



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

CARRERA INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA PARA EL RECICLADO
DEL MATERIAL DE TEREFALATO DE POLIETILENO”**

Autores:

Bonilla Acurio Wilson Stalin

Pilatasig Capilla Israel Steve

Tutor:

Ing. Msc. Mauro Darío Albarracín Álvarez

Latacunga – Ecuador

2018



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Bonilla Acurio Wilson Stalin y Pilatasig Capilla Israel Steve declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA PARA EL RECICLADO DEL MATERIAL DE TEREFALATO DE POLIETILENO siendo el Ing. MSc. Albarracín Álvarez Mauro Darío 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, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Bonilla Acurio Wilson Stalin

C.I. 050385277-4



Pilatasig Capilla Israel Steve

C.I. 050314586-4



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA PARA EL RECICLADO DEL MATERIAL DE TEREFTALATO DE POLIETILENO”, de Bonilla Acurio Wilson Stalin y Pilatasig Capilla Israel Steve, de la carrera de 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 Honorable Consejo Académico de la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Febrero del 2018

El Tutor

Firma

Ing. MSc. Mauro Darío Albarracín Alvarez



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Wilson Stalin Bonilla Acurio con C.I. 050385277-4 e Israel Steve Pilatasig Capilla con C.I. 0503514586-4 con el título de Proyecto de titulación:

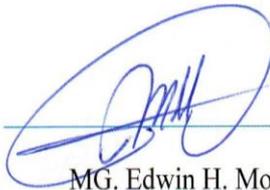
“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADA PARA EL RECICLADO DEL MATERIAL DE TEREFTALATO DE POLIETILENO”

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.

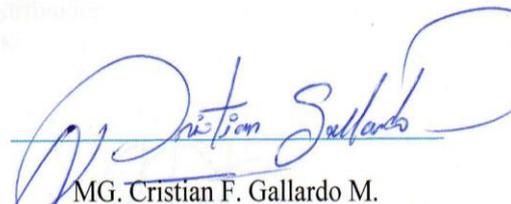
Latacunga, febrero 2018

Para constancia firman:



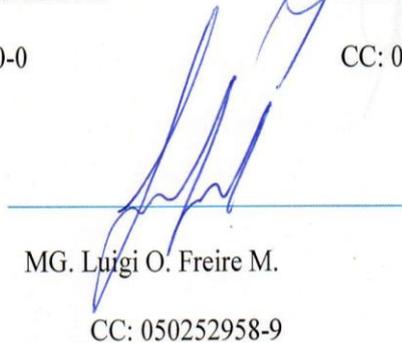
MG. Edwin H. Moreano M.

CC: 050260750-0



MG. Cristian F. Gallardo M.

CC: 050284769-2



MG. Luigi O. Freire M.

CC: 050252958-9



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de Distribuidor directo de la empresa **ECOPACK** emito la aprobación para realizar la implementación de una máquina trituradora de botellas plásticas, en cual se evaluará su correcto funcionamiento con los parámetros de diseño establecidos, la misma que estará a cargo de los postulantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Bonilla Acurio Wilson Stalin y Pilatasig Capilla Israel Steve, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, quienes cumplirán con los parámetros propuestos.

Doy fe del presente para su correspondiente estudio y calificación

Arq. Mauro Jacho
Representante Distribuidor
ECOPACK

Pilatasig Israel
Postulante

Bonilla Wilson
Postulante

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por darme las fuerzas necesarias para culminar una de las tantas metas en mi vida, por nunca abandonarme y darme la sabiduría necesaria para no rendirme.

Agradezco infinitamente a mis padres quienes han sido mi apoyo incondicional en toda mi formación como ser humano y como profesional, agradezco a mis hermanos que me han dado su apoyo moral para no rendirme y seguir adelante con mi formación académica y a toda mi familia que siempre confió en mí y me dieron sus palabras de motivación.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas y ayudarme en mi formación como profesional, al Arquitecto Mauro Jacho quien nos brindó su confianza para la ejecución de este proyecto de igual manera al Ingeniero Mauro Albarracín quien con su colaboración nos supo guiar de manera correcta para la culminación de este proyecto de titulación.

Wilson

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por darme el regalo de la vida otorgándome la sapiencia y la fortaleza para poder cumplir uno de los objetivos anhelados que es culminar la carrera con éxito.

Agradezco con mucho respeto y admiración a mis padres por apoyarme y guiarme en las riendas del bien, siendo un pilar fundamental en enseñanzas, responsabilidad inculcándome valores en mi vida personal y académica, también agradezco a mis hermanos que siempre me brindaron la confianza y creyeron en mi incondicionalmente.

Un grato agradecimiento al Arq. Mauro Jacho por brindarnos la confianza aceptando la ejecución del proyecto, además al Ing. Mauro Albarracín por la aceptación de formar parte de este proyecto de titulación siendo tutor, guía, y orientador compartiendo sus conocimientos y experiencias necesarios para poder ejecutar el proyecto.

A todos ellos mi mayor respeto y agradecimiento.

Israel

DEDICATORIA

Dedico mi proyecto de investigación a mis padres a mis hermanos, que fueron de vital importancia en mi formación como profesional, por haberme brindado su apoyo incondicional para nunca rendirme y culminar mi carrera.

A cada uno de mis seres queridos quienes que han estado de alguna u otra manera en mi vida y dándome ánimos para cumplir este sueño tan anhelado.

A mis docentes por haberme impartido sus enseñanzas y conocimientos para llegar a ser un profesional con excelentes principios y valores.

Wilson

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto de titulación a mis padres por el apoyo incondicional brindado en los buenos y malos momentos de la vida.

A mis hermanos fuente de sabiduría y buenos consejos brindando su contingente de integridad y responsabilidad, a mi abuela que, con su cariño, paciencia, reanimo las ganas de seguir adelante, concediendo el apoyo extra para poder culminar mis estudios y ser un profesional, además a todos los integrantes de mi familia que siempre estuvieron de una u otra manera apoyándome en todas las etapas de mi vida brindándome su cariño y fortaleza.

A mis docentes fuente de sabiduría, conocimientos, consejos y experiencias compartidas en el aula de clases.

Israel

ÍNDICE GENERAL

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
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE ECUACIÓN	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
AVAL DE TRADUCCIÓN	xviii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
Título.....	1
Fecha de inicio	1
Fecha de finalización	1
Lugar de ejecución.....	1
Facultad que Auspicia.....	1
Carrera que auspicia.....	1
Proyecto de investigación vinculado	1
Equipo de Trabajo.....	1
Área de Conocimiento	2
Línea de investigación	2
Sub líneas de investigación de la Carrera	2
2. RESUMEN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4. BENEFICIARIO DEL PROYECTO	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
6. OBJETIVOS.....	3

General.....	3
Específicos.....	4
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÒN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	4
8. FUNDAMENTACIÒN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	5
Plásticos.....	5
Características de los plásticos.....	6
Clasificación de los polímeros.....	6
Termoplásticos.....	6
Elastómeros.....	7
Plástico PET.....	7
Propiedades del PET.....	8
Reducción de Tamaño.....	9
Equipos para la reducción del tamaño.....	10
Propiedades generales del PET.....	10
Propiedades Físicas.....	11
Propiedades Mecánicas.....	11
Propiedades Químicas.....	11
Máquina trituradora.....	11
Tipo de trituración.....	12
Tipos de molinos.....	12
Cuchillas.....	13
Tipo de cuchillas.....	13
Mecanismo.....	14
Eje de transmisión.....	15
Poleas.....	15
Polea Fija.....	15
Polea Móvil.....	15
Sistema de poleas con correa.....	16
Relación de transmisión.....	16
Correas o bandas.....	17
Correas o bandas Tipo V.....	17
Correas o bandas en ``V`` de alta capacidad.....	17
Transmisión por engranajes.....	18

Engranajes con cadena	19
Tornillo sinfín.....	19
Motor eléctrico.....	20
Motores de corriente continúa	20
Motores de corriente alterna	20
Motor síncrono	20
Motor de inducción	21
Caja reductora de velocidad.....	21
Tipos de reductores y características:	21
Lubricación de reductores:.....	22
Contactores	22
Elección del contactor.....	22
Paro de emergencia.....	23
9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS:	23
10. METODOLOGÍA:	24
Potencia del motor	24
Cálculo de relación de transmisión de las poleas	24
Relación de transmisión por cadena	25
Cálculo de la fuerza ejercida en la cuchilla	25
Velocidad del eje	25
Torque de las cuchillas	25
Fuerza sobre la cuchilla	26
Cálculo de la longitud de la banda.....	26
Cálculo de la potencia efectiva.	26
Factor de carga.....	26
Cálculo y selección del conductor.	26
Torque sobre la cuchilla.....	27
Cálculo del peso que ejercerá sobre el eje y las cuchillas	27
Consumo de la máquina.....	27
Potencia de Consumo	27
Consumo energético de la máquina	27
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	27
Parámetros de diseño.	27

Parámetros de diseño mecánico.	28
Relación de transmisión.....	29
Relación de transmisión con la cadena	30
Cálculo de la fuerza ejercida en la cuchilla	30
Obtención de la velocidad del eje:.....	30
Torque de las cuchillas	31
Fuerza sobre la cuchilla	31
Cálculo de la longitud de la banda.....	31
Potencia del motor	32
Cálculo de la potencia efectiva.	32
Factor de carga.....	32
Cálculo y selección del conductor.	32
Torque sobre la cuchilla.....	33
Cálculo del peso que ejercerá sobre el eje y las cuchillas	33
Características de operación de la trituradora	34
Diseño del sistema eléctrico.....	34
Selección de contactor.	35
Consumo energético total de la máquina.	35
Comparación del área de almacenamiento	36
36	
Implementación de la máquina	37
12. IMPACTOS.....	38
Ambiental y Social.....	38
Económico	38
Técnico.....	38
13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO	39
14. CONCLUSIONES	41
RECOMENDACIONES.....	41
15. BIBLIOGRAFÍA.....	42
16. ANEXOS.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Propiedades de los termoplásticos	7
Figura 2: Composición química del PET	8
Figura 3: Trituradora de martillos	12
Figura 4: Trituradora de cuchillas	13
Figura 5: Tipo de cuchillas según su aplicación.....	14
Figura 6: Eje de transmisión.....	15
Figura 7: Polea fija	15
Figura 8: Polea móvil	16
Figura 9: Sistema de poleas con correa	16
Figura 10: Polea con banda tipo V	17
Figura 11: Bandas tipo V de grandes capacidades	18
Figura 12: Sistema de engranes	18
Figura 13: Sistema de engranes con cadena	19
Figura 14: Engrane con tornillo sin fin.....	20
Figura 15: Motor eléctrico.....	21
Figura 16: Cajas reductoras:	22
Figura 17: Contactor eléctrico	23
Figura 18: Botón de paro de emergencia.....	23
Figura 19: Área de botellas enteras	36
Figura 20: Área de las botellas trituradas.	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades según los objetivos específicos	4
Tabla 2: Datos técnicos del PET.....	9
Tabla 3: Propiedades Físicas del PET.	11
Tabla 4: Propiedades Mecánicas del PET	11

Tabla 5: Propiedades Químicas del PET.....	11
Tabla 6: Volumen de las botellas	28
Tabla 7: Área de botellas enteras.....	36
Tabla 8: Área de botellas trituradas	37
Tabla 9: Elementos mecánicos	39
Tabla 10: Elementos eléctricos.....	40
Tabla 11: Gastos indirectos	40
Tabla 12: Imprevistos	41
Tabla 13: Mano de obra.....	41
Tabla 14: Costo total	41

ÍNDICE DE ECUACIÓN

[1].....	24
[2].....	24
[3].....	25
[4].....	25
[5].....	25
[6].....	25
[7].....	26
[8].....	26
[9].....	26
[10].....	26
[11].....	26
[12].....	27
[13].....	27
[14].....	27
[15].....	27
[16].....	27
[17].....	27
[18].....	27

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA PARA EL
RECICLADO DEL MATERIAL DE TEREFTALATO DE POLIETILENO”

Autores: Bonilla Acurio Wilson Stalin
Pilatasig Capilla Israel Steve

RESUMEN

El proceso de reutilización de las botellas plásticas es uno de los objetivos que sobresalen en el cuidado del ambiente, visualizando la finalidad que se le puede dar a este producto el primer paso que se ejecuta es el reciclaje de las mismas que se las recoge o se las compra almacenándolas en los centros de acopiamiento, en contenedores o bodegas, el gran espacio que ocupan las botellas plásticas en su forma entera se ha convertido en un problema para los recicladores disminuyendo el espacio físico que se destina para la ejecución de esta actividad. Las botellas plásticas al estar constituidas por tereftalato de polietileno (PET) siendo este un material resistente a la degradación afecta directamente al ambiente. Por lo tanto, mediante este proyecto se implementará un método de reducción de tamaño de las botellas plásticas que nos permitirá tener mayor capacidad de almacenamiento en las bodegas de reciclaje, esto podrá realizarse mediante la implementación de una máquina trituradora de botellas plásticas que tenga una capacidad de trituración aproximada de 40 Kg/h siendo el objetivo principal de la trituradora reducir el tamaño de las botellas plásticas triturándolas en pequeños pedazos con un volumen de 8mm. La trituradora está compuesta por diferentes componentes mecánicos tales como las herramientas de corte que son el alma de la máquina que son las encargadas de ejecutar la trituración, ejes, chumaceras, rodamientos entre otros, además de sus componentes eléctricos de protección los cuales nos permitirán garantizar el funcionamiento de la máquina. La manipulación de la máquina trituradora será de un nivel de dificultad muy bajo para el operario sin necesidad de capacitación beneficiándolo directamente.

Palabras Claves: Trituración, Tamaño, Acopiamiento, PET.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TOPIC: "IMPLEMENTATION OF A CRUSHING MACHINE FOR THE RECYCLING OF MATERIAL POLYETHYLENE TEREPHTHALATE "

Authors: Bonilla Acurio Wilson Stalin
Pilatasig Capilla Israel Steve

ABSTRACT

The process of reuse of plastic bottles is one of the objectives that excel in the care of the environment, visualizing the purpose that can be given to this product the first step that is executed is the recycling of the same that are collected or buy storing in the centers of gathering, in containers or wineries, the large space that the plastic bottles occupy in their whole form has become a problem for the recyclers decreasing the physical space that is destined for the execution of this activity.

Plastic bottles being made of polyethylene terephthalate (PET) is a material that is resistant to degradation directly affects the environment. Therefore, this project will implement a method of reducing the size of plastic bottles that will allow us to have greater storage capacity in the warehouses recycling, this can be done by implementing of a crushing machine of plastic bottles having an approximate crushing capacity of 40 Kg/h being the main objective of the shredder to reduce the size of the plastic bottles crushing in small pieces with a volume of 8mm. The Shredder is made up of different mechanical components such as the cutting tools that are the soul of the machine that are in charge of executing the crushing, axes, bearings, bearings among others, besides its electrical components of protection which will allow us to guarantee the operation of the machine.

The handling of the shredding machine will be of a very low level of difficulty for the operator without the need of training directly benefiting it.

Keywords: Crushing, size, gathering, PET.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señores Egresados de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **BONILLA ACURIO WILSON STALIN Y PILATASIG CAPILLA ISRAEL STEVE**, cuyo título versa **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA PARA EL RECICLADO DEL MATERIAL DE TEREFTALATO DE POLIETILENO”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, febrero del 2018

Atentamente,

MSc. Vladimir Sandoval V.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 050210421-9

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título

“Implementación de una máquina trituradora para el reciclado del material de tereftalato de polietileno”

Fecha de inicio

03 de octubre del 2017

Fecha de finalización

12 de febrero del 2018

Lugar de ejecución

Barrio el Salto –La Matriz- Latacunga-Cotopaxi-Zona 3

Facultad que Auspicia

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia

Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado

Equipo de Trabajo

Nombres:	Wilson Stalin
Apellidos:	Bonilla Acurio
Cedula de identidad:	0503853774-4
Teléfono:	2725-750 – 0995763781
Correo electrónico:	wilson.bonilla4@utc.edu.ec

Nombres:	Israel Steve
Apellidos:	Pilatasig Capilla
Cedula de identidad:	050314586-4

Teléfono 2385-943 – 0969002973
Correo electrónico israel.pilatasig4@utc.edu.ec

Área de Conocimiento

Ingeniería, industria y construcción.

Línea de investigación

“Procesos industriales” las investigaciones que se desarrollen en esta línea estarán enfocadas a 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, fomentando la producción industrial más limpia y el diseño de nuevos sistemas de producción industrial. Así como diseñar sistemas de control para la producción de bienes y servicios de las empresas públicas y privadas, con el fin de contribuir al desarrollo socioeconómico del país y al cambio de la matriz productiva de la zona.

