra en el ANEXO (XV.1).

6.2. Impactos

Impacto práctico: Es una máquina trituradora que sirve para reducir el tamaño de los residuos sólidos orgánicos producidos en la florícola “Adelflowers”, permite aprovechar los residuos orgánicos facilitando la manipulación y reduciendo

Impacto tecnológico: El diseño y la construcción de la máquina trituradora fue desarrollada con los conocimientos adquiridos en resistencia de materiales, diseño de máquinas, taller mecánico, control industrial y sistemas CAD.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- Mediante la investigación realizada se determinó que la máquina adecuada fue la trituradora de eje horizontal que posee volante, martillos y cuchillas de corte vertical, cumpliendo con las características del material a triturar como es el caso de los tallos de las alstroemerias.
- Mediante la implementación de las 2 cuchillas en el volante, una potencia nominal de 3 hp y una velocidad de 2124 rpm del motor, se obtuvo un torque requerido de 0,8482 kgf m siendo este el necesario para realizar el corte de los tallos.
- Los pruebas realizadas determinaron que la distancia optima entre a cuchilla y contra cuchilla es de 2,5 mm, con una velocidad de 2124 rpm y con 3 hp de potencia nominal se obtuvo un triturado entre los 20 mm – 30 mm siendo este el tamaño óptimo para generar compost.

7.2. Recomendaciones

- Si se requiere triturar tallos de diferente tipo de flores como: rosas, claveles, girasoles, es necesario la implementación de un variador de frecuencia, ya que la resistencia al corte que presentan este tipo de tallos es diferente a la de las alstroemerias y la velocidad de la máquina trituradora construida está dada para realizar el triturado de los tallos de alstroemerias.
- Realizar un estudio de los elementos mecánicos de la máquina para de acuerdo a esto mejorara la calidad de los materiales en las partes que estén sometidas a un mayor desgaste.
- La capacidad de la máquina trituradora está limitada a una capacidad de 120 kg/h, en el caso de requerir una mayor capacidad se debería realizar un nuevo dimensionamiento de la parte estructural y mecánica.

8. REFERENCIAS

- [1] J. K. N. Richard G. Budynas, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Mexico: The McGraw-Hill, 2008.
- [2] H. H. Mabie, Mecanismos Y Dinámica De Maquinaria, limusa Wiley, 2013.
- [3] R. L. Norton, Diseño de Maquinaria, México: McGRAW-HILL/Interamericana editores, 2009.
- [4] J. F. Viña y E. V. Rodríguez, «Reciclame,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.reciclame.info/gestion-de-residuos-2/compostaje/>. [Último acceso: 20 Julio 2018].
- [5] I. G. P. Graciela, «Diseño y construcción de una máquina picadora de bagazo,» 02 Enero 2011. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1175/1/15T00469>. [Último acceso: 03 Enero 2018].
- [6] J. Hernandez, Tecnología de los Alimentos, Componentes de los alimentos, México: síntesis, 2008.
- [7] F. Rodríguez, ingeniería de la Industria Alimentaria. Volumen II, Operaciones de procesado de Alimentos, 2005.
- [8] J. B. N. C. A. L. Brennan, Las Operaciones de la ingeniería, Zaragoza - España: Acribia, S.A., 1998.
- [9] D. Ramos, Trituración de la fracción orgánica de los residuos sólidos, Ciudad Universitaria, D.F., México: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional, 2013.
- [10] H. A. M., «05_Apunte Trituracion,» 19 noviembre 2014. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/doc/247078107/05-Apunte-Trituracion#scribd>. [Último acceso: 6 junio 2018].
- [11] M. Cabe, Operaciones basicas de ingenieria, España: Reverte, 1975.
- [12] L. M. A. Rogelio, «<http://dspace.esPOCH.edu.ec>,» 23 Febrero 2006. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2336/1/15T00503.pdf>. [Último acceso: 25 enero 2018].
- [13] A. P. Vásconez, «Diseño y simulación de una máquina trituradora de plásticos de 15 Kg/H para el laboratorio de conformado de la facultad de ingeniería Mecánica. Universidad de Ecuador.,» Quito., Ecuador, 2013.
- [14] B. Hamrock, . Elementos de máquinas. Primera Edición., McGraw-Hill., 2000.