Sub líneas de investigación de la Carrera

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

2. RESUMEN DEL PROYECTO

El termoplástico se clasifica como un material de la familia de los polímeros el mismo que es uno de los más utilizados a nivel mundial, su principal utilización es para la elaboración de botellas plásticas las cuales están constituidas de un compuesto base que es el Tereftalato de Polietileno (PET). El reciclaje y la reutilización de las botellas plásticas es un objetivo primordial para cuidar el ambiente, el reciclado de las botellas plásticas se ha convertido en uno de los negocios con grandes índices de crecimiento, pero existe un problema que al acopiar las botellas plásticas el espacio físico que ocupa dicho material no se lo puede aprovechar al máximo puesto que las botellas plásticas enteras ocupan mucho espacio, es por ello que con la implementación de una máquina trituradora de PET tomando en cuenta las especificaciones técnicas establecidas por el beneficiario se dará solución a este inconveniente planteado triturando las botellas en partículas pequeñas logrando tener un espacio más amplio para su almacenamiento de manera triturada.

Identificando los parámetros de diseño mecánicos, eléctricos, incluyendo los planos constructivos de dicha máquina y realizando las pruebas de funcionamiento y control de calidad

todos estos aspectos constructivos permitirán garantizar el trabajo de la máquina, con lo cual vamos a triturar las botellas plásticas fragmentándolas en pedazos con un volumen aproximado de 8mm produciendo 30Kg/h de material triturado beneficiando al Arq. Mauro Jacho representante de la Empresa ECOPACK, las botellas al ser trituradas facilita su manipulación y aglomeración, incrementando la capacidad de almacenaje, optimizando el espacio físico de las bodegas de reciclaje.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El espacio de acopiamiento de las botellas enteras se ha vuelto un problema para los recicladores en general, es por ello el aporte de este proyecto de investigación, permitió optimizar el acopiamiento de botellas plásticas por medio de la trituración de las mismas que no siempre poseían el mismo volumen en su tamaño por lo cual al ser almacenado ocupaba una gran área física reduciendo la capacidad de almacenaje y a la vez reduciendo los ingresos económico, al no poder acopiar más botellas plásticas es por esta razón que se implementó la máquina trituradora ya que al reducir el tamaño de las botellas se incrementó el espacio de almacenamiento y a la vez se generó un ingreso económico superior, puesto que las botellas plásticas tienen un precio más elevado de manera triturada que de manera entera, es por tal motivo que con la ayuda de la máquina trituradora de PET se conseguirá un mayor reciclaje y mejores ingresos económicos .

4. BENEFICIARIO DEL PROYECTO

El beneficiario directo es el Arq. Mauro Jacho debido a que se reducirá el tamaño de las botellas mediante el proceso de trituración otorgando una mayor capacidad de almacenamiento.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo podemos reducir el área que ocupan las botellas plásticas de manera entera con la implementación de una máquina trituradora de plástico de Tereftalato de Polietileno (PET)?

6. OBJETIVOS

General

Implementar una máquina trituradora de plásticos de Tereftalato de Polietileno (PET) para la reducción del espacio físico que ocupa dicho material mediante la adecuación de tecnología de acuerdo al mercado actual.

Específicos

- Identificar los parámetros de diseño los cuales nos van a permitir garantizar la eficiencia de nuestra máquina.
- Dimensionar los diferentes elementos tanto mecánicos como eléctricos para la elaboración de la máquina.
- Elaborar los planos constructivos de la máquina trituradora de botellas.
- Construcción y pruebas de funcionamiento de la máquina trituradora de plásticos.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1: actividades según los objetivos específicos

Objetivos específicos	Actividades	Resultado de las actividades	Descripción de la metodología
Establecer los parámetros de diseño los cuales nos van a permitir garantizar la eficiencia de nuestra máquina.	Coordinar los requerimientos básicos de funcionamiento y de trituración en función de kg/h.	Se instauró parámetros de diseño que permitirá otorgarles estándares de funcionamiento de la máquina.	Mediante una entrevista dirigida al beneficiario.
Dimensionamiento de los diferentes elementos tanto mecánicos como eléctricos para la elaboración de la máquina.	Investigar las especificaciones técnicas y aspectos constructivos de los diferentes elementos que serán necesarios para la construcción de la máquina.	Selección de los diferentes materiales mecánicos y eléctricos que nos permitirán la construcción adecuada de la máquina.	Mediante la utilización de catálogos y libros de referencia para la selección de todos los elementos necesarios para la construcción de la máquina.

Elaborar los planos constructivos de la máquina trituradora de botellas.	Realizar los planos estructurales de la máquina con los materiales ya elegidos.	Los planos diseñados correctamente con sus respectivos detalles y medidas de construcción aseguraran la funcionalidad de la máquina trituradora de material PET mediante un prototipo.	Con la utilización de un software de diseño elaborar los planos de la máquina para asegurar su funcionalidad.
Realizar las pruebas de funcionamiento de la máquina trituradora de plásticos (PET)	Verificar el correcto funcionamiento de la máquina trituradora de (PET).	Asegurar el funcionamiento idóneo de la máquina para la cual fue construida.	Mediante un prueba práctica poniendo en funcionamiento la máquina trituradora.

Elaborado por: Los autores

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

Plásticos

(Lonkengard & Richardson, 2007) afirma en la historia los primeros materiales que se asemejaron a los plásticos se los podía encontrar de forma natural los cuales son pezuñas, cuernos e incluso en los caparazones de las tortugas con las cuales se podía fabricar diversos accesorios como peines y botones.

Los plásticos son materiales compuestos por proteínas, resinas y otras sustancias las cuales hacen de este material muy fácil de moldear y se ajustan a cualquier tipo de forma de una manera permanente siempre y cuando se dé el respectivo tratamiento térmico y de compresión. También se empezó a usar polímeros naturales como la goma laca, pero se produjo una serie de inconvenientes como su difícil recolección y purificación, para la obtención de polímeros sintéticos se tomó los productos naturales y se los dio un tratamiento químico los cuales resultaban en materiales flexibles, elásticos y duros, tal es el caso de Charles Goodyer quien descubrió que al mezclar azufre en polvo con el caucho natural sus características mejoraban de una manera considerable.

Características de los plásticos

La American Society for Testing Materials (ASTM) toma como definición al plástico como cualquier material de un extenso y variado grupo que contiene como elemento esencial una sustancia orgánica de gran peso molecular siendo sólida en su estado final.

Thomson, 2004 sus características principales vienen de una relación resistencia/densidad alta las cuales le dan a este material las propiedades idóneas para el aislamiento eléctrico, térmico incluyendo una buena resistencia a los ácidos y disolventes no son recomendados para ser utilizados en temperaturas altas y poseen baja conductividad térmica y eléctrica.

Son producidos mediante un proceso conocido como polimerización, ya sea por adición por condensación o por etapas, es decir, creando grandes estructuras moleculares a partir de moléculas orgánicas.

Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico.

Clasificación de los polímeros

Según su comportamiento al calor y su estructura los polímeros se clasifican en:

- Termoplásticos
- Elastómeros
- Termoestables
- Semisintéticos

Termoplásticos

Los polímeros termoplásticos son de fácil manejo al aplicarles presión y temperatura los cuales se los ejecuta mediante varios métodos los cuales pueden ser la extrusión, inyección, termoformado y soplado los cuales nos otorgan fácil manipulación del material.

La temperatura que se usa en este tipo de materiales es más baja que la temperatura de ablandamiento de estos materiales usualmente está en el rango permisible de la mitad de la temperatura de fusión correspondiente.

Por lo general se pueden clasificar los termoplásticos haciendo referencia a su composición molecular lo cual afecta directamente en su proceso de fusión y en base a este proceso se determinan las propiedades mecánicas y físicas.

Un material termoplástico lo podemos asemejar a un conjunto de cuerdas enredadas que tenemos encima de una mesa, cuanto mayor sea el grado de enredo de las cuerdas mayor será

el esfuerzo que tendremos que realizar para separar las cuerdas unas de otras dado a que el rozamiento que se produce entre cada una de las cuerdas ofrece resistencia a separarlas, en este ejemplo las cuerdas representa a los polímeros y el rozamiento representa las fuerzas intermoleculares que los mantiene unidos.

Figura 1: Propiedades de los termoplásticos

Estructura	Formación	Características	Ejemplo
Amorfa	Las moléculas no presentan ningún tipo de orden: están dispuestas aleatoriamente.	<ul style="list-style-type: none"> • Son normalmente transparentes. • La fusión se realiza en un intervalo de temperatura, no existe un punto de fusión preciso. • A medida que la temperatura aumenta el material pasa de un estado sólido a uno pastoso, hasta convertirse finalmente en un fluido muy viscoso. • En el intervalo de fusión pueden ser manufacturados por inyección, extrusión, soplado, etc. • Sin carga tienen una contracción en el moldeo de 0.3 % a 0.9%, con carga este valor es menor. 	<ul style="list-style-type: none"> • PVC • PS • SAN • ABS • PMMA • PC
Cristalina	Al enfriarse, sus cadenas tienden a enlazarse muy ordenadamente por lo que se produce un empaquetamiento muy ordenado, que se denomina cristalización.]	<ul style="list-style-type: none"> • Son opacos • Poseen un punto característico de fusión • El intervalo útil de transformación está limitado a pocos grados centígrados: un poco abajo del punto de fusión, está todavía sólido y no se puede moldear; y no es prudente superar mucho la temperatura de fusión porque puede intervenir el fenómeno de degradación térmica. • Tienen contracción elevada en el moldeo. La contracción para un polímero no reforzado varía de 1 al 5 %. 	<ul style="list-style-type: none"> • PE • PP • POM • PA • PET

Fuente: Donald R., 2007

Elastómeros

Los polímeros elastómeros son parte de una amplia familia de polímeros amorfos los cuales con una baja temperatura poseen una atribución característica de sufrir grandes deformaciones elásticas sin llevar al punto máximo de ruptura.

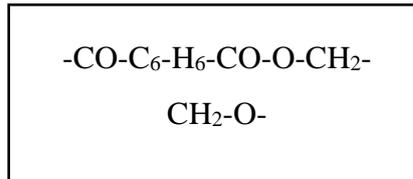
Cuando son estiradas las moléculas son llevadas a una alineación y con frecuencia toman una distribución muy ordenada (cristalina), pero cuando se las deja de tensionar retornan espontáneamente a su desorden natural, un estado en que las moléculas están enredadas.

Plástico PET

(Chausin, 2008) afirma que su nombre técnico es Polietileno Tereftalato en el año de 1941 J.R Whinfield y J.T. Dickinson patentaron el PET como un polímero para fibra, desde entonces la fabricación de PET ha ido incrementando su tecnología aumentando su nivel de producción y calidad.

En 1976 se utilizan para la fabricación de envases transparentes, ligeros y resistentes en su mayoría en la producción de botellas, aunque al principio fueron botellas rígidas y muy gruesas al paso del tiempo se ha mejorado de manera muy significativa su presentación más aun sus propiedades se han mantenido e incluso mejorado al tener un producto más hermético y ligero. El PET tiene su composición química a partir del Etilenglicol y el Ácido Tereftálico y sus formula química se muestra a continuación.

Figura 2: Composición química del



Fuente: Chausin 2012.

Propiedades del PET

El PET en general se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad. De acuerdo a su orientación presenta propiedades de transparencia y resistencia química. Existen diferentes grados de PET, los cuales se diferencian por su peso molecular y cristalinidad. Los que presentan menor peso molecular se denominan grado fibra, los de peso molecular medio, grado película y los de mayor peso molecular, grado ingeniería.

Este polímero no se estira y no es afectado por ácidos ni gases atmosféricos, es resistente al calor y absorbe poca cantidad de agua, forma fibras fuertes y flexibles, también películas. Su punto de fusión es alto, lo que facilita su planchado, es resistente al ataque de polillas, bacterias y hongos. (Lonkensgard & Richardson, 2007).

El PET presenta las siguientes propiedades:

- Procesable por soplado, inyección y extrusión.
- Apto para producir botellas, películas, láminas, planchas y piezas.
- Transparencia (aunque admite cargas de colorantes) y brillo con efecto lupa.
- Alta resistencia al desgaste.
- Buena resistencia química y térmica.
- Muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad.
- Compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad barrera de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos.
- Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica.
- Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.

- Excelentes propiedades mecánicas.
- Esterilizable por rayos gamma y óxido de etileno.
- Buena relación costo / performance.
- Se encuentra en el ranking No.1 en reciclado.
- Liviano.

Tabla 2: Datos técnicos del PET

No	PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR
1	Densidad	g/cm ³	1,34 – 1,39
2	Resistencia a la tensión	MPa	59 – 72
3	Resistencia a la compresión	MPa	76 – 128
4	Resistencia al impacto, Izod	J/mm	0,01 – 0,04
5	Dureza	--	Rockwell M94 – M101
6	Dilatación térmica	10-4 / °C	15,2 – 24
7	Resistencia al calor	°C	80 – 120
8	Resistencia dieléctrica	V/mm	13780 – 15750
9	Constante dieléctrica (60 Hz)	--	3,65
10	Absorción de agua (24 h)	%	0,02
11	Velocidad de combustión	mm/min	Consumo lento
12	Efecto luz solar	--	Se decolora ligeramente
13	Calidad de mecanizado	--	Excelente
14	Calidad óptica	--	Transparente a opaco
15	Temperatura de fusión	°C	244 – 254

Fuente: Richardson & Lokensgard, 2007

Reducción de Tamaño

“El término reducción de tamaño se aplica a todas las formas en las que las partículas de sólidos se pueden cortar o romper en piezas pequeñas. Durante los procesos industriales, la reducción de tamaño de sólidos se lleva a cabo por diferentes métodos y con distintos fines.

Los sólidos pueden romperse de diversas maneras, pero por lo común solo se utilizan cuatro en los equipos de reducción de tamaño: 1) compresión, 2) impacto, 3) frotación o rozamiento y 4) corte.

En general, la compresión se utiliza para la reducción gruesa de sólidos duros, dando lugar relativamente pocos finos; el impacto genera productos gruesos, medios o finos; la frotación produce productos muy finos a partir de materiales blandos no abrasivos. El corte da lugar a un tamaño definido de partículas y en algunas ocasiones también de forma definida, con muy pocos a nada de finos”. (McCabe, 2007)

“Si bien no existe una diferencia clara entre la trituración y la molienda, en general se habla de trituración cuando se fragmentan partículas de tamaños superiores a 1 pulgada (1") (se utilizarán unidades métricas e inglesas pues es común en el desarrollo de la materia la utilización de manuales y catálogos con valores expresados en unidades inglesas) y de molienda cuando se tratan partículas de tamaños inferiores a 1" (1" = 2,54 cm).

La trituración es también denominada desintegración y las máquinas que la producen trituradoras, desintegradoras, quebrantadoras según los diversos autores.” (materias.fi.uba.ar, 2013)

Equipos para la reducción del tamaño

Según (materias.fi.uba.ar, 2013) dice que el equipo para reducción de tamaño se divide en trituradores, molinos, molinos de ultra finos y máquinas de corte. Los trituradores realizan el trabajo pesado de romper las piezas grandes de materiales sólidos en pequeños pedazos. Un triturador, en principio, opera con un material extraído de una mina, aceptando todo lo que venga de la mina y rompiéndola en pedazos de 150 a 250 mm (6 a 10 in). Un triturador secundario reduce estos pedazos a partículas quizás de tamaño de 6mm (1/4 in).

Los molinos reducen el producto del triturado hasta formar un polvo.

Un molino ultra fino acepta como alimentación partículas no mayores de 6mm; el tamaño del producto generado es típicamente de 1 a 50 μm . Las cortadoras producen partículas de tamaño y forma definidos, de 2 a 10 mm de longitud. Estas máquinas realizan su trabajo en formas muy diferentes.

La compresión es la acción característica de los trituradores.

Los molinos emplean el impacto y el agotamiento, algunas veces combinados con compresión; los molinos ultra finos operan en principio por agotamiento. Una acción de cortado es por supuesto una característica de cortadoras, troceadoras y rajadores.

Propiedades generales del PET

Las propiedades más importantes de este tipo de material son: procesables por soplado, inyección, extrusión poseen una constitución transparente y brillante con efecto lupa además

posee un alto grado de reciclabilidad y sumamente liviano incluyendo algunas propiedades físicas, mecánicas, y químicas que se muestran a continuación.

Propiedades Físicas

Tabla 3: Propiedades Físicas del PET.

Absorción de agua - Equilibrio (%)	$\leq 0,7$
Densidad (g/cm^3)	1,3 – 1,4
Índice refractivo	1,58 – 1,64
Inflamabilidad	Auto extinguiible
Resistencia a los ultravioletas	Buena

Fuente: Tesis ESPOL, 2007.

Propiedades Mecánicas

Tabla 4: Propiedades Mecánicas del PET

Coefficiente de fricción	0,2 – 0,4
Dureza - Rockwell	M94 – 101
Resistencia a la tracción (Mpa)	160 – 190
Resistencia al impacto (Jm^{-1})	13 – 35

Fuente: Tesis ESPOL, Aplicación para PET reciclado, 2004.

Propiedades Químicas

Tabla 5: Propiedades Químicas del PET.

Ácidos concentrados	Buena
Álcalis	Mala
Alcoholes	Buena
Grasas y aceites	Buena
Halógenos	Buena
Hidrocarburos Aromáticos	Aceptable

Fuente: Tesis ESPOL, Aplicación para PET reciclado, 2004.

Máquina trituradora

Según (Pilatasig Lasluisa & Pozo Correa, 2014) dicen que una máquina trituradora sirve para, cortar, desgarrar, destrozarse, romper todo tipo de botellas y envases PET, dicha máquina consta de múltiples elementos que permiten su correcto funcionamiento entre ellos tenemos:

- Tipo de trituración.
- Sistema de transmisión de potencia.
- Sistema eléctrico.

Tipo de trituración

Tipos de molinos

Trituradora de Martillos

La trituradora de martillos es una máquina destinada para procesos como trituración y molienda, es un tipo de molino de impacto o percusión, tienen la ventaja de ser capaz de procesar muchos tipos de materiales, así como la producción de partículas de diversos tamaños, simplemente cambiando la pantalla de salida.

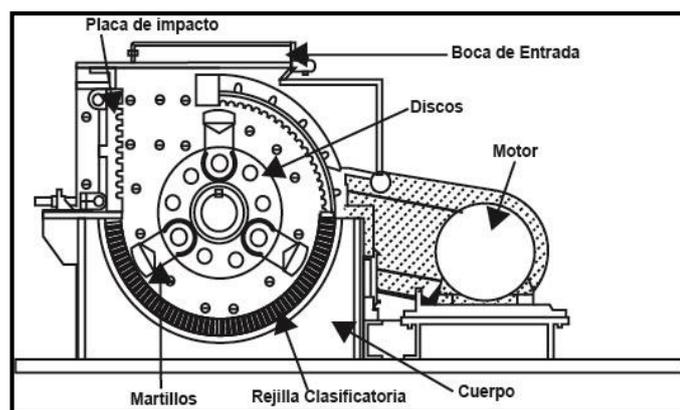
Partes Constitutivas de una trituradora de Martillos

Las partes primordiales que constituyen una trituradora de martillos, y que se realiza el estudio en este proyecto son:

Las tolvas de alimentación y descarga, el bastidor, el sistema de transmisión de potencia, el sistema eléctrico y el sistema de trituración.

El sistema de trituración es el alma del molino y está formado por 4 discos porta martillos, 4 ejes secundarios, 36 herramientas de percusión y el eje principal, este conjunto de elementos es accionado por un motor eléctrico. (Mott, 2006)

Figura 3. Trituradora de martillos



Fuente: <http://www.trituracionymolienda.com/images/Molinomartillos.jpg>

Trituradora de cuchillas

Son máquinas rotativas con 2 o más hileras de cuchillas montadas sobre una flecha, denominada rotor y cuando menos una sola hilera de cuchillas montadas sobre un soporte fijo con respecto

al rotor, denominado soporte cuchilla de caja, los cuales se encuentran aislados del medio en una carcasa denominada cámara de molienda.

Las cuchillas de rotor y caja pasan apenas con unos decimos de milímetro de separación y cuando pasa el material entre estos, por acción de la gravedad o con el auxilio de un husillo (alimentación forzada), es cortado el material en cuestión; este ciclo se repite varias veces hasta que el material que se desea moler tiene el tamaño adecuado para pasar a través una criba que cubre toda la parte baja o de descarga de un molino.

El material que ha pasado por la criba se acumula en un embudo colector o en algún otro sistema que extraiga el material hacia algún lugar deseado. (O'Brien, 1998)

Figura 4: Trituradora de cuchillas



Fuente: <http://slideplayer.es/slide/24575/1/images/13/Percus%C3%B3n+y+Corte+Ejemplo:+Molinos+de+cuchillas.jpg>

Cuchillas

Una cuchilla es la parte plana de una herramienta o de un arma que tengan normalmente un filo o un extremo afilado hechos generalmente de metal como el acero para cortar.

Tipo de cuchillas

Cuchillas cortadoras rotatorias

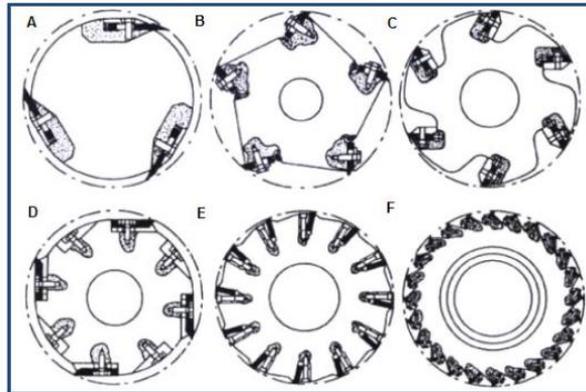
(Paredes, 2006) nos dice que las máquinas con cuchillas cortadoras rotatorias son las más comunes en lo que se refiere a máquinas para moler plástico. Se les conoce también como molinos con cuchillas.

Estas máquinas emplean un sistema de cuchillas rotatorias tipo hoja, el sistema consta de varias cuchillas rotatorias y de tres o cuatro cuchillas fijas, lo que depende la aplicación para que se vaya utilizar el producto que sale de la máquina.

La acción de molienda se produce cuando el plástico pasa entre la cuchilla fija y la cuchilla rotatoria; para que se realice el corte la cuchilla fija debe tener un ángulo respecto al rotor, mientras que las cuchillas fijas deben tener el mismo ángulo con respecto al rotor, pero en

dirección contraria. Las diferentes configuraciones como pueden ser posicionadas las cuchillas se puede observar en la fig. Para materiales con gran volumen, es necesario utilizar un rotor con gran número de cuchillas con un ángulo que permita un corte poco profundo, que realice pequeños cortes sin que se traben.

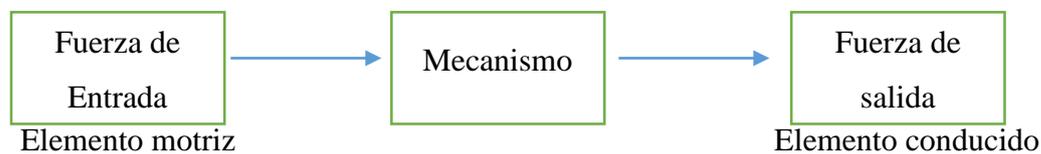
Figura 5: Tipo de cuchillas según su aplicación



Fuente: Tufiño, r. o. (2006).

Mecanismo

Un mecanismo es un dispositivo que transforma el movimiento producido por un elemento motriz (fuerza de entrada) en un movimiento deseado de salida (fuerza de salida) llamado elemento conducido.



Estos elementos mecánicos suelen ir montados sobre los ejes de transmisión, que son piezas cilíndricas sobre las cuales se colocan los mecanismos.

Existen dos grupos de mecanismos:

- Mecanismos de transmisión de movimiento.
- Mecanismos de transformación de movimiento.

En estos mecanismos podemos distinguir tres tipos de movimiento.

- Movimiento circular o rotatorio, como el que tiene una rueda.
- Movimiento lineal, es decir, en línea recta y de forma continua.
- Movimiento alternativo: Es un movimiento de ida y vuelta, de vaivén. Como el de un péndulo.

Los mecanismos de transmisión son aquellos en los que el elemento motriz (o de entrada) y el elemento conducido (o de salida) tienen el mismo tipo de movimiento.

Eje de transmisión

Un eje es un elemento, normalmente cilíndrico, que gira sobre sí mismo y sirve para sostener diferentes piezas. Permiten el giro de elementos mecánicos situados sobre ellos, pero no giran solidariamente con ellos, sino que giran libremente.

Figura 6. Eje de transmisión



Elaborado por: Los autores

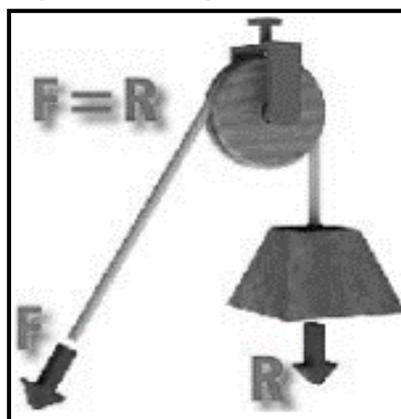
Poleas

Una polea es una rueda que posee una ranura la cual gira alrededor de un eje, el mismo que se encuentra sujeto a una superficie fija por la ranura de la polea se hace pasar una cuerda o cable el cual nos permite vencer de manera fácil una resistencia determinada mediante una fuerza aplicada. (Landin, 2011)

Polea Fija

La polea fija se encuentra en equilibrio cuando la fuerza que se está aplicando es igual a la resistencia que se está ejerciendo al momento de realizar un trabajo utilizando la polea fija no se disminuye la fuerza si no que se re direccionada para que el trabajo sea más cómodo.

Figura 7: Polea fija



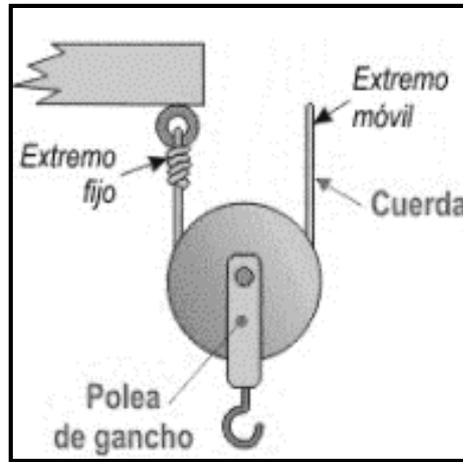
Fuente: Pedro Landin, 2011

Polea Móvil

La polea móvil es la que se encuentra conectada a una cuerda que tiene uno de sus extremos fijos y el otro móvil por lo tanto tiene la característica de moverse de forma lineal, en este

sistema la aplicación de la fuerza se reduce a la mitad y por consiguiente se necesitaría el doble de cuerda del que era necesario al tener una polea fija.

Figura 8: Polea móvil



Fuente: Pedro Landin, 2011

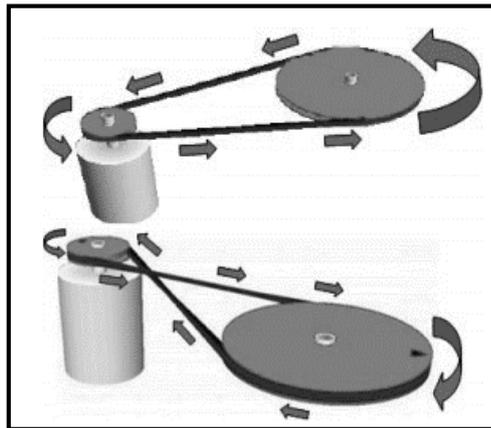
Sistema de poleas con correa

Este sistema tiene su funcionamiento a través de dos poleas las cuales se encuentran situadas a cierta distancia la una de la otra otorgándoles el mismo giro por efecto de una correa común.

El giro puede ser el mismo en su caso el giro puede ser contrario al giro de la polea transmisora esto dependerá de cómo se colocó la correa.

El movimiento que se transmite a la rueda conducida tiene el mismo sentido que el movimiento de la rueda conductora, mientras que su módulo, depende de los diámetros de las poleas.

Figura 9. Sistema de poleas con correa



Fuente: Pedro Landin, 2011

Relación de transmisión

La relación de transformación es el cociente entre la velocidad que está girando la rueda o polea conducida y la velocidad de giro de la rueda motriz esta relación depende directamente del tamaño que tengan las ruedas o poleas.

Por lo tanto, podemos tener sistemas reductores en donde la velocidad de la rueda conducida es menor que la de la rueda motriz o a su vez sistemas multiplicadores donde la velocidad de la rueda conducida es mayor a la velocidad de la rueda motriz.

Correas o bandas

Correas o bandas como se las llamara son elementos flexibles que permiten la transmisión de potencia la cual está presente en un conjunto de poleas.

Correas o bandas Tipo V

Entre los diferentes sistemas de transmisión por banda las bandas tipo ``V`` son la opción más económica de reducción y aumento de velocidad las cuales son muy comunes en la industria. Incluso este tipo de bandas son las más apropiadas si se quiere disminuir los daños que puedan existir si un componente del equipo se bloquea. Las bandas vienen a tener un patinado disminuyendo el riesgo de ruptura de los componentes, esta ventaja es única para las bandas tipo V ya que estas características no las pueden ofrecer los diferentes tipos de sistemas de transmisión como los de cadena, piñones de engranaje directo o las bandas dentadas. (Intermec, 2014)

Las correas en banda tipo 3V se utilizan comúnmente en aplicaciones que necesiten capacidad de caballos de fuerza y cuando la instalación de varias correas sencilla es impráctica debido a limitaciones de espacio. El diseño y construcción de estas correas aseguran un desempeño suave y una operación silenciosa. Se recomienda su uso cuando la vibración o el deslizamiento cuando se instalan varias correas sencillas, origina resultados no satisfactorios.

Figura 10: Polea con banda tipo V



Fuente: Intermec. Catálogo,

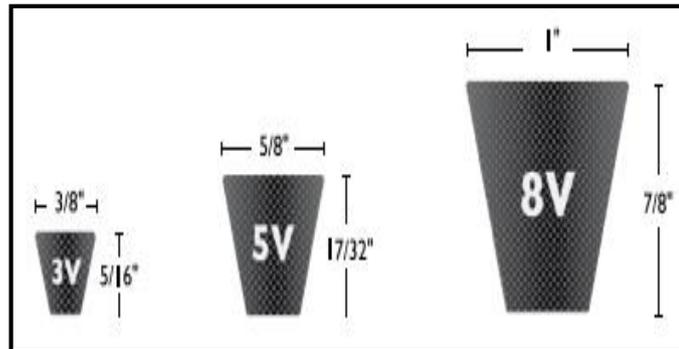
Correas o bandas en ``V`` de alta capacidad

Estas son recomendadas para sistemas de transmisión que requieran un diseño compacto de una velocidad alta y mayor capacidad de transmisión de potencia el diseño en V es mucho más pronunciado ya que existe mejor superficie de contacto con las paredes de la polea sustituye a

varias correas en V clásicas es por esto que las correas clásicas están siendo sustituidas por las de alta calidad que son de mayor eficiencia.

Aprovechando la eficiencia de este tipo de correas se puede modificar la distancia entre poleas obteniendo la misma capacidad de potencia además disminuyendo el tamaño de las poleas, se puede reducir hasta un 40 % la dimensión de la transmisión generándonos ahorros importantes pudiendo incrementar en el doble la transmisión de potencia. (Intermec, 2014)

Figura 11: Bandas tipo V de grandes capacidades



Fuente: Intermec. Catálogo

Transmisión por engranajes

Según (Villa, 2008) los engranajes son ruedas dentadas que encajan entre sí, de modo que, unas ruedas transmiten el movimiento circular a las siguientes, los dientes de todos los engranes deben ser del mismo tamaño.

Los engranajes giran de modo que, los más pequeños giran a mayor velocidad, de modo similar al caso del sistema de poleas con correa.

En este caso, en lugar de tener en cuenta el diámetro de la polea, se tienen en cuenta el número de dientes de cada rueda.

En la figura se supone que el engrane grande es el engrane motriz mientras tanto el engrane pequeño es el engrane conducido.

Figura 12: Sistema de engranes



Fuente: Villa. (abril de 2008)

El engrane pequeño es el conducido lo que quiere decir que va a girar al doble de velocidad que el engrane grande.

Mediante la siguiente formula se puede calcular la velocidad de los engranes:

$$n_1 - z_1 = n_2 - z_2$$

Donde:

n_1 = velocidad del engranaje de entrada

n_2 = velocidad del engranaje de salida

Z_1 = número de dientes del engranaje de entrada

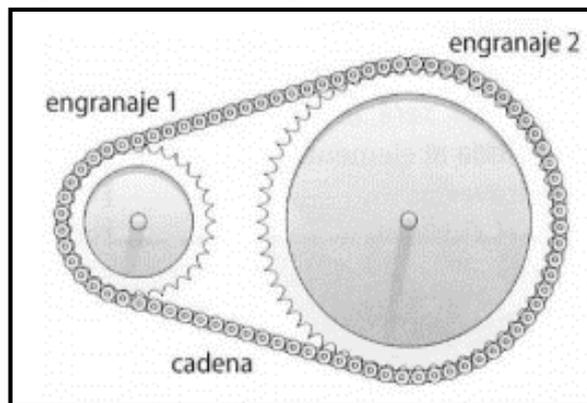
Z_2 = número de dientes del engranaje de salida

Los engranajes tienen la ventaja de que transmiten movimiento circular entre ejes muy próximos y además transmiten mucha fuerza (porque los dientes no deslizan entre sí), al contrario que con el sistema de poleas con correa.