- [15] Carvajal, «Internacional Metalmeccanica,» agosto 2006. [En línea]. Available: <http://www.metalmeccanica.com/temas/Factores-importantes-sobre-el-mecanizado-de-aceros-al-carbono>. [Último acceso: 5 Junio 2018].
- [16] M. C. Henze M., *Biological waste-water treatment, principles, modeling and desing.*, EE.UU: Ed Publishing, 2008.
- [17] J. Shigley, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, EE.UU: 4 edición. Mc.Graw Hill., 1989).
- [18] O. Rivas, *Propuesta de mejorar la recolección de residuos sólidos Tesis de Maestría de Ingeniería de Sistemas, o. Ciudad Universitaria, D.F., México: Facultad de Ingeniería, Universidad, 2013.*
- [19] C. R. Romeva, *Selección de materiales en el diseño de máquinas*, Barcelona: EDICIONS UPC, 2008.
- [20] M. (s.f.), *Manual del Ingeniero Mecánico*, Mc Graw Hill..
- [21] D. A. e. Roydisa, «roydisa,» 30 Mayo 2016. [En línea]. Available: <https://www.roydisa.es/cuales-los-criterios-mas-utilizados-seleccionar-un-motor-electrico-asincronico/>. [Último acceso: 4 Enero 2018].
- [22] L. Ripoll Masferrer, «TRD,» 11 Enero 2006. [En línea]. Available: <https://www.tdx.cat/handle/10803/6415>. [Último acceso: 6 Marzo 2018].
- [23] M. D. Ibutés Willian, «Diseño, construcción y funcionamiento de un prototipo de una máquina procesadora de material orgánico, con 2 hp de potencia, para obtener una tonelada de producción,» 2010. [En línea].
- [24] «Blog Censa Industrial,» [En línea]. Available: https://censaindustrial.com/blog_post.php?id=279.
- [25] P. Robert L. Mott, *Diseño de elementos de máquinas*, México: PEARSON EDUCACION, 2006.
- [26] L. A. Patarroyo, «Diseño de elementos de máquinas,» 2011 julio. [En línea]. Available: luisalepatarroyo.blogspot.com/2011/07/bastidores-o-estructuras-de-maquinas.html. [Último acceso: 4 Marzo 2018].
- [27] D. L. Glizmanenco, «EcuRed,» julio 2018. [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Uniones_por_soldadura. [Último acceso: 1 julio 218].
- [28] J. E. Chamorro, «metalografía-universidad tecnologica de pereira,» 15 julio 2015. [En línea]. Available: <http://blog.utp.edu.co/metalografia/10-soldadura-10-1-procesos-de-soldadura/#tipos>. [Último acceso: 8 junio 2018].
- [29] «Electricidad abajocoste.com,» [En línea]. Available: <http://www.electricidadabajocoste.com/Botonera-PAROMARCHAd394.htm?tab=description>.

ANEXOS

ESTRUCTURAL**Descripción:**

Producto Plano que se obtiene por Laminación de Planchones de Acero Estructural que previamente se calientan hasta una temperatura de 1250°C.

Espesores: Varían entre 3.0 y 100 mm.

Anchos: Entre 1200 mm y 2400 mm; siendo el Ancho Standard 1500 mm.

Largo: 6000 mm.

Usos:

Vigas, puentes, estructuras metálicas, tanques de almacenamiento, autopartes, torres de alta tensión, equipos mecánicos, etc.

PROPIEDADES MECANICAS**Plancha Estructural de Acero al Carbono de Baja Resistencia Mecánica**

NORMA TECNICA	F	R	A	NORMA EQUIVALENTE
	Kg/mm ²	Kg/mm ²	%	
ASTM A-283 Grado C	21 min	39 min	23 min	JIS G-3101 - SS34

Plancha Estructural de Acero al Carbono de Mediana Resistencia Mecánica

NORMA TECNICA	F	R	A	NORMA EQUIVALENTE
	Kg/mm ²	Kg/mm ²	%	
ASTM A-36	25.3 min	41/56	20 min	DIN 17100 St 37-2 / St 44-2
ASTM A-1011 SS36* Tp2	25.3 min	41/56	16 min	
ASTM A-1018 SS36* Tp2	25.3 min	41/56	18 min	

*Reemplaza a la Norma ASTM A-570 Grado 36

En TPI (Tipo 1) ver cuadro pag. 145

Plancha Estructural de Alta Resistencia Mecánica

NORMA TECNICA	F	R	A	NORMA EQUIVALENTE
	Kg/mm ²	Kg/mm ²	%	
ASTM A-572 Grado 50	35 min	46 min	16 min	DIN 17100 St 52-3