Engranajes con cadena

Este sistema de transmisión consiste en dos ruedas dentadas de ejes paralelos, situadas a cierta distancia la una de la otra, y que giran a la vez por efecto de una cadena que engrana a ambas. Es el mecanismo que emplean las bicicletas. La relación de transmisión se calcula como en el caso de los engranajes.

Figura 13: Sistema de engranes con cadena

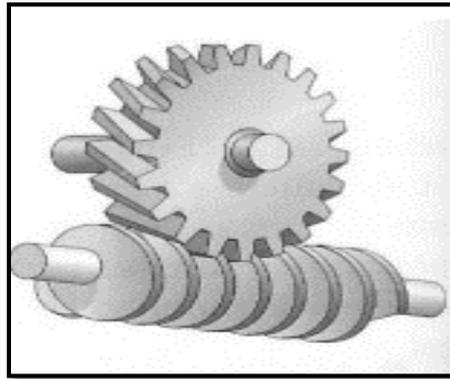


Fuente: Villa. (abril de 2008).

Tornillo sinfín

Se trata de un tornillo que se engrana a una rueda dentada, cuyo eje es perpendicular al eje del tornillo. Por cada vuelta del tornillo sinfín acoplado al eje motriz, la rueda dentada acoplada al eje de arrastre gira un diente.

Este sistema tiene una relación de transmisión muy baja, es decir, es un excelente reductor de velocidad. Se emplea, por ejemplo, en las clavijas que tensan las guitarras. El elemento motriz es el tornillo y el elemento conducido es la rueda dentada.

Figura 14: Engrane con tornillo sin fin

Fuente: Villa. (abril de 2008)

Motor eléctrico

(WEG) nos dice que el motor eléctrico es la máquina destinada a transformar energía eléctrica en energía mecánica.

El motor de inducción es el más usado de todos los tipos de motores, ya que combina las ventajas de la utilización de energía eléctrica - bajo costo, facilidad de transporte, limpieza, simplicidad de comando - con su construcción simple y su gran versatilidad de adaptación a las cargas de los más diversos tipos y mejores rendimientos.

Los motores más comunes que existen son:

- Motores de corriente continua.
- Motores de corriente alterna.

Motores de corriente continúa

Son motores de costo más elevado y, además de eso, precisan una fuente de corriente continua, o un dispositivo que convierta la corriente alterna común en continua.

Pueden funcionar con velocidad ajustable, entre amplios límites y se prestan a controles de gran flexibilidad y precisión. Por eso, su uso es restricto a casos especiales en que estas exigencias compensan el costo mucho más alto de la instalación y del mantenimiento.

Motores de corriente alterna

Son los más utilizados, porque la distribución de energía eléctrica es hecha normalmente en corriente alterna. Los principales tipos son:

Motor síncrono

Funciona con velocidad fija, o sea, sin interferencia del deslizamiento; utilizado normalmente para grandes potencias (debido a su alto costo en tamaños menores).

Motor de inducción

Funciona normalmente con una velocidad constante, que varía ligeramente con la carga mecánica aplicada al eje. Debido a su gran simplicidad, robustez y bajo costo, es el motor más utilizado de todos, siendo adecuado para casi todos los tipos de máquinas accionadas, encontradas en la práctica.

Actualmente es posible el control de la velocidad de los motores de inducción con el auxilio de convertidores de frecuencia. (WEG)

Figura 15: Motor eléctrico



Fuente: <https://vertigo2040.files.wordpress.com/2011/07/motor.jpg>

Caja reductora de velocidad

Según (Nieto & Lopeza, 2014) los reductores se emplean para transmitir fuerza entre un motor primario y una máquina impulsada.

Además de la simple transmisión de fuerza, las transmisiones con reductores cambian o modifican usualmente la fuerza que se está transmitiendo mediante:

- La reducción de velocidad y aumento del par de salida.
- Cambio de la dirección de rotación del eje, o.
- Cambio del ángulo de operación del eje.

Tipos de reductores y características:

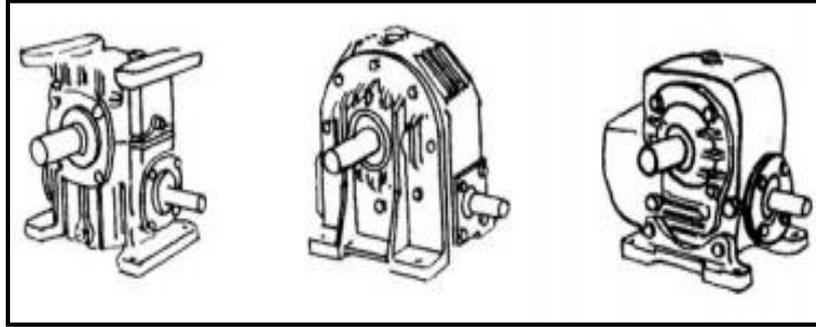
Según el tipo de engranaje utilizado en el mecanismo del reductor existen los siguientes tipos:

1. Reductores de corona y tornillo sin-fin.
2. Reductores de engranajes externos.
3. Reductores de engranajes internos
4. Reductores de corona y tornillo sin-fin.

Lubricación de reductores:

Pueden utilizarse los cuadros como una guía para seleccionar los lubricantes adecuados para la lubricación de engranajes cerrados industriales. Las recomendaciones se basaron en la experiencia de los Ingenieros y las especificaciones de la Asociación de Fabricantes de Engranajes Americanos (A. G. M. A)

Figura 16: Cajas reductoras:



Fuente: Nieto, C., & Lopez, R. (2014).

Contactores

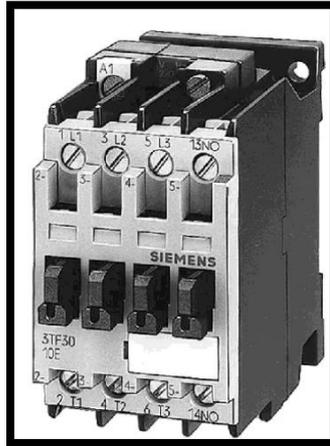
(Vilches, 2010) menciona que el contactor es un mecanismo cuya misión es la de cerrar unos contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos. Esto ocurre cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos.

Elección del contactor

Cuando se va a elegir un Contactor hay que tener en cuenta, entre otros factores, lo siguiente:

- Tensión de alimentación de la bobina: Esta puede ser continua o alterna, siendo esta última la más habitual, y con tensiones de 12 V, 24 V o 220 V.
- Número de veces que el circuito electromagnético va a abrir y cerrar. Podemos necesitar un Contactor que cierre una o dos veces al día, o quizás otro que esté continuamente abriendo y cerrando sus contactos.
- Hay que tener en cuenta el arco eléctrico que se produce cada vez que esto ocurre y el consiguiente deterioro.
- Corriente que consume el motor de forma permanente (corriente de servicio).
- Se debe tener en cuenta el tipo de elemento al que va a ser instalado.

Por lo tanto, es conveniente el uso de catálogos de fabricantes en los que se indican las distintas características de los Contactores en función del modelo. (Vilches, 2010)

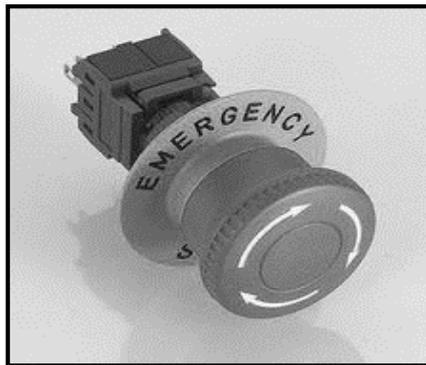
Figura 17: Contactor eléctrico

Fuente: Vilches, E (2010).

Paro de emergencia

Según la norma EN ISO 13850, la función de parada de emergencia sirve para prevenir situaciones que puedan poner en peligro a las personas, para evitar daños en la máquina o en trabajos en curso o para minimizar los riesgos ya existentes, y ha de activarse con una sola maniobra de una persona.

Para ello se necesitan unidades de mando que estén equipadas con un pulsador tipo champiñón rojo y un fondo amarillo. La función de parada de emergencia puede utilizarse en general como medida de seguridad complementaria a las funciones de protección directas, como los interruptores de seguridad instalados en puertas de protección que neutralizan las situaciones de peligro sin necesidad de que la persona actúe.

Figura 18: Botón de paro de emergencia

Fuente: http://img.directindustry.es/images_di/photo-m2/119425-11535572.jpg

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS:

La implementación de una máquina trituradora de Tereftalato de Polietileno nos permitirá reducir el espacio de almacenamiento de las botellas plásticas de manera triturada para aumentar la capacidad de reciclaje y optimizar el precio de venta de dicho material.

10. METODOLOGÍA:

Estableciendo la metodología hipotético deductivo, utilizamos como método base el método científico este último es el método empírico de prueba error del estudio de un objeto las cuales se las somete a requerimientos establecidos y se las adecuada a las existentes con las cuales se aclara las propiedades del objeto en estudio lo cual es de suma importancia en la investigación planteada.

El método científico experimental utilizado para el diseño de la trituradora de cuchillas se basa en la teoría de bond la cual nos especifica que la potencia requerida para la trituración se basa en el rozamiento de manera compacta “El trabajo requerido para formar partículas de tamaño a partir de alimentaciones muy grandes es proporcional a la raíz cuadrada de la relación superficie - volumen del producto”.

Potencia del motor

Para el cálculo de la selección del motor debemos tomar en cuenta los diferentes aspectos que se consideran en la siguiente formula.

$$HP = \frac{I * V * 1,73 * FE * FP}{746 W} \quad [1]$$

Dónde:

Hp= Caballos de fuerza

I= Intensidad

V= Voltaje

FE= Factor de eficiencia

FP= Factor de potencia

Cálculo de relación de transmisión de las poleas

Para realizar el cálculo para determinar el número de rpm que se obtendrá mediante un sistema de transmisión con tren de poleas se tendrá en cuenta la siguiente ecuación:

$$N_1 d_1 = N_2 d_2 \quad [2]$$

Dónde:

N₁= Velocidad de la polea de entrada (velocidad del motor)

d₁= Diámetro de la polea de entrada

d₂= Diámetro de la polea de salida

Relación de transmisión por cadena

Para el cálculo de la relación de transmisión por cadena se debe aplicar la siguiente expresión:

$$N_1 * D_1 = N_2 * D_2 \quad [3]$$

Donde:

D_1 = número de dientes piñón conductor.

D_2 = número de dientes piñón conducido.

N_1 = velocidad de giro piñón conductor.

N_2 = velocidad de giro piñón conducido.

Cálculo de la fuerza ejercida en la cuchilla

Mediante la siguiente expresión se puede calcular la fuerza que ejercerá la cuchilla al momento de triturar el material PET.

$$Potencia = HP \text{ motor} * \frac{745.699872 W}{1HP} = \quad [4]$$

Donde:

HP= potencia del motor.

745.699872= 1 HP transformado en Watts.

Velocidad del eje

$$Velocidad \text{ del eje} = rpm \text{ poleas} \frac{rev}{min} * \frac{2\pi rad}{1 rev} * \frac{1 min}{60 seg} = \frac{rad}{seg} \quad [5]$$

La capacidad de trituración es el valor adquirido que requiere el beneficiario del proyecto, en este caso el valor es:

$$Capacidad \text{ de la trituradora} = 40 \frac{Kg}{h}$$

Torque de las cuchillas

$$Torque = \frac{Potencia}{velocidad \text{ angular}} = Nm \quad [6]$$

Diámetro del eje= 1 pulgada ¼ Radio del eje= 1,6 cm

Fuerza sobre la cuchilla

$$Fuerza \text{ sobre la cuchilla} = \frac{Torque}{radio} = N \quad [7]$$

Cálculo de la longitud de la banda

Formula:

$$L = 2C * \cos \theta + \frac{\pi * D + d}{2} + \pi * \theta \frac{(D - d)}{180^0} \quad [8]$$

Donde:

L= Longitud de la banda

C= Longitud de centro a centro

D= Diámetro mayor

d= Diámetro menor

$$\theta = \sin^{-1} \frac{D-d}{2C} \text{ grados}$$

Cálculo de la potencia efectiva.

La potencia efectiva del motor es el producto de la potencia nominal del motor por el factor de servicio.

$$Potencia \text{ efectiva} = Potencia \text{ Nominal} * Factor \text{ de servicio} \quad [9]$$

Factor de carga.

En un motor eléctrico la potencia nominal indica la potencia mecánica de salida que el motor puede entregar mediante su eje, es decir es la potencia que el motor va entregar cuando esté en funcionamiento.

$$Factor \text{ de carga} = \frac{Potencia \text{ real entregada}}{Potencia \text{ de la placa del motor}} \quad [10]$$

Cálculo y selección del conductor.

Para el cálculo y selección del conductor debemos tomar en cuenta la potencia que va a soportar y con la ayuda de tablas para conductores se elige el calibre apropiado.

$$HP * 746W = W \quad [11]$$

$$I = \frac{W}{V} = A \quad [12]$$

Torque sobre la cuchilla

Tomando en cuenta el diámetro de la cuchilla = 15cm, se obtendrá un radio de 7.5cm la fuerza que se ejerce sobre la cuchilla es de 142,53 N se puede determinar el torque sobre la cuchilla:

$$\text{Torque} = \text{fuerza} * \text{radio} \quad [13]$$

Cálculo del peso que ejercerá sobre el eje y las cuchillas

Para determinar el peso que actuara en el eje debemos tomar en cuenta la densidad del acero con el cual está construido el eje y las cuchillas.

Datos:

$$\text{densidad eje} = 7,87 \frac{g}{cm^3}$$

$$\text{Longitud} = 60cm$$

$$\Phi \text{ diametro del eje} = 3.2cm$$

$$\text{Radio} = 1,6cm$$

$$V = A * L$$

$$V = \pi R^2 * L \quad [14]$$

$$m = d * V \quad [15]$$

$$P(\text{eje}) = m * g \quad [16]$$

Consumo de la máquina.

Potencia de Consumo

$$P = \sqrt{3} * I * V * \cos \phi \quad [17]$$

Dónde:

P= Potencia (W)

I=Intensidad (A)

V=Voltaje (V)

Consumo energético de la máquina

$$\text{Consumo} = \frac{kW}{h} * \text{Precio de kW} \quad [18]$$

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Parámetros de diseño.

La máquina trituradora de tereftalato de polietileno para llegar a la eficiencia estipulada debe cumplir con los siguientes parámetros de diseño.

Parámetros de diseño mecánico.

Tamaño de las botellas

No todas las botellas presentan un mismo tamaño es por ello que la cámara de trituración fue construida a base a los siguientes datos en donde cual se muestran los tamaños más comunes de botellas que se encuentran dentro del mercado.

Tabla 6: Volumen de las botellas

VOLUMEN DE LA BOTELLA EN CM ³	LARGO EN (CM)
250	10
500	16
1350	22
3000	24
MEDIA	18

Elaborado por: Los autores

Velocidad de rotación de la trituradora de PET.

La velocidad angular recomendada para este tipo de trituradora de cuchillas se establecen un rango aceptable de 70-250 rpm para PET, por lo cual se otorga una velocidad angular la trituradora de PET de 80 rpm.

Material de los elementos.

Los ejes principales que son los que van a estar en constante rotación están contruidos con acero de transmisión de especificaciones AISI 1018 estirado en frio, se eligió este tipo de acero por sus propiedades mecánicas y aplicativas como se muestra en el anexo 9.

Propiedades mecánicas:

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

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

Para los elementos constructivos que conforman la cámara de trituración, se utilizara una lámina de acero naval ASTM 131 el cual es un acero que se localiza con facilidad en el mercado las características mecánicas son las óptimas para poder construir nuestra cámara de trituración donde se van alojar los elementos de corte ósea las cuchillas de trituración ver anexo 11.

Propiedades mecánicas

$$S_y = 220 \text{ MPa}$$

$$S_u = 450 \text{ MPa}$$

Geometría de las cuchillas.

La geometría de las cuchillas es de forma circular con destajes en forma de garras, existen diferentes variaciones en el número de garras que se las incorpora, este caso utilizamos la de cuatro garras para facilitar el agarre del material, enfocados en las propiedades del material PET para su trituración.