Plancha Estructural de muy Alta Resistencia Mecánica

NORMA TECNICA	F	R	A	NORMA EQUIVALENTE
	Kg/mm ²	Kg/mm ²	%	
ASTM A-514	25.3 min	77/91	18 min	JFE - HITEN 780 LE* SUMITEN 780 S*

*Corresponde a la Norma JIS G 3128 SHY 685

ANEXO II	TABLA DE COEFICIENTES DE FLUCTUACIÓN PARA DISEÑO DE VOLANTES	2-1
----------	--------------------------------------------------------------	-----

MAQUINA IMPULSADA	C _s
Dinamos o generadores de c.c., transmisión directa	0,002
Alternadores o generadores de c.c., transmisión directa	0,0035
Máquinas de punzonar, cizallar y prensar.	0,05 – 0,1
Bocartes, estampadoras, trituradoras	0,2
Bombas alternativas, compresores	0,03 – 0,05
Máquinas herramientas, telares, máquinas para fábricas de papel	0,025
Máquinas de hilar, hilos finos a bastos	0,01 – 0,02
Transmisiones con engranajes (reductores de velocidad)	0,02

Acero al carbono para maquinaria

ACEROS

▶ Cód. IBCA: 760 \cong C45 \cong AISI 1045

Información general

Acero al carbono sin alear de esmerada manufactura, con buena tenacidad. Características en su alta uniformidad y rendimiento. Puede utilizarse en condición de suministro o con tratamiento térmico de temple y revenido. Aplicable a partes relativamente simples de máquinas. Dureza de suministro aproximada: 200 HB.

Análisis típico %	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
C45	0.42 - 0.50	≤ 0.40	0.50 - 0.80	0.045	0.045	≤ 0.40	≤ 0.10
AISI 1045	0.43 - 0.50	0.15 - 0.35	0.60 - 0.90	0.030	0.050		
Normas equivalentes	AISI (1045), SAE (C 1045), W.Nr (1.1820), DIN (CK45)						
Código de color	Rojo / Plomo						

Propiedades mecánicas

Resistencia a la tracción	65 kg/mm ²
Esfuerzo de cedencia	32 kg/mm ²
Elongación, A5	min 10%
Reducción de área	40 %
Dureza	220 - 235

Tratamiento térmico

TIPO	°C
Fojado	800 - 1050
Normalizado	830 - 850
Temple (agua)	770 - 810
Temple (aceite)	790 - 830
Revenido (herramientas de corte)	100 - 300
Revenido de bonificación	550 - 650

Aplicaciones

Componentes sencillos, como por ejemplo:

- Pernos
- Chavetas
- Piezas de mediana resistencia para aplicación automotriz
- Ejes

Activ
franco

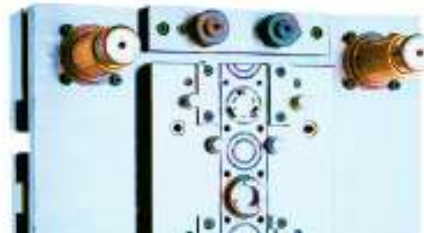
Acero para trabajo en frío

ACEROS

► Cód. IBCA: DF2 ≅ AISI 01 ≅ W.Nr. 1.2510 ≅ UDDEHOLM ARNE



Información General						Propiedades																																
<p>Es un acero al manganeso - cromo - tungsteno templable en aceite y muy versátil para uso general. Es apto para una gran variedad de aplicaciones de trabajo en frío. Entre sus principales características se cuentan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Buena mecanabilidad. • Buena estabilidad dimensional en el temple. • Una buena combinación de gran dureza superficial y tenacidad tras el temple y revenido. <p>Estas características reportan un acero apropiado para la fabricación de herramientas de gran longevidad y alta rentabilidad en la producción. DF2 puede suministrarse en varios acabados, incluyendo el laminado en caliente, pre-mecanizado, mecanizado fino y rectificado de precisión. También puede obtenerse en forma de barras huecas y anillos.</p>						<p>Características físicas</p> <p>Templado y revenido a 62 HRC. Características a la temperatura ambiental y temperaturas elevadas.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Temperatura</th> <th>20 ° C</th> <th>200 ° C</th> <th>400 ° C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Densidad kg/m³</td> <td>7800</td> <td>7 750</td> <td>7 750</td> </tr> <tr> <td>Módulo de elasticidad N/mm² kp/mm²</td> <td>190 000 19 500</td> <td>185 000 19 000</td> <td>170 000 17 500</td> </tr> <tr> <td>Coefficiente de dilatación térmica por °C a partir de 20 °C</td> <td>—</td> <td>11,7 x 10⁻⁶</td> <td>11,4 x 10⁻⁶</td> </tr> <tr> <td>Conductibilidad térmica W/m °C</td> <td>32</td> <td>33</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>Calor específico J/Kg °C</td> <td>400</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>				Temperatura	20 ° C	200 ° C	400 ° C	Densidad kg/m ³	7800	7 750	7 750	Módulo de elasticidad N/mm ² kp/mm ²	190 000 19 500	185 000 19 000	170 000 17 500	Coefficiente de dilatación térmica por °C a partir de 20 °C	—	11,7 x 10 ⁻⁶	11,4 x 10 ⁻⁶	Conductibilidad térmica W/m °C	32	33	34	Calor específico J/Kg °C	400	—	—					
Temperatura	20 ° C	200 ° C	400 ° C																																			
Densidad kg/m ³	7800	7 750	7 750																																			
Módulo de elasticidad N/mm ² kp/mm ²	190 000 19 500	185 000 19 000	170 000 17 500																																			
Coefficiente de dilatación térmica por °C a partir de 20 °C	—	11,7 x 10 ⁻⁶	11,4 x 10 ⁻⁶																																			
Conductibilidad térmica W/m °C	32	33	34																																			
Calor específico J/Kg °C	400	—	—																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Análisis típico %</th> <th>C</th> <th>Mn</th> <th>Cr</th> <th>W</th> <th>V</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0,95</td> <td>1,1</td> <td>0,45</td> <td>0,45</td> <td>0,1</td> </tr> </tbody> </table>						Análisis típico %	C	Mn	Cr	W	V		0,95	1,1	0,45	0,45	0,1	<p>Resistencia a la compresión</p> <p>Valores aproximados</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Dureza HRC</th> <th colspan="2">Resistencia a la compresión</th> </tr> <tr> <th>R_m N/mm²</th> <th>R_{c0,2} N/mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>62</td> <td>3000</td> <td>2200</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>2700</td> <td>2150</td> </tr> <tr> <td>55</td> <td>2200</td> <td>1800</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>1700</td> <td>1350</td> </tr> </tbody> </table>				Dureza HRC	Resistencia a la compresión		R _m N/mm ²	R _{c0,2} N/mm ²	62	3000	2200	60	2700	2150	55	2200	1800	50	1700	1350
Análisis típico %	C	Mn	Cr	W	V																																	
	0,95	1,1	0,45	0,45	0,1																																	
Dureza HRC	Resistencia a la compresión																																					
	R _m N/mm ²	R _{c0,2} N/mm ²																																				
62	3000	2200																																				
60	2700	2150																																				
55	2200	1800																																				
50	1700	1350																																				
<p>Normas equivalentes UNE F - 5220, AISI 01 W.Nr. 1.2510</p>																																						
<p>Estado de suministros Recocido blando aprox. 190 HB</p>																																						
<p>Código de color Amarillo</p>																																						
Aplicación																																						
Herramientas para	Espesor del material	HRC																																				
Corte Cizallado, punzonado, troquelado, desbarbado, tronzado	hasta 3 mm 3 - 6 mm 6 - 10 mm	60 - 62 56 - 60 54 - 56																																				
Cizallas cortas para trabajar en frío		54 - 60																																				
Herramientas de tronzado y desbarbado para piezas de foja	Caliente Frío	58 - 60 56 - 58																																				
Conformado Doblar, acufar, embutición profunda, repujado y conformado por estrado.		56 - 62 56 - 60																																				
Troqueles de acufar en frío pequeños.																																						
Punto de tomo Manguitos guía, expulsores, brocas y machos de rascar de tamaño pequeño y mediano, levas, boquillas, pistones y ruedas dentadas pequeños		58 - 62																																				



ANEXO V	TABLA DE VALORES DE C ₁ DE CORRECCIÓN DE POTENCIA, SEGÚN LAS CONDICIONES DE TRABAJO Y NATURALEZA DE LA CARGA.	5-1
---------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Tipo de servicio	Condiciones de trabajo	Motor eléctrico	Motor de explosión	
			n. ell. > 4	n. ell. < 4
Ligero	Servicio intermitente – funcionamiento < 6 horas diarias. ninguna punta de carga.	1	1.1	1.2
Normal	Funcionamiento de 6 a 16 horas diarias – puntas de carga o puesta en marcha ≤ 150% del trabajo a plena carga.	1.2	1.3	1.4
Pesado	Puntas de carga o puesta en marcha ≤ 250% del trabajo a plena carga – servicio continuo 16 a 24 horas día.	1.4	1.5	1.6
Muy pesado	Puntas de carga > 250% del trabajo a plena carga – funcionamiento continuo.	1.6	1.8	2

Tablas para la elección del diámetro primitivo mínimo de la polea menor en un sistema de transmisión por bandas.