Implementación de las herramientas de corte – cuchillas.

Las cuchillas son una de las partes primordiales de la máquina, ya que este sistema es el responsable del tamaño final de las partículas trituradas, es por ello que el diseño de las cuchillas está ligado directamente con dos aspectos primordiales que son la velocidad del rotor y el producto que se va a triturar enfocados en el tamaño de las partículas que deseamos obtener.

Numero de cuchillas:

El número de cuchillas está relacionado directamente con las revoluciones por minuto, el tipo de material, y la cantidad a triturar con lo cual se determinó un total de 25 cuchillas colocadas en los dos ejes rotatorios propuestas de una chaveta donde se colocará las cuchillas de corte con sus respectivos separadores en el orden establecido por los números indicados que se encuentran marcados en las mimas.

Distribución de las cuchillas.

Los ejes rotativos estarán maquinados con una chaveta en donde se coloca todas las cuchillas que estarán maquinadas a su vez con una chavetera para la colocación y extracción de las mimas, las disposiciones de las cuchillas tendrán un solo ángulo que es de 90° en donde las cuchillas de cada eje rotatorio estarán alineadas linealmente una a continuación de otra, donde las garras quedarán de manera uniforme para garantizar el agarre del material.

Selección de los separadores de las cuchillas.

Los separadores de cuchillas de trituración son cilindros huecos, los cuales cumplen la función de mantener la separación adecuada de las cuchillas evitando el rozamiento o posible choque entre ellas al empezar el trabajo de trituración.

Los separadores deben ser de un material liviano que no represente un peso significativo en el eje rotativo, la distancia se deja a criterio del diseñador ya que de esto depende también el tamaño que se desea obtener de la trituración.

Relación de transmisión

A continuación, se da a conocer los valores de las poleas y las revoluciones del motor aplicando la ecuación 2 obtendremos lo siguiente:

$$N_1 = 1750 \text{ RPM}$$

$$d_1 = 2 \frac{1}{2} \text{ pulgadas} = 6,35 \text{ cm}$$

$$d_2 = 3 \text{ pulgadas} = 7,62 \text{ cm}$$

$$N_2 = \frac{N_1 d_1}{d_2} = \frac{1750 \text{ RPM} * (6,35 \text{ cm})}{7,62 \text{ cm}} = 1745 \text{ rpm}$$

Relación de transmisión con la cadena

Para conocer el las RPM que se trasmite desde la caja reductora hacia los ejes debemos aplicar la ecuación 3.

Datos:

$$D_1 = 15 \text{ dientes}$$

$$D_2 = 20 \text{ dientes}$$

$$N_1 = 65 \text{ rpm}$$

$$N_2 = ?$$

$$N_1 * D_1 = N_2 * D_2$$

$$N_2 = \frac{D_1 * N_1}{D_2}$$

$$N_2 = \frac{15 * 65}{20}$$

$$N_2 = 50 \text{ rpm}$$

Cálculo de la fuerza ejercida en la cuchilla

Aplicando la ecuación 4 se calcula la fuerza ejercida sobre la cuchilla.

$$\text{Potencia} = 3 \text{ HP} * \frac{745.699872 \text{ W}}{1 \text{ HP}} = 2237.09 \text{ W}$$

Donde:

3HP= potencia del motor.

745.699872= 1 HP transformado en Watts.

Obtención de la velocidad del eje:

La velocidad del eje viene dada por la ecuación numero 5:

Rpm calculado de las poleas es de 88 rpm y procedemos a remplazar en la ecuación 4:

$$\text{Velocidad del eje} = 50 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 5,24 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

Torque de las cuchillas

Con la ayuda de la ecuación numero 6 procedemos al cálculo del torque ejercida en las cuchillas:

$$\text{Torque} = \frac{\text{Potencia}}{\text{velocidad angular}} = \frac{2237.09 \text{ W}}{5,24 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}} = 426,92 \text{ Nm}$$

Fuerza sobre la cuchilla

Tomando en cuenta el valor calculado del torque de las cuchillas en la ecuación 6, se calcula la fuerza con la ecuación 7:

Diámetro del eje= 1 pulgada ¼

Radio del eje= 1,6cm

$$\text{Fuerza sobre la cuchilla} = \frac{\text{Torque}}{\text{radio}} = \frac{426,92 \text{ Nm}}{0,16 \text{ m}} = 2268,25 \text{ N}$$

Cálculo de la longitud de la banda

Aplicando la ecuación 8 se obtiene lo siguiente:

Formula:

$$L = 2 C * \cos \theta + \frac{\pi * D + d}{2} + \pi * \theta \frac{(D-d)}{180^\circ}$$

Donde:

L= Longitud de la banda

C= Longitud de centro a centro

D= Diámetro mayor

d= Diámetro menor

$\theta = \sin^{-1} \frac{D-d}{2C}$ en grados

estableciendo los parámetros de una longitud entre centros de 23cm cm reemplazando en el correspondiente primer cálculo de la longitud de la banda.

$$\theta = \sin^{-1} \frac{D-d}{2C} = \sin^{-1} \frac{7,62 \text{ cm} - 6,35 \text{ cm}}{2(23 \text{ cm})} = 1,58^\circ$$

$$L = 2C + \cos \theta + \frac{\pi * D + d}{2} + \pi * \theta \frac{(D-d)}{180^\circ}$$

$$L = 2(23 \text{ cm}) * \cos 1,58^\circ + \frac{\pi * (7,62 + 6,35)}{2} + \pi * 1,58 \frac{(7,62 \text{ cm} - 6,35 \text{ cm})}{180^\circ}$$

$$L = 68 \text{ cm}$$

Potencia del motor

Aplicando la ecuación 1 procedemos a calcular la potencia del motor:

$$HP = \frac{6.4A * 220V * 1,73 * 0,80 * 0,80}{746 w}$$

$$HP = 2,4$$

Para la ejecución de la maquina se tomará un motor de 3HP el cual estará dimensionado a plena carga.

Cálculo de la potencia efectiva.

La potencia efectiva se procede a calcular con la ecuación 9:

$$Potencia\ efectiva = Potencia\ Nominal * Factor\ de\ servicio$$

$$Potencia\ efectiva = 3HP * (1.15)$$

Remplazando los datos otorgados tenemos

$$Potencia\ efectiva = 3.45HP$$

Factor de carga.

El factor de carga se obtendrá aplicando la ecuación 10:

$$Factor\ de\ carga = \frac{Potencia\ real\ entregada}{Potencia\ de\ la\ placa\ del\ motor}$$

Para un motor de 3HP tiene un factor de carga equivalente representado en porcentaje de 89.5%, por consiguiente, despejamos la potencia real entregada, que nos quedaría;

$$Potencia\ real = Factor\ de\ carga * Potencia\ de\ la\ placa\ del\ motor$$

$$Potencia\ real\ entregada = \frac{89.5\%}{100\%} * 3HP$$

$$Potencia\ real\ entregada = 2,68\ hp$$

Cálculo y selección del conductor.

En este caso se tiene un motor de 3HP a 220V debemos convertir los HP a Watts con la aplicación de la ecuación 11:

$$1HP = 746W$$

$$3HP * 746W = 2238W$$

Con el dato ya calculado procedemos al cálculo de la intensidad con la ecuación 12:

$$I = \frac{W}{V} = \frac{2238W}{220V} 10.17A.$$

Se tiene un valor de 10A con la ayuda de la tabla de conductores se elige el calibre recomendado para esta corriente, en esta ocasión se tiene un calibre AWG 12.

Torque sobre la cuchilla

Con los datos previamente mencionados en la ecuación 13 calculamos el torque:

$$\text{Torque} = \text{fuerza} * \text{radio}$$

$$T = 142,53N * 0.15m$$

$$T = 21.38Nm$$

Cálculo del peso que ejercerá sobre el eje y las cuchillas

El peso y fuerza que se ejercerá sobre el eje y en la cuchilla se deberá aplicar la ecuación 14,15,16 y se obtendrá los siguientes valores:

Datos:

$$\text{densidad eje} = 7,87 \frac{g}{cm^3}$$

$$\text{Longitud} = 60cm$$

$$\Phi \text{ diametro del eje} = 3.2cm$$

$$\text{Radio} = 1,6cm$$

$$V = A * L$$

$$V = \pi R^2 * L$$

$$V = \pi(1,6cm)^2 * 60cm$$

$$V = 482,55cm^3$$

$$m = d * V$$

$$m = 7.87 \frac{g}{cm^3} * 482,55cm^3 * \frac{1Kg}{1000g}$$

$$m = 3,80Kg$$

$$P(\text{eje}) = m * g$$

$$P = 3,80Kg * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$P = 37,24N$$

Para el cálculo del peso de las cuchillas debemos tener en cuenta:

$$\text{densidad eje} = 7,85 \frac{g}{cm^3}$$

$$\text{Espesor} = 1,27cm$$

$$\Phi \text{ diametro del eje} = 15cm$$

$$\text{Radio} = 7,5cm$$

$$V = A * L$$

$$V = \pi R^2 * L$$

$$V = \pi(7,5cm)^2 * 1,27cm$$

$$V = 224,43cm^3$$

Ya que la cuchilla tiene una perforación para que pueda quedar fija con la cuchilla se debe calcular el volumen que tendrá el agujero.

$$V = A * L$$

$$V = \pi R^2 * L$$

$$V = \pi(1,6cm)^2 * 1,27cm$$

$$V = 10,21cm^3$$

El cálculo del volumen total de la cuchilla será:

$$V = 224,43cm^3 - 10,21cm^3$$

$$V = 214,22cm^3$$

Para el cálculo del peso de la cuchilla aplicamos la siguiente ecuación:

$$m = d * V$$

$$m = 7,85 \frac{g}{cm^3} * 214,22cm^3 * \frac{1Kg}{1000g}$$

$$m = 1,68Kg$$

$$P(eje) = m * g$$

$$P = 31,68Kg * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$P = 16,48N$$

Características de operación de la trituradora

La capacidad de trituración de la maquina es de 40kg por hora, la maquina tendrá un tiempo estimado de funcionamiento de 8 horas al día con un trabajo relativo.

Factor de seguridad

Según (Robert & Mott, 2007)manifiesta que:

“El factor de seguridad empleado en estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente es 2.5 a 4”, en el diseño se trabajará con un factor de seguridad mínimo de 3.

Alimentación.

La alimentación de material PET se lo realiza de forma manual en la tolva que conduce al material directamente a la acamara de trituración.

Diseño del sistema eléctrico.

En el sistema eléctrico que se implementará estará constituido de un mando manual a través de botoneras on/of y de un paro de emergencia en función de la seguridad del usuario de la máquina trituradora para la elección de todas las protecciones térmicas que engloban al sistema eléctrico

se deberá tomar en cuenta los datos de la placa del motor que se va a utilizar los datos de mayor relevancia son los siguientes:

- Tipo de corriente: Corriente alterna
- Frecuencia: 60 Hz
- Corriente nominal: 4A
- Fases: Trifásico
- Potencia nominal: 3Hp
- Voltaje de alimentación: 220 V

Selección del interruptor termo magnético.

El interruptor termo magnético funciona como un dispositivo de protección de sobre corrientes y cortocircuitos para la selección del termo magnético debe cumplir con ciertos parámetros y condiciones que se muestran a continuación

$$I_n \leq I_{T-M} \leq I_{max}$$

I_{T-M} : Corriente nominal del interruptor termo-magnético

I_n : Corriente nominal del motor

I_{max} : Máxima corriente admisible

$$I_{max} = 1.5 * I_n \quad I_{max} = 1.5 * 4A$$

$$I_{max} = 6 A$$

Con la disponibilidad del mercado y las especificaciones antes establecidas el interruptor termo-magnético se selecciona el de 8A como se muestra en el anexo 7.

Selección de contactor.

Para la selección de un contactor es primordial tomara en cuenta las características del motor y al trabajo que este va estar sometido, la alimentación de la fuente que en este caso puntual es a 220 V Trifásico de 3 Hp, es recordable utilizar un contactor de 40 A como se muestra en el anexo 6.

Consumo energético total de la máquina.

$$P = \sqrt{3} * I * V * \cos \phi$$

$$P = 1,73 * 6,4 * 220 * 0,80$$

$$P = 1948,67 W$$

$$P = \frac{1948,67}{1000} = 1,9486kW/h$$

El precio del kW/h en una red trifásica en Ecuador es de 0,0901 USD es por ello que el consumo es de:

$$\text{Consumo} = \frac{kW}{h} * \text{Precio de kW}$$

$$\text{Consumo} = 15,5394 \frac{kW}{\text{dia}} * 0,0901 \text{ USD}$$

$$\text{Consumo} = 1,4000 \text{ UDS por dia}$$

$$\text{Consumo diario} = 1,4000 \text{ USD Por dia} * 20 \text{ dias}$$

$$\text{Consumo mensual} = 28 \text{ USD}$$

Con las ocho horas diarias trabajadas durante los 20 días laborables de todo el mes se tiene el consumo mensual de 310,788 kW/h que tendría un costo mensual en la planilla de servicio eléctrico de 28 USD a su vez se triturara la cantidad de 6400 kg de botellas plásticas al mes siendo el proyecto rentable en su totalidad.

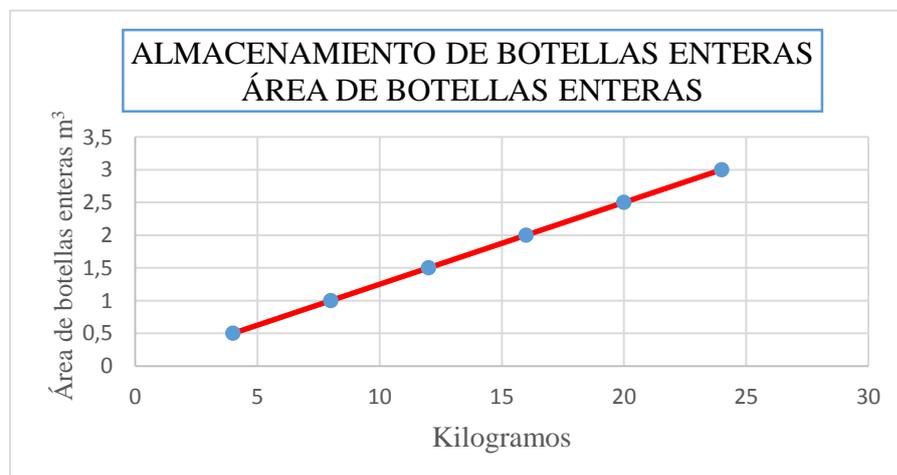
Comparación del área de almacenamiento

Tabla 7: Área de botellas enteras

ALMACENAMIENTO DE BOTELLAS ENTERAS	
KILOGRAMOS	ÁREA DE BOTELLAS ENTERAS m ³
4	0,5
8	1
12	1,5
16	2
20	2,5
24	3

Elaborado por: Los autores

Figura 19: Área de botellas enteras

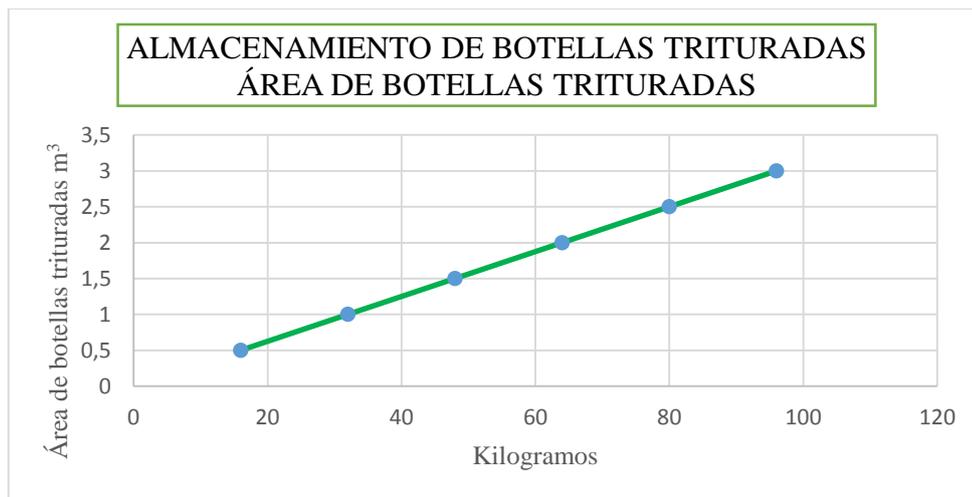


Elaborado por: Los autores

Tabla 8: Área de botellas trituradas

ALMACENAMIENTO DE BOTELLAS TRITURADAS	
KILOGRAMOS	ÁREA DE BOTELLAS TRITURADAS m ³
16	0,5
32	1
48	1,5
64	2
80	2,5
96	3

Elaborado por: Los autores

Figura 20: Área de las botellas trituradas.

Elaborado por: Los autores

Tomando en cuenta los datos adquiridos y representados en las gráficas, podemos evidenciar que el espacio que ocupan las botellas enteras tiene una gran reducción en su área al ser trituradas, generando un mayor espacio de almacenamiento.

Implementación de la máquina

Una vez seleccionados los materiales procedemos a la implementación de la parte mecánica como se muestra en los anexos 2, 3, 9, 10, 11 y 12 donde se encuentran señalados los elementos mecánicos.

De la misma manera procedemos con el sistema eléctrico como se muestra en los anexos 4, 5, 6, 7 y 8 los cuales están señalados.

12. IMPACTOS

Ambiental y Social

Con la ejecución del proyecto de investigación presente se otorga un beneficio significativo a la empresa ECOPACK puesto que, aplicando la reducción del tamaño de las botellas plásticas enteras, a un tamaño de partículas aproximado de 8mm.

Con esto se ayuda al acopiamiento de material de tereftalato de polietileno ya que, al tener un tamaño homogéneo, fácil de manipular y almacenar, optimizamos el espacio destinado para ello la implementación de la máquina trituradora de botellas plásticas en su esencia ayuda a incrementar el reciclaje de las mismas y por ello al ambiente puesto que por cada kilogramo de plástico que se fabrica, se librea 3,5 kilogramos de CO₂ a la atmósfera. Si es PET reciclado, entonces se reduce a 1,7 kilogramos de CO₂.

Económico

Incrementamos los ingresos económicos para las empresas que se dedican al reciclaje de botellas plásticas ya que aumentaría la cantidad en kg que se puede almacenar en las bodegas además implementando este sistema de trituración se logró la trituración de 40 kg/evidenciando una mejora en los ingresos económicos puesto que el precio de un kg de botellas enteras es de 0,65 centavos mientras que trituradas tiene un valor aproximada de \$ 1,25 dólares.

Técnico

La parte mecánica y eléctrica de la maquina nos dará la seguridad que es una maquina fácil de usar, para cualquier tipo de persona sin necesidad de capacitación, y con las seguridades otorgadas en la misma máquina nos permitirán garantizar la seguridad tanto de la máquina como del operario. En su totalidad se mejora el almacenamiento de material PET incrementando los kg que se pueden almacenar en un espacio determinado, y su rentabilidad ya que el material triturado tiene un valor mayor en el mercado del plástico.

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

Tabla 9: Elementos mecánicos

Elementos Mecánicos			
Cantidad.	Elemento	Costo. Unitario	Costo. Total
1 Media plancha	Plancha de acero de 1/8"	14,85	14,85
1 Media plancha	Plancha de acero de 1/4"	7,02	7,02
1 Media plancha	Plancha de acero 1/2"	7,25	7,25
1	Angulo 1/2 *1/4	10,2	11,424
1	Platina	5,24	5,24
2	Eje de 1" ¼	9,45	18,9
4	Eje de 5/8 "	6,62	26,48
2	Rodamientos de 2"	12	24
2	Chumaceras 1" 1/4 KDF 1.55 kg	19,8	39,6
1	Bandas de transmisión tipo A	5,54	5,54
1	Polea de aluminio 12"	15,32	15,32
1	Polea de aluminio 2"	6,85	6,85
1	Polea de aluminio 10"	8,14	8,14
1	Polea de aluminio 3"	4,89	4,89
30	Electrodos	0,45	13,5
2	Disco de corte	3,45	6,9
1	Maquinado de las piezas	350	350
1	Disco de pulimiento	2,98	2,98
1	Tubo redondo hueco 2"	2,23	2,23
1	Tubo redondo hueco 1"	1,65	1,65
2	Broca de 1"	0,89	1,78
4	Tuercas 5/8	0,12	0,48
28	Pernos con tuerca 1/2*1"	0,8	22,4
4	Pintura esmaltada	5,76	23,04
			Total
			620,464

Elaborado por: Los autores

Tabla 10: Elementos eléctricos

Elementos Eléctricos			
Cantidad.	Elemento	Costo. Unitario	Costo. Total
1	Gabinete metálico liviano 300*200*150	18,5	18,5
1	Relé térmico	8,78	8,78
1	Motor trifásico 3 HP	285	285
1	Contactador	75	75
1	Breaker LS riel Dim 3 polos 32 A	17,95	17,95
1	Pulsador de 22mm metálico on/off C.luz	5,8	5,8
30	Terminal tipo u azul	0,05	1,5
5	Cable flexible #18	0,35	1,75
2	Cable concéntrico sjt 600v 4*10 AWG	2,5	5
1	Pulsador hongo paro de emergencia	6,84	6,84
			Total
			426,12

Elaborado por: Los autores

Tabla 11: Gastos indirectos

Gastos Indirectos			
Cantidad.	Elemento	Costo. Unitario	Costo. Total
400	Impresiones color	0,14	56
200	Impresiones blanco-negro	0,05	10
	Internet	30	30
350	Copias	0,03	10,5
3	Esferos	0,35	1,05
25	Alimentación	2,5	62,5
1	Flash memory	15	15
15	Transporte	2	30
1	Hojas de papel (Resma)	3,25	3,25
1	Empastado	17	17
5	Anillados	0,75	3,75
3	Carpetas	0,35	1,05
			Total
			240,1

Elaborado por: Los autores

Tabla 12: Imprevistos

Imprevisto 10%	24,01
-----------------------	-------

Elaborado por: Los autores

Tabla 13: Mano de obra

Mano de Obra	262,14
---------------------	--------

Elaborado por: Los autores

Tabla 14: Costo total

Presupuesto Total de la maquina	
Elementos Mecánicos	620,46
Elementos Eléctricos	426,12
Gastos Indirectos	240,1
Mano de Obra	262,14
Imprevistos 10%	24,01
	Total
	1572,83

Elaborado por: Los autores

14. CONCLUSIONES

Se cumplió con los parámetros de diseño establecidos al principio de nuestro proyecto garantizando la funcionabilidad de la máquina.

Para el funcionamiento de la máquina trituradora se dimensionó los elementos mecánicos y eléctricos adecuados para el requerimiento de la misma.

Se elaboró los planos constructivos de la máquina que nos permitirán tener una guía de los elementos principales de la máquina.

Con la implementación de la máquina trituradora de botellas plásticas se logró fragmentar las mismas incrementando la cantidad de almacenamiento que poseen las recicladoras.

Se ejecutó las pruebas necesarias de funcionamiento y calidad de la parte eléctrica y mecánica de la maquina arrojando un resultado satisfactorio corroborando que los dimensionamientos de las partes involucradas se encuentran dentro de lo establecido conforme el requerimiento.

La ejecución de la máquina trituradora de botellas plásticas, arrojó como resultado la trituración de 30kg hora con diámetros homogéneos de 8mm, siendo esta capacidad establecida a principio de nuestro proyecto.

RECOMENDACIONES

Para tener una vida útil prolongada de las cuchillas se recomienda realizar un proceso de soldadura de impacto con electrodo b83 en la punta de las cuchillas.

Las cuchillas están hechas de acero para trabajo en frío, las mismas que tienden a tener un desgaste más rápido, se recomienda realizar un tratamiento de nitruración logrando una mayor tenacidad y una mayor vida útil.

Para la trituración de material ajeno a las botellas plásticas se recomienda realizar un estudio previo de la densidad del material que se va a triturar.

Se debe tomar en cuenta que el mantenimiento de la maquina debe ser periódico, ya que está ligado directamente al tiempo de uso, se procura revisar el estado de las cuchillas y en posible caso que estén en mal estado se las afilará o se las cambiará por completo.

15. BIBLIOGRAFÍA

Chausin. (2008). manual de plásticos. Barcelona España: Editorial Hispano.

Intermec. (2014). Transmision de Potencia. Intermec Productos Mecánicos para Transmisión de Potencia, 2,3,4.

Landin, P. (2011). Temática 4 Máquinas y Mecanismos 4ª. México.

Lonkengard, E., & Richardson, L. (2007). Industria del Plástico. Australia: 2da edición Paraninfo.

materias.fi.uba.ar. (31 de 08 de 2013). Material Alumnos. Obtenido de http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/05_Apunte%20Trituracion.pdf

Mccabe, W. (2007). Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Mexico: ,6 ed. Mc Graw.

Mott, R. (2007). Diseño de Elementos de Máquinas. México: Pearson S.A.

- Nieto, C., & Lopeza, R. (2014). Mantenimiento de reductores de velocidad. *Metalmecánica*, 6-11.
- O'Brien, N. R. (2009). *Design data for plastic engineers*. Munich: Editorial Hanser Publishers 2da Edición .
- Paredes, T. R. (2007). *ADECUACIÓN DE UNA CORTADORA DE PLÁSTICO RÍGIDO E INYECTORA DE PLÁSTICO PARA MOLER Y EXTRUIR TERMOPLÁSTICO. CAPACIDAD 2 Kg / día*. Sangolqui.
- Pilatasig Lasluisa, D. A., & Pozo Correa, F. R. (2014). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA MOLER PET*. Latacunga.
- Robert, L., & Mott, P. (2007). *Diseño de Elementos de Máquina*. Mexico: Pearson.
- Vilches, E. (2010). *Contactores*. *El Contactor* , 1,2.
- Villa. (Abril de 2008). *iesvillalbahervastecnologia*. Obtenido de <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2008/04/mecanismos-transmission.pdf>
- WEG. (s.f.). *ecatalog.weg.net*. Obtenido de <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-de-especificacion-50039910-manual-espanol.pdf>

16. ANEXOS

Anexo 1

Fotografías

Figura 1: Ejes rotativos



Elaborado por: Los autores

Figura 2: Cuchilla



Elaborado por: Los autores Los autores

Figura 3: Estructura



Elaborado por: Los autores

Figura 4: Camara de trituracion



Elaborado por: Los autores

Figura 5: Tolva superior



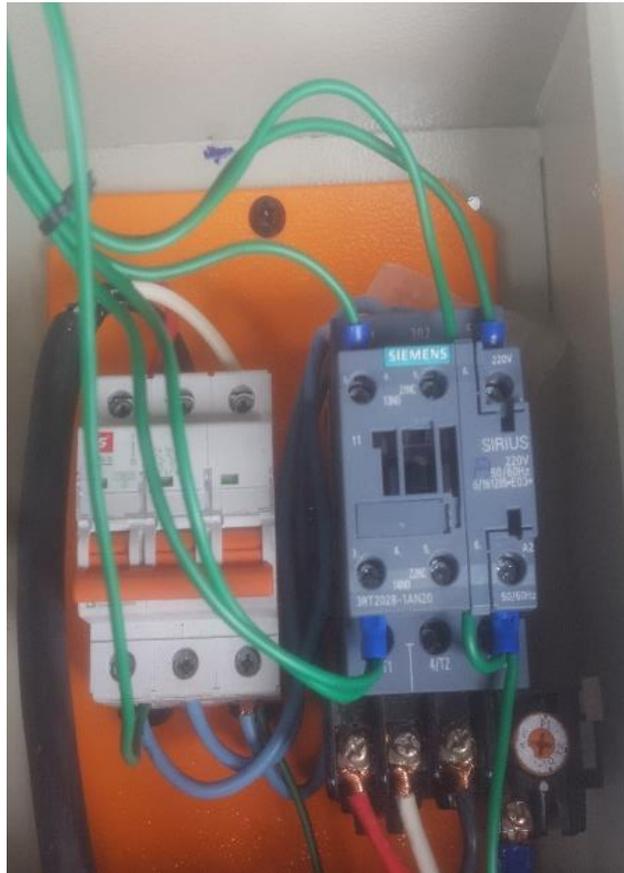
Elaborado por: Los autores

Figura 6: Tolva inferior



Elaborado por: Los autores

Figura 7: Elementos eléctricos



Elaborado por: Los autores

Figura 8: Caja de control



Elaborado por: Los autores

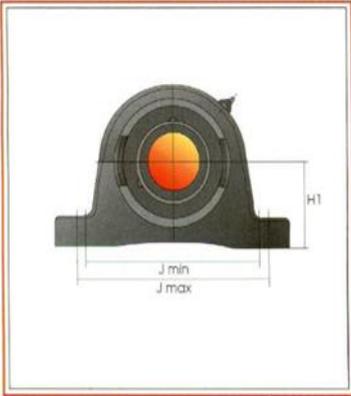
Anexo 2

Figura 9: Selección de chumacera



Soporte de piso con Rodamiento Y





SERVICIO NORMAL

DIAMETRO DEL EJE	DESIGNACION **	H1 mm	J min mm	J max mm	RODAMIENTO ***
1/2"	SY 1/2 TM	30.2	88.0	106.0	YAR 203-008
5/8"	SY 5/8 TM				YAR 203-010
3/4"	SY 3/4 TM	33.3	88.0	106.0	YAR 204-012
7/8"	SY 7/8 TM				YAR 205-014
15/16"	SY 15/16 TM	36.5	94.0	110.0	YAR 205-015
1"	SY 1 TM				YAR 205-100
1.1/16"	SY 1.1/16 TM*	42.9	108.0	127.0	YAR 206-101*
1.1/8"	SY 1.1/8 TM				YAR 206-102
1.3/16"	SY 1.3/16 TM				YAR 206-103
1.1/4"	SY 1.1/4 ATM*				YAR 206-104 *
1.1/4"	SY 1.1/4 TM	47.6	119.0	133.0	YAR 207-104
1.5/16"	SY 1.5/16 TM*				YAR 207-105*
1.3/8"	SY 1.3/8 TM				YAR 207-106
1.7/16"	SY 1.7/16 TM				YAR 207-107
1.1/2"	SY 1.1/2 TM	49.2	125.0	146.0	YAR 208-108
1.9/16"	SY 1.9/16 TM				YAR 208-109
1.5/8"	SY 1.5/8 TM	54.0	134.9	152.4	YAR 209-110
1.11/16"	SY 1.11/16 TM				YAR 209-111
1.3/4"	SY 1.3/4 TM				YAR 209-112
1.15/16"	SY 1.15/16 TM	57.2	149.0	165.0	YAR 210-115
2"	SY 2 TM	63.5	162.0	181.0	YAR 211-200
2.3/16"	SY 2.3/16 TM				YAR 211-203
2.1/4"	SY 2.1/4 TM	69.9	179.4	201.6	YAR 212-204
2.7/16"	SY 2.7/16 TM				YAR 212-207
2.1/2"	SY 2.1/2 TM	76.2	190.0	216.0	YAR 213-208
2.11/16"	SY 2.11/16 TM				YAR 213-211
2.3/4"	SY 2.3/4 TM	82.6	203.2	228.6	YAR 215-212
2.15/16"	SY 2.15/16 TM				YAR 215-215
3.7/16"	SY 3.7/16 TM*	95.2	238.1	269.9	YAR 217-307 *
3.15/16"	SY 3.15/16 TM*	112.7	279.4	323.8	YAR 220-315*
4"	SY 4 TM*				YAR 220-400*

SERVICIO SEMIPESADO

1.7/16"	SYM 1.7/16 TM	54.0	134.9	152.4	YAR 208-107
1.1/2"	SYM 1.1/2 TM	54.0	134.9	152.4	YAR 209-108
1.11/16"	SYM 1.11/16 TM	57.2	149.2	165.1	YAR 210-111
1.3/4"	SYM 1.3/4 TM				YAR 210-112
1.15/16"	SYM 1.15/16 TM	63.5	162.0	181.0	YAR 211-115
2.3/16"	SYM 2.3/16 TM	69.9	179.4	201.6	YAR 212-203
2.7/16"	SYM 2.7/16 TM	76.2	190.0	216.0	YAR 214-207
2.1/2"	SYM 2.1/2 TM				YAR 214-208
2.11/16"	SYM 2.11/16 TM	88.9	215.9	241.3	YAR 215-211
2.15/16"	SYM 2.15/16 TM	88.9	215.9	241.3	YAR 216-215
3"	SYM 3 TM				YAR 216-300
3.7/16"	SYM 3.7/16 TM*	101.6	261.9	295.3	YAR 218-307*
3.1/2"	SYM 3.1/2 TM*				YAR 218-308*

* Consultar para disponibilidad
 ** Esta serie será reemplazada por la versión TF.
 Ejem: SY 1/2 TM cambiará a SY 1/2 TF
 *** Esta serie será reemplazada por la versión -2F.
 Ejem: YAR 203-008 cambiará a YAR 203-008-2F

Anexo 3

Figura 10: Selección de correa

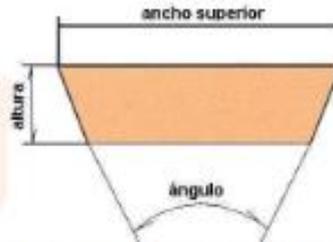


impomundo

Importaciones y Exportaciones Mundo Industrial Ltda.