Tabla a
RPM del motor

Hp	575	695	870	1160	1750	3450
0.5	2.5	2.5	2.5	--	--	--
0.75	3	2.5	2.5	2.5	--	--
1	3	3	2.5	2.5	2.25	--
1.5	3	3	3	2.5	2.5	2.25
2	3.75	3	3	2.5	2.5	2.5
3	4.5	3.75	3	3	2.5	2.5
5	4.5	4.5	3.75	3	3	2.5
7.5	4.25	4.5	4.5	3.75	3	3
10	6	5.25	4.5	4.5	3.75	3
15	6.75	6	5.25	4.5	4.5	3.75
20	8.25	6.75	6	5.25	4.5	4.5

Tabla b

Z	A	B	C	D	E	F	Ángulo de garganta
≥ 90	≥ 125	≥ 200	≥ 300	≥ 500	≥ 630	≥ 750	38°
---	---	---	de 200 a 280	de 365 a 475	de 500 a 800	de 670 a 710	36°
de 50 a 80	de 75 a 118	de 125 a 190	---	---	---	---	34°

ACEROS

Eje de transmisión

► Cód. IBCA: SAE 1018 - Tolerancias h10 - h11



Información general

Acero de bajo contenido de carbono.

Análisis típico %	C	Mn	P	S
SAE 1018	0,15 - 0,20	0,60	0,040	0,050
Código de color	Azul			

Aplicaciones

Donde se requiera aplicaciones con cargas mecánicas no muy severas, pero con ciertos grados de tenacidad importantes, como por ejemplo: pernos y tuercas, piezas de máquinas pequeñas, ejes, bujes, pasadores, grapas, etc.

Factible de cementación con buena profundidad de penetración debido a su alto contenido de manganeso.

Excelente soldabilidad.

Propiedades mecánicas

Suministrado laminado en frío (medidas pequeñas 2 1/2") o torneado (medidas hasta 6"). Las medidas 7", 8", 9" y 10" son suministradas laminadas en caliente o toneado de desbaste.

Diámetro, mm	
Esfuerzo de cedencia (kg/mm ²)	min 31
Resistencia a la tracción (kg/mm ²)	51 - 71
Elongación, A5	20 %
Reducción de área, Z	57 %
Dureza (HB)	163

Activar
Ir a Cor

IAS**Acero para Construcciones Mecánicas**
Características**IRAM 1080**

Carbono	Manganeso	Silicio	Azufre	Fósforo	Cromo	Níquel	Molibdeno
0,75 - 0,88	0,60 - 0,90	0,10 - 0,30	0,050 máx	0,040 máx			

Composición Química (Colada) en %

Forja	Normalizado	Recocido Hiper crítico	Recocido Subcrítico	Templado	Enfriado
1000 - 1190	815 - 840	790 - 840	540 - 710	800 - 850	Aceite
Revenido					
Según características requeridas					

Tratamiento: Temperatura en °C y Medios de Enfriamiento

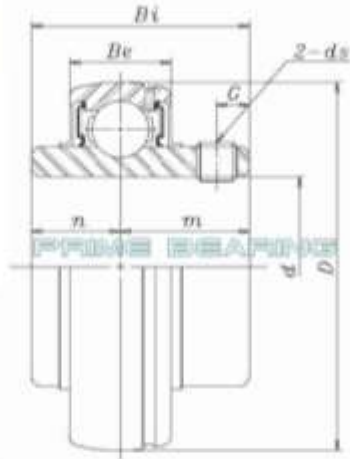
Tratamiento	Rp 0,2	Rm	Dureza			Impacto	A	Z
	MPa	MPa	HB	HR	HV	da J	%	%
Laminado en caliente	530 - 610	950 - 1100	284 - 331				8 - 15	20 - 40
Normalizado a 840°C	530 - 610	950 - 1100	284 - 331				10 - 17	20 - 35
Recocido de globulización	340 - 400	570 - 670	171 - 200				17 - 26	45 - 65
Globulizado y estirado en frío (15% de reducción)	670 - 760	750 - 850	226 - 252				12 - 22	40 - 60
Alambre estado patentado al plomo, ϕ 6 a 8 mm		1300						