Jason Industrial Inc.

FLEXDRIVE



 CORREAS FLEXIDRIVE TRUMATCH CORREA EN V TIPO "A" ANCHOSUPERIOR 1/2" ALTURA 11/32" ANGULO x 40°							
# De Correa	PRECIO SIN I.V.A	# De Correa	PRECIO SIN I.V.A	# De Correa	PRECIO SIN I.V.A	# De Correa	PRECIO SIN I.V.A
A 20	1900	A 51	3,162	A 82	5,084.00	A 113	7,006.00
A 21	1900	A 52	3,224	A 83	5,146.00	A 114	7,068.00
A 22	1900	A 53	3,286	A 84	5,208.00	A 115	7,130.00
A 23	1900	A 54	3,348	A 85	5,270.00	A 116	7,192.00
A 24	1900	A 55	3,410	A 86	5,332.00	A 117	7,254.00
A 25	1900	A 56	3,472	A 87	5,394.00	A 118	7,316.00
A 26	1900	A 57	3,534	A 88	5,456.00	A 119	7,378.00
A 27	1900	A 58	3,596	A 89	5,518.00	A 120	7,440.00
A 28	1900	A 59	3,658	A 90	5,580.00		
A 29	1900	A 60	3,720	A 91	5,642.00		
A 30	1900	A 61	3,782	A 92	5,704.00		
A 31	1,922	A 62	3,844	A 93	5,766.00		
A 32	1,984	A 63	3,906	A 94	5,828.00		
A 33	2,046	A 64	3,968	A 95	5,890.00		
A 34	2,108	A 65	4,030	A 96	5,952.00		
A 35	2,170	A 66	4,092	A 97	6,014.00		
A 36	2,232	A 67	4,154	A 98	6,076.00		
A 37	2,294	A 68	4,216	A 99	6,138.00		
A 38	2,356	A 69	4,278	A 100	6,200.00		
A 39	2,418	A 70	4,340	A 101	6,262.00		
A 40	2,480	A 71	4,402	A 102	6,324.00		
A 41	2,542	A 72	5,178.24	A 103	6,386.00		
A 42	2,604	A 73	5,250.16	A 104	6,448.00		
A 43	2,666	A 74	5,322.08	A 105	6,510.00		
A 44	2,728	A 75	5,394.00	A 106	6,572.00		
A 45	2,790	A 76	5,465.92	A 107	6,634.00		
A 46	2,852	A 77	5,537.84	A 108	6,696.00		
A 47	2,914	A 78	5,609.76	A 109	6,758.00		
A 48	2,976	A 79	5,681.68	A 110	6,820.00		
A 49	3,038	A 80	5,753.60	A 111	6,882.00		
A 50	3,100	A 81	5,825.52	A 112	6,944.00		

Fuente: Manual bandas 2010

Anexo 4

Figura 11: Selección del motor trifásico WEG



W22 - IE2 High Efficiency - 60 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I _{ll} /I _n	Par con rotor trabado T _l /T _n	Par máximo T _b /T _n	Momento de inercia J (kgm²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	220 V						Corriente nominal I _n (A)	
								Caliente	Frio			% de la potencia nominal			Factor de potencia				
												50	75	100	50	75	100		
N Polos																			
0,12	0,16	63	0,068	4,6	2,5	3,1	0,0004	37	81	6,2	48	1715	53,0	60,0	64,0	0,44	0,55	0,64	0,769
0,18	0,25	63	0,103	4,7	2,4	2,9	0,0006	30	66	7,2	48	1705	57,0	64,0	68,0	0,47	0,59	0,68	1,02
0,25	0,33	63	0,143	5,0	2,6	3	0,0007	25	55	8,2	48	1705	62,0	68,0	70,0	0,47	0,60	0,69	1,36
0,37	0,5	71	0,215	4,6	2,4	2,5	0,0007	35	77	8,0	47	1680	68,0	71,0	72,0	0,50	0,63	0,72	1,87
0,55	0,75	71	0,319	5,1	2,9	2,9	0,0008	31	68	11,5	47	1680	71,0	74,5	75,5	0,50	0,63	0,72	2,66
0,75	1	80	0,425	7,3	2,8	3	0,0029	16	35	13,5	48	1720	79,0	82,0	82,6	0,61	0,72	0,80	2,98
1,1	1,5	90S	0,612	7,5	2,2	3	0,0049	16	35	18,5	51	1750	81,0	83,5	84,0	0,57	0,70	0,78	4,40
1,5	2	90S	0,835	7,4	2,2	3	0,0049	11	24	18,5	51	1750	81,0	83,5	84,2	0,57	0,70	0,78	6,00
2,2	3	L90L	1,22	7,4	2,8	3,1	0,0077	11	24	25,0	51	1750	86,0	86,5	87,5	0,61	0,74	0,81	8,14
3	4	L90L	1,70	7,5	2,8	3	0,0088	10	22	25,0	51	1750	86,0	87,2	87,5	0,61	0,74	0,81	11,1
3,7	5	100L	2,08	8,0	3	3,6	0,0104	11	24	34,0	54	1735	85,0	87,0	88,0	0,59	0,72	0,80	13,8
4,5	6	112M	2,52	6,2	2,1	2,8	0,0155	19	42	42,0	56	1740	88,0	88,5	88,5	0,62	0,74	0,81	16,5
5,5	7,5	112M	3,08	6,3	2,1	2,7	0,0180	15	33	44,0	56	1740	88,4	89,1	90,0	0,59	0,72	0,79	20,4
7,5	10	132S	4,15	7,9	2	3,2	0,0489	12	26	68,0	58	1760	90,0	90,8	91,0	0,66	0,78	0,84	25,8
9,2	12,5	132M	5,09	8,0	2	3,1	0,0601	9	20	75,0	58	1760	90,0	90,8	91,0	0,67	0,79	0,84	31,6
11	15	132ML	6,09	8,2	2,1	3,2	0,0638	8	18	80,0	58	1760	90,5	91,2	91,7	0,67	0,79	0,85	37,0
15	20	160M	8,23	7,1	2,7	3	0,1188	11	24	120	64	1775	91,0	92,4	92,4	0,64	0,75	0,81	52,6
18,5	25	160L	10,2	7,6	2,7	3	0,1397	10	22	135	64	1770	92,0	92,8	92,8	0,64	0,75	0,81	64,6
22	30	180M	12,1	6,8	2,6	2,9	0,1657	19	42	168	64	1765	92,5	92,8	93,0	0,70	0,79	0,84	74,0
30	40	200M	16,5	6,2	2	2,3	0,2406	18	40	195	66	1770	92,7	93,2	93,4	0,72	0,81	0,85	99,2
37	50	200L	20,4	6,2	2,5	2,6	0,3074	14	31	227	66	1770	93,0	93,2	93,6	0,72	0,80	0,85	122
45	60	225S/M	24,7	7,2	2,4	2,6	0,4931	12	26	367	67	1775	93,5	93,7	94,1	0,76	0,83	0,86	146
55	75	225S/M	30,2	7,2	2,4	2,6	0,5670	12	26	386	67	1775	93,9	94,2	94,4	0,77	0,84	0,87	176
75	100	250S/M	41,2	7,2	2,4	2,8	0,8740	12	26	470	68	1775	94,0	94,5	94,6	0,71	0,81	0,85	244
90	125	280S/M	49,1	7,2	2,1	2,6	1,56	20	44	636	73	1785	94,0	94,8	94,9	0,73	0,82	0,85	292
110	150	280S/M	60,2	7,3	2,1	2,6	1,87	18	40	684	73	1780	94,3	94,8	95,2	0,75	0,83	0,86	352
132	180	315S/M	71,8	7,1	2,1	2,4	2,57	18	40	903	75	1790	94,0	95,0	95,3	0,74	0,82	0,85	428
150	200	315S/M	81,6	7,0	2,2	2,3	2,89	20	44	947	75	1790	94,5	95,5	95,5	0,75	0,83	0,86	480
185	250	315S/M	101	7,0	2,2	2,3	3,44	18	40	1018	75	1790	95,0	95,5	95,7	0,77	0,84	0,87	584
200	270	355ML	109	7,0	2,2	2,2	4,88	20	44	1291	78	1790	94,8	95,6	95,8	0,77	0,84	0,86	638
220	300	355ML	120	7,2	2,2	2,3	5,42	23	51	1350	78	1790	95,2	95,8	95,9	0,77	0,84	0,86	700
260	350	355ML	141	7,3	2	2,2	6,30	15	33	1431	78	1790	95,4	96,0	96,0	0,77	0,84	0,87	816
300	400	355ML	163	7,0	2,4	2,3	7,20	14	31	1527	78	1790	95,7	96,1	96,1	0,77	0,84	0,87	942
330	450	355ML	180	7,0	2,1	2,3	8,61	19	42	1662	78	1790	96,0	96,1	96,1	0,77	0,83	0,86	1050
370	500	355ML	201	7,0	2,6	2,6	10,2	12	26	1833	78	1790	96,0	96,1	96,1	0,75	0,82	0,85	1190
400	550	355ML	218	7,3	2,5	2,6	11,1	14	31	1916	78	1790	96,1	96,4	96,4	0,74	0,82	0,86	1270
440	600	355ML	239	7,1	2,2	2,5	11,6	16	35	1966	78	1790	96,2	96,4	96,5	0,74	0,82	0,86	1430
480	650	355AB ¹	261	7,4	2,5	2,7	12,7	22	48	1993	81	1790	96,0	96,5	96,6	0,71	0,81	0,85	1530
515	700	355AB ¹	280	7,4	2,6	2,7	13,4	26	57	2079	81	1790	96,2	96,5	96,6	0,71	0,81	0,85	1650
560	750	355AB ¹	305	7,6	2,7	2,7	14,6	22	48	2246	81	1790	96,3	96,6	96,7	0,70	0,80	0,85	1790
High-output design																			
2,2	3	100L	1,23	7,6	3,2	3,5	0,0082	19	42	30,0	54	1740	85,0	87,0	87,5	0,57	0,70	0,78	8,46
45	60	200L	24,8	6,3	2,1	2,5	0,3316	12	26	237	66	1770	93,0	93,6	93,6	0,67	0,78	0,83	152
75	100	225S/M	41,0	7,9	2,6	2,8	0,7101	8	18	424	67	1780	94,0	94,5	94,6	0,71	0,81	0,85	244
132	180	280S/M	72,0	7,2	2	2,4	2,18	15	33	729	73	1785	94,5	95,0	95,3	0,76	0,84	0,86	422
150	200	280S/M	81,8	7,7	2,3	2,6	2,49	15	33	776	73	1785	94,8	95,4	95,5	0,76	0,84	0,86	480
200	270	315S/M	109	7,0	2,3	2,4	3,76	20	44	1062	75	1790	94,8	95,4	95,7	0,74	0,82	0,85	646

Notas:

¹ Fijados con deflector de aire en la tapa delantera.

² Motores con elevación de temperatura $^{\circ}\text{F}^{\circ} \Delta T 105 \text{ K}$.

Fuente: manual motor WEG 2017

Anexo 5

Figura 12: Selección del paro de emergencia

 SIRIUS - Aparatos de maniobra, protección y control de motores Pulsadores hongo y Lámparas de señalización - Línea plástica		
N° Almacén	Descripción del producto	Código
Pulsadores hongo - Línea plástica		
100014932	Pulsador hongo Ø40mm, plástico, IP66, ROJO Emergencia, Pulsar-Girar, c/1NC	 3SB3203-1HA20
100014931	Pulsador hongo Ø40mm, plástico, IP66, ROJO, Pulsar-Tirar, c/1NC	 3SB3203-1CA21
100014948	Pulsador hongo Ø40mm, plástico, IP66, ROJO Emergencia, Pulsar-Girar c/Llave	 3SB3000-1BA20
100035245	Pulsador hongo Ø60mm, plástico, IP66, ROJO Emergencia, Pulsar-Girar	 3SB3000-1AA20
100014949	Pulsador hongo Ø40mm, plástico, IP66, NEGRO, Pulsar-Tirar	 3SB3000-1CA11
100014951	Pulsador hongo Ø40mm, plástico, IP66, NEGRO, sin retención	 3SB3000-1GA11
100014952	Pulsador hongo Ø40mm, plástico, IP66, ROJO, sin retención	 3SB3000-1GA21
100014953	Pulsador hongo Ø40mm, plástico, IP66, AMARILLO, sin retención	 3SB3000-1GA31
100014954	Pulsador hongo Ø40mm, plástico, IP66, VERDE, sin retención	 3SB3000-1GA41

Fuente: Manual siemens 2017

Anexo 6

Figura 13: Selección del contactor

 SIRIUS - Aparatos de maniobra, protección y control de motores Contactores SIRIUS innovations		
N° Almacén	Descripción del producto	Código
Contactor SIRIUS Innovations p / motor 9A / 400V 50Hz, 4kW Tamaño 50 (RESORTE)		
100277794	Contactor SIRIUS Innovations 9A / 400V 50Hz, 4kW, 50, bob.24VAC 50/60Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2023-2AB00
100277795	Contactor SIRIUS Innovations 9A / 400V 50Hz, 4kW, 50, bob.110VAC 50/60Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2023-2AF00
100277796	Contactor SIRIUS Innovations 9A / 400V 50Hz, 4kW, 50, bob.220VAC 50/60Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2023-2AP00
100277797	Contactor SIRIUS Innovations 9A / 400V 50Hz, 4kW, 50, bob.400VAC 50Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2023-2AV00
100277798	Contactor SIRIUS Innovations 9A / 400V 50Hz, 4kW, 50, bob.24VDC, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2023-2BB40
100277799	Contactor SIRIUS Innovations 9A / 400V 50Hz, 4kW, 50, bob.24VDC, 1NA+1NC (COMUNICABLE) (RESORTE)	3RT2023-2BB40-0CC0
Contactor SIRIUS Innovations p / motor 12A / 400V 50Hz, 5,5kW Tamaño 50 (RESORTE)		
100277800	Contactor SIRIUS Innovations 12A / 400V 50Hz, 5,5kW, 50, bob.24VAC 50/60Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2024-2AB00
100277801	Contactor SIRIUS Innovations 12A / 400V 50Hz, 5,5kW, 50, bob.110VAC 50/60Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2024-2AF00
100277802	Contactor SIRIUS Innovations 12A / 400V 50Hz, 5,5kW, 50, bob.220VAC 50/60Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2024-2AP00
100277803	Contactor SIRIUS Innovations 12A / 400V 50Hz, 5,5kW, 50, bob.400VAC 50Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2024-2AV00
100188861	Contactor SIRIUS Innovations 12A / 400V 50Hz, 5,5kW, 50, bob.24VDC, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2024-2BB40
100277804	Contactor SIRIUS Innovations 12A / 400V 50Hz, 5,5kW, 50, bob.110VDC, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2024-2BF40
100188859	Contactor SIRIUS Innovations 12A / 400V 50Hz, 5,5kW, 50, bob.24VDC, 1NA+1NC (COMUNICABLE) (RESORTE)	3RT2024-2BB40-0CC0
Contactor SIRIUS Innovations p / motor 16A / 400V 50Hz, 7,5kW Tamaño 50 (RESORTE)		
100232046	Contactor SIRIUS Innovations 16A / 400V 50Hz, 7,5kW, 50, bob.24VAC 50/60Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2025-2AB00
100277805	Contactor SIRIUS Innovations 16A / 400V 50Hz, 7,5kW, 50, bob.110VAC 50/60Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2025-2AF00
100277996	Contactor SIRIUS Innovations 16A / 400V 50Hz, 7,5kW, 50, bob.220VAC 50/60Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2025-2AP00
100277806	Contactor SIRIUS Innovations 16A / 400V 50Hz, 7,5kW, 50, bob.400VAC 50Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2025-2AV00
100269729	Contactor SIRIUS Innovations 16A / 400V 50Hz, 7,5kW, 50, bob.24VDC, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2025-2BB40
100277807	Contactor SIRIUS Innovations 16A / 400V 50Hz, 7,5kW, 50, bob.110VDC, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2025-2BF40
100277808	Contactor SIRIUS Innovations 16A / 400V 50Hz, 7,5kW, 50, bob.24VDC, 1NA+1NC (COMUNICABLE) (RESORTE)	3RT2025-2BB40-0CC0
Contactor SIRIUS Innovations p / motor 25A / 400V 50Hz, 11kW Tamaño 50 (RESORTE)		
100277809	Contactor SIRIUS Innovations 25A / 400V 50Hz, 11kW, 50, bob.24VAC 50/60Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2026-2AB00
100277810	Contactor SIRIUS Innovations 25A / 400V 50Hz, 11kW, 50, bob.110VAC 50/60Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2026-2AF00
100277811	Contactor SIRIUS Innovations 25A / 400V 50Hz, 11kW, 50, bob.220VAC 50/60Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2026-2AP00
100277812	Contactor SIRIUS Innovations 25A / 400V 50Hz, 11kW, 50, bob.400VAC 50Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2026-2AV00
100274211	Contactor SIRIUS Innovations 25A / 400V 50Hz, 11kW, 50, bob.24VDC, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2026-2BB40
100277813	Contactor SIRIUS Innovations 25A / 400V 50Hz, 11kW, 50, bob.110VDC, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2026-2BF40
100277814	Contactor SIRIUS Innovations 25A / 400V 50Hz, 11kW, 50, bob.24VDC, 1NA+1NC (COMUNICABLE) (RESORTE)	3RT2026-2BB40-0CC0
Contactor SIRIUS Innovations p / motor 32A / 400V 50Hz, 15kW Tamaño 50 (RESORTE)		
100277815	Contactor SIRIUS Innovations 32A / 400V 50Hz, 15kW, 50, bob.24VAC 50/60Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2027-2AB00
100277816	Contactor SIRIUS Innovations 32A / 400V 50Hz, 15kW, 50, bob.110VAC 50/60Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2027-2AF00
100277817	Contactor SIRIUS Innovations 32A / 400V 50Hz, 15kW, 50, bob.220VAC 50/60Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2027-2AP00
100277818	Contactor SIRIUS Innovations 32A / 400V 50Hz, 15kW, 50, bob.400VAC 50Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2027-2AV00
100274212	Contactor SIRIUS Innovations 32A / 400V 50Hz, 15kW, 50, bob.24VDC, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2027-2BB40
100277819	Contactor SIRIUS Innovations 32A / 400V 50Hz, 15kW, 50, bob.110VDC, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2027-2BF40
100277820	Contactor SIRIUS Innovations 32A / 400V 50Hz, 15kW, 50, bob.24VDC, 1NA+1NC (COMUNICABLE) (RESORTE)	3RT2027-2BB40-0CC0
Contactor SIRIUS Innovations p / motor 38A / 400V 50Hz, 18,5kW Tamaño 50 (RESORTE)		
100277821	Contactor SIRIUS Innovations 38A / 400V 50Hz, 18,5kW, 50, bob.24VAC 50/60Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2028-2AB00
100277822	Contactor SIRIUS Innovations 38A / 400V 50Hz, 18,5kW, 50, bob.110VAC 50/60Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2028-2AF00
100277823	Contactor SIRIUS Innovations 38A / 400V 50Hz, 18,5kW, 50, bob.220VAC 50/60Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2028-2AP00
100277824	Contactor SIRIUS Innovations 38A / 400V 50Hz, 18,5kW, 50, bob.400VAC 50Hz, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2028-2AV00
100208654	Contactor SIRIUS Innovations 38A / 400V 50Hz, 18,5kW, 50, bob.24VDC, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2028-2BB40
100277825	Contactor SIRIUS Innovations 38A / 400V 50Hz, 18,5kW, 50, bob.110VDC, 1NA+1NC (RESORTE)	3RT2028-2BF40
100277826	Contactor SIRIUS Innovations 38A / 400V 50Hz, 18,5kW, 50, bob.24VDC, 1NA+1NC (COMUNICABLE) (RESORTE)	3RT2028-2BB40-0CC0

Anexo 7

Figura 14: Selección del conductor

TABLA DE AMPACIDAD PARA CABLE DE COBRE Y ALUMINIO (AWG/ MCM)						
AMPACIDAD DE THW, THHN- THWN,XHHW A UNA TEMPERATURA DE 75 C.			NÚMERO MÁXIMO DE 3 ALAMBRES EN UNA TUBERÍA METÁLICA		CAÍDA DE VOLTAJE POR CADA 100 PIES DE CABLE DE COBRE A UN 80% P.F	
			DIÁMETRO DE LA TUBERÍA METÁLICA			
CALIBRE DEL CABLE (AWG/MCM)	COBRE	ALUMINIO	THW (PULGADAS)	THHN- THWN,XHHW (PULGADAS)	CIRCUITO MONOFÁSICO (VOLTS/AMP)	CIRCUITO TRIFÁSICO (VOLTS/AMP)
14 AWG	20 A	-	1/2	1/2	0.4762	0.4167
12 AWG	25 A	20 A	1/2	1/2	0.3125	0.2632
10 AWG	35 A	30 A	1/2	1/2	0.1961	0.1677
8 AWG	50 A	40 A	3/4	1/2	0.1250	0.1087
6 AWG	65 A	50 A	1	3/4	0.0833	0.0714
4 AWG	85 A	65 A	1	1	0.0538	0.0463
2 AWG	115 A	90 A	1 1/4	1	0.0370	0.0323
1/0 AWG	150 A	120 A	1 1/2	1 1/4	0.0269	0.0231
2/0 AWG	175 A	135 A	1 1/2	1 1/2	0.0222	0.0196
3/0 AWG	200 A	155 A	2	1 1/2	0.0190	0.0163
4/0 AWG	230 A	180 A	2	2	0.0161	0.0139
250 MCM	255 A	205 A	2 1/2	2	0.0147	0.0128
300 MCM	285 A	230 A	2 1/2	2	0.0131	0.0114
350 MCM	310 A	250 A	2 1/2	2 1/2	0.0121	0.0106
400 MCM	335 A	270 A	3	2 1/2	0.0115	0.0091
500 MCM	380 A	310 A	3	3	0.0101	0.0088
600 MCM	420 A	340 A	3	3	0.0094	0.0082
700 MCM	460 A	375 A	3 1/2	3	0.0089	0.0077
750 MCM	475 A	385 A	3 1/2	3 1/2	0.0086	0.0075
1000 MCM	545 A	445 A	4	3 1/2	0.0079	0.0069



Fuente: Manual conductor 2008

Anexo 8

Figura 15: Selección del interruptor termomagnético

LINEA DE PROTECCIÓN, CONTROL Y MANIOBRA				
BREAKERS TERMO MAGNÉTICOS TIPO ENCHUFABLE - CAPACIDAD INTERRUPTIVA 10KA				
REFERENCIA	POLOS	AMPERIOS	PRECIO	
BF51P ENCHUFABLE	1 POLO	30, 50	\$ 9.500	
	2 POLO	15, 20, 30	\$ 30.000	
		40, 50	\$ 32.000	
	3 POLO	15, 20, 30	\$ 60.000	
BREAKER BFN PLUG NEW DISIGN				
REFERENCIA	POLOS	AMPERIOS	PRECIO	
BREAKER ENCHUFABLE BFN 10KA 230V CAMARA APAGACHISPAS CONTACTOS EN ELECTROPLATA FLUJO DE AIRE INTERNO	1 POLO	15, 20, 30, 40, 50	\$ 10.000	
	2 POLOS	15, 20, 30	\$ 36.000	
		40, 50	\$ 40.000	
	3 POLOS	15, 20, 30	\$ 63.000	
		40, 50	\$ 67.000	
MINI BREAKER SOBREPONER TIPO FUJI				
REFERENCIA	POLOS	AMPERIOS	CAPACIDAD DE RUPTURA 110/200 VAC	PRECIO
BS32	2 POLOS	15, 20, 30 AMP.	1.5 KA	\$ 24.000
BREAKERS TIPO RIEL				
MINI BREAKER RIEL DIN / BKN 6 Ka 220V				
REFERENCIA	POLOS	AMPERIOS	CAPACIDAD DE RUPTURA	PRECIO
BKN	1 POLO	2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50 AMP.	6 KA / 240 VAC	\$ 14.800
		63	6 KA / 240 VAC	\$ 16.500
	1 POLO MAS NEUTRO	50	6 KA / 240 VAC	\$ 29.000
BKN	2 POLOS	2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50 AMP.	6 KA / 240 VAC	\$ 34.000
		63	6 KA / 240 VAC	\$ 38.000
BKN	3 POLOS	2, 4, 6, 10, 16, 20, 32, 40, 50 AMP.	6 KA / 240 VAC	\$ 50.000
		63	6 KA / 240 VAC	\$ 53.000

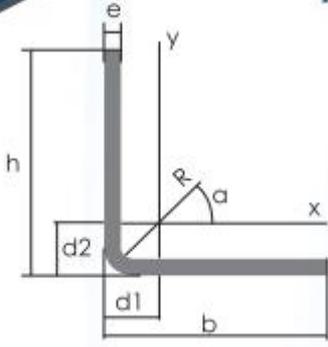
Fuente: Manual LS

Anexo 9

Figura16: Selección del ángulo



PERFILES ESTRUCTURALES ANGULOS "L" DOBLADO



Especificaciones Generales

Otras calidades Previa consulta
Largo normal 6,0m
Otros largos Previa consulta
Espesores Desde 1,5mm hasta 12,0mm
Acabado Natural
Otro acabado Previa consulta

PERFILES

Descripción	b	h	e	Masa	Área	d1	d2	Ángulo α	Ángulos de alas iguales											
									Eje X - X			Eje Y - Y			Eje U - U			Eje V - V		
									Ix	Wx	rx	Iy	Wy	ry	Iu	Wu	ru	Iv	Wv	rv
cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm									
L 20x 2	20	20	2	0,57	0,73	0,60	0,60	45,00	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,46	0,32	0,79	0,10	0,14	0,37
L 20 x 3	20	20	3	0,81	1,03	0,65	0,65	45,00	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,63	0,45	0,78	0,12	0,17	0,34
L 25x 2	25	25	2	0,73	0,93	0,72	0,72	45,00	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,92	0,52	1,00	0,20	0,23	0,47
L 25x 3	25	25	3	1,05	1,33	0,78	0,78	45,00	0,79	0,45	0,77	0,78	0,45	0,77	1,30	0,74	0,99	0,26	0,30	0,45
L 30 x 2	30	30	2	0,88	1,13	0,85	0,85	45,00	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	1,63	0,77	1,20	0,37	0,35	0,57
L 30x 3	30	30	3	1,28	1,63	0,90	0,90	45,00	1,40	0,67	0,93	1,40	0,67	0,93	2,32	1,09	1,19	0,49	0,46	0,55
L 30x 4	30	30	4	1,65	2,10	0,95	0,95	45,00	1,76	0,88	0,91	1,76	0,88	0,91	2,93	1,38	1,18	0,58	0,55	0,52
L 40x 2	40	40	2	1,20	1,33	1,10	1,10	45,00	2,44	0,84	1,28	2,44	0,84	1,28	3,98	1,40	1,61	0,92	0,65	0,78
L 40x 3	40	40	3	1,75	2,23	1,15	1,15	45,00	3,48	1,22	1,25	3,48	1,22	1,25	5,71	2,02	1,60	1,27	0,90	0,75
L 40 x 4	40	40	4	2,28	2,90	1,20	1,20	45,00	4,44	1,59	1,24	4,44	1,59	1,24	7,23	2,59	1,59	1,55	1,10	0,73
L 40x 5	40	40	5	2,77	3,54	1,25	1,25	45,00	5,29	1,92	1,22	5,29	1,92	1,22	8,80	3,11	1,58	1,77	1,25	0,71
L 50x 2	50	50	2	1,51	1,93	1,35	1,35	45,00	4,85	1,33	1,59	4,85	1,33	1,59	7,85	2,22	2,02	1,85	1,05	0,98
L 50x 3	50	50	3	2,22	2,83	1,40	1,40	45,00	7,01	1,95	1,57	7,01	1,95	1,57	11,42	3,23	2,01	2,61	1,47	0,96
L 50x 4	50	50	4	2,90	3,70	1,45	1,45	45,00	9,01	2,54	1,58	9,01	2,54	1,58	14,78	4,18	2,00	3,25	1,84	0,94
L 50x 5	50	50	5	3,56	4,54	1,50	1,50	45,00	10,84	3,10	1,55	10,84	3,10	1,55	17,89	5,06	1,99	3,79	2,14	0,91
L 60x 3	60	60	3	2,69	3,43	1,65	1,65	45,00	12,34	2,84	1,90	12,34	2,84	1,90	20,03	4,72	2,42	4,85	2,19	1,18
L 60x 4	60	60	4	3,53	4,50	1,70	1,70	45,00	15,96	3,71	1,70	15,96	3,71	1,70	26,04	6,14	2,40	5,88	2,77	1,14
L 60x 5	60	60	5	4,34	5,54	1,75	1,75	45,00	19,33	4,55	1,87	19,33	4,55	1,87	31,72	7,48	2,39	6,95	3,27	1,12
L 75x 3	75	75	3	3,40	4,33	2,02	2,02	45,00	24,55	4,48	2,38	24,55	4,48	2,38	39,72	7,49	3,03	9,38	3,53	1,47
L 75x 4	75	75	4	4,47	5,70	2,07	2,07	45,00	31,94	5,88	2,37	31,94	5,88	2,37	51,90	9,79	3,02	11,99	4,51	1,45
L 75x 5	75	75	5	5,52	7,04	2,12	2,12	45,00	38,96	7,24	2,35	38,96	7,24	2,35	63,56	11,99	3,01	14,35	5,40	1,43
L 75x 6	75	75	6	6,53	8,33	2,17	2,17	45,00	45,60	8,56	2,34	45,60	8,56	2,34	74,73	14,09	2,99	16,46	6,20	1,41
L 80x 4	80	80	4	4,79	6,10	2,20	2,20	45,00	39,00	6,72	2,53	39,00	6,72	2,53	63,30	11,19	3,22	14,70	5,19	1,55
L 80x 5	80	80	5	5,91	7,54	2,25	2,25	45,00	47,65	8,28	2,51	47,65	8,28	2,51	77,64	13,72	3,21	17,65	6,23	1,53
L 80x 6	80	80	6	7,00	8,93	2,30	2,30	45,00	55,86	9,79	2,50	55,86	9,79	2,50	91,39	16,16	3,20	20,32	7,17	1,51
L 80x 8	80	80	8	9,11	11,61	2,40	2,40	45,00	71,03	12,68	2,47	71,03	12,68	2,47	117,22	20,72	3,18	24,85	8,78	1,46
L 80x 10	80	80	10	11,09	14,14	2,50	2,50	45,00	94,59	15,39	2,45	94,59	15,39	2,45	140,84	24,90	3,16	28,34	10,04	1,42
L 100x 5	100	100	5	7,46	9,54	2,75	2,75	45,00	95,23	13,13	3,16	95,23	13,13	3,16	154,55	21,86	4,03	35,90	10,13	1,94

www.dipacmanta.com

Fuente: Manual DIPAC 2017

Anexo 10

Figura17: Eje de transmisión AISI 1018



EJES ACERO DE TRANSMISIÓN



Especificaciones Generales

Calidad: AISI 1018

Descripción: Es un acero de cementación no aleado principalmente utilizado para la elaboración de piezas pequeñas, exigidos al desgaste y donde la dureza del núcleo no es muy importante.

Aplicaciones: Levas, uniones, bujes, pines, pivotes, pernos grado 3.

Longitud: 6 m

Composición Química				
%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,04	0 - 0,05

Propiedades Mecánicas			
Resistencia Mecánica (N/mm ²)	Punto de Fluencia (N/mm ²)	Elongación %Min.	Dureza ROKWELL B
410 - 520	235	20	143

Dimensiones
Díámetro
3/8"
1/4"
5/8"
3/4"
7/8"
1"
1 1/4"
1 1/2"
1 3/4"
2"
2 1/4"
2 1/2"
2 3/4"
3"
4"
5"
6"



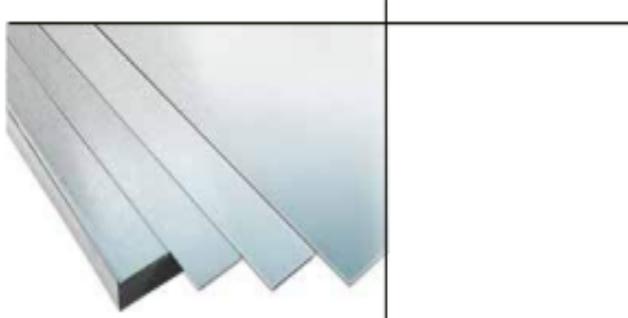
www.dipacmanta.com

Fuente: Manual DIPAC 2017

Anexo 11

Figura 18: Acero galvanizado

LÁMINAS ACERO GALVANIZADO



Espesor (mm.)	Ancho (mm.)	Longitud (mm.)
2.50 y 3.00	1220	2440
1.40 - 2.00	1000, 1220	2000, 2440
0.35 - 1.20	914, 1000, 1220	2000, 2440
0.30	914, 1000	2000

Nota: Para pedidos especiales se pueden producir otras longitudes. Longitud mínima de corte 1500mm.

Fuente