Características mecánica (valores orientativos)

SAE	DIN	UNI	AFNOR	BS	AISI	ASTM
1080	Ck 80		XC 80		1080	1080

Equivalencias

Los aceros que se indican satisfacen aproximadamente las características indicadas.



unit	Shaft Dia.	UC207.20 Dimensions							Dynamic Load Rating (Lbs)	Static Load Rating (Lbs)	Weight (Lbs)
		d	D	B_i	B_e	n	m	G			
Inch	1 1/4	2.8346	1.6890	0.7874	0.6890	1	0.2559	5/16-24 UNF	5660	3390	1.15
mm		72	42.9	20	17.5	25.4	6.5	M8 X 1.0			

AWS E-6011**Características:**

- Electrodo para acero dulce y al carbono
- Con hierro en polvo
- Toda posición
- Corriente continua, electrodo positivo
- Corriente alterna
- Revestimiento blanco
- Punto azul

Aplicaciones Típicas:

- Marcos de ventanas
- Fabricación de rejillas
- Estanques
- Planchas galvanizadas
- Estructuras
- Reparaciones generales
- Aceros ASTM A36, A53

Amperajes Recomendados:

Código	Diam. Elect.		Long. Elect.		Amperaje		Electrodo x kg aprox.
	pulg	mm	pulg	mm	min.	máx.	
2000383	3/32	2,4	12	300	50	90	70
2000384	1/8	3,2	14	350	80	130	35
2000385	5/32	4,0	14	350	120	160	25
2000386	3/16	4,8	14	350	140	220	17

Almacenamiento:

Temperatura ambiente

Mantenimiento:

No recomendado

Reacondicionamiento:

No recomendado

AWS E-7018**Características:**

- Electrodo para aceros al carbono y de baja aleación
- Con hierro en polvo
- Toda posición
- Corriente continua, electrodo positivo
- Excelentes propiedades de impacto a temperaturas bajo cero

Aplicaciones Típicas:

- Aceros Cor-Ten, Mayari-R, Lukens 45 y 50, Yoloy y otros aceros estructurales de baja aleación
- Aceros para recipientes a presión A515, A516, A537
- Construcción y reparación de buques, equipos de minería, plataformas petroleras

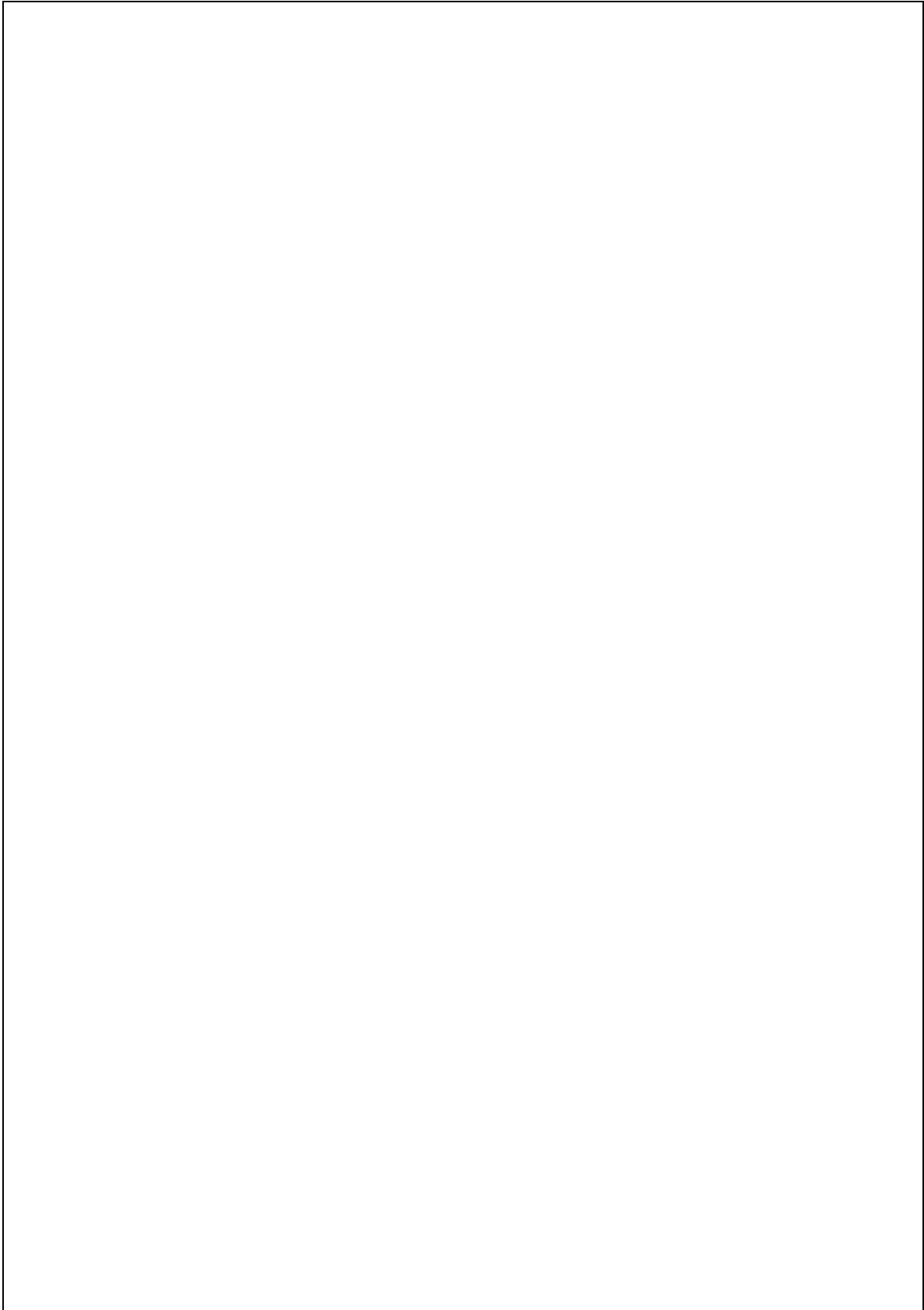
Amperajes Recomendados:

Código	Diam. Elect.		Long. Elect.		Amperaje		Electrodo x kg aprox.
	pulg	mm	pulg	mm	min.	máx.	
2000121	3/32	2,4	12	300	70	120	65
2000122	1/8	3,2	14	350	120	150	32
2000123	5/32	4,0	14	350	140	200	19
2000124	3/16	4,8	14	350	200	275	14
2000125	1/4	6,4	18	450	275	400	7

soldadura



soldadura



ANEXO XI	TABLA SECCIÓN DEL CONDUCTOR	11-1
----------	--------------------------------	------

INSTALACIONES EN TUBO			INSTALACIONES AL AIRE LIBRE			
Calibre del conductor	Sección transversal	3 conductores unipolares o un cable tripolar	Un cable bipolar	Un cable unipolar	Un cable bipolar	3 conductores unipolares o un cable tripolar
AWG – MCM	mm ²	Amperios	Amperios	Amperios	Amperios	Amperios
22	0.324	3	3	5	4	4
20	0.0517	5	6	8	7	6
18	0.821	7	8	10	9	8
16	1.31	10	11	15	14	13
14	2.08	15	27	20	18	17
12	3.31	20	21	25	23	22
10	5.26	30	30	40	35	33
8	8.37	40	40	55	48	45
6	13.30	55	55	80	68	63
4	21.15	70	—	105	—	87
2	33.63	95	—	140	—	119
1	42.41	110	—	165	—	145
1/0	53.51	125	—	195	—	155
2/0	67.44	145	—	225	—	180
3/0	85.02	165	—	260	—	210
4/0	107.2	195	—	300	—	240
250	126.7	215	—	340	—	265
300	152.0	240	—	375	—	300
350	177.4	260	—	420	—	330
400	202.7	280	—	455	—	360
500	253.4	320	—	515	—	415
600	304.0	355	—	575	—	450
750	380.0	400	—	655	—	515
1000	506.7	455	—	780	—	600

Aspectos de seguridad

Las medidas de seguridad deben tomarse en cuenta para el operario y para la máquina. El operario de la máquina debe usar mascarilla, gafas y tapones para oídos. Para el motor de la máquina se considera necesario una protección eléctrica que consta de una botonera ON/OFF para el encendido y apagado, en caso de que la máquina entre en estado de falla se tiene el botón de paro tipo hongo que al activarlo detiene la operación de la máquina.

**Operación**

La máquina posee un volante y un barredor que hace que los tallos de la flores triturados salgan a altas velocidades de la misma, por ello es necesario colocar en la boca de la máquina la funda para llenar la misma.

Para la operación de la máquina se requieren dos personas:

Conecte la máquina a una fuente de 220V, monofásica.



Pulse el botón verde de la caja de mando eléctrica, ubicada en la parte inferior izquierda de la máquina, El mismo que es el encargado de permitir el flujo de energía de manera manual, este además va acompañado de una luz piloto de color verde que indicara que el máquina se encuentra en funcionamiento.



Deje actuar la máquina durante 2 minutos antes de empezar a introducir en la misma los tallos de las alstroemerias.

Al introducir los tallos de las alstroemerias en la tolva de alimentación, tenga cuidado de no acercarse al volante que tiene las cuchillas, empuje los tallos con un trozo de madera o con el mismo tallo.



Una vez que haya terminado de picar los tallos deje funcionar la máquina 1 minuto en vacío, esto ayuda a que el rotor expulse el material triturado acumulado en el sistema principal de trituración denominada voluta.

Detenga la máquina pulsando el botón rojo de la caja de mando eléctrica. El mismo que es el encargado de interrumpir el flujo de energía de manera manual en caso que exista un inconveniente en la funcionabilidad de la trituradora.

Espere a que el rotor soplador de la máquina se detenga completamente. Asegúrese de interrumpir la alimentación eléctrica hacia la máquina para evitar accidentes.

En caso de que la máquina entre en falla el operario deberá pulsar el pulsador de paro de emergencia tipo hongo, el mismo que interrumpirá de manera inmediata el flujo de corriente para evitar daños mayores cuando se produce una falla.



Mantenimiento

La máquina tiene elementos cortantes móviles por lo que en el manejo y operación se debe tomar las medidas de seguridad adecuadas. Los controles de mando están dispuestos de manera directa; encendido o apagado, está provisto de una tolva de alimentación diseñada con un ángulo de inclinación de 20° de manera que los tallos ingresan sin la acción de una fuerza externa evitando el contacto directo del operario con los elementos cortantes.

Las principales actividades a realizarse para perdurar la vida útil de la máquina son:

Limpieza del sistema principal de trituración y bastidor.

- Se debe retirar los restos de tallos acumulados en el bastidor y el sistema principal de trituración llamado voluta, para evitar acumulación y que estos se descompongan la máquina. Se recomienda realizar esta limpieza a diario, o por lo menos una vez por semana.

Alineación y afilado de cuchillas y contra cuchilla.

- El espacio entre la cuchilla y contra cuchilla se determinó que es de 2.5 mm, de modo que es importante verificar esta distancia una vez por semana.
- Debido al trabajo que realizará diariamente la máquina, las cuchillas necesitarán ser afiladas por lo menos una vez cada 3 meses. Esto es vital para que se produzca el efecto cizalla entre la cuchilla y la contra cuchilla. Pues si no tienen el ángulo adecuado de corte la máquina puede trabarse produciendo daños en los elementos mecánicos y/o eléctricos.

Lubricación y cambio de chumaceras.

- La lubricación en este elemento mecánico permite que la transmisión de potencia se realice de una forma adecuada, por ello se debe lubricar las chumaceras una vez por mes. Y cambiarlos cada cinco años o cada que presente algún tipo de falla.

Ajuste y cambio de bandas

- El motor se ha colocado sobre una base que permite regular la distancia entre polea y polea, esto es necesario, pues debido al uso la longitud de las bandas aumenta. Se debe chequear, cada mes, que las bandas tengan la tensión adecuada para que el sistema de transmisión cumpla con su función.

**Ajuste de pernos y tornillos.**

- Debido a la vibración que se produce en la máquina los pernos y tornillos pueden desajustarse, por ello se recomienda revisarlos por lo menos una vez al mes.

Protección eléctrica del motor.

Se debe verificar regularmente el correcto funcionamiento de los elementos que contiene el sistema de protección del motor eléctrico.



Rotor, martillo, barredor, cuchillas



Eje del rotor



Pulido y ensamble de los elemento constitutivos de la trituradora.



Pintado de la trituradora.



Ensamble de los elementos eléctricos



Tallos de alstroemerias triturados y sin triturar

AÑO	FLUJO BENEFICIO	EGRESOS	FLUJO BENEFICIO	
0	0	\$ 2.075,59	(\$ 2.075,59)	
1	1800	200	\$ 1.600,00	
2	1800	210	\$ 1.590,00	
3	1800	220	\$ 1.580,00	
4	1800	230	\$ 1.570,00	
5	1800	240	\$ 1.560,00	
	TASA	0,12	VAN	\$ 3.628,08
			TIR	71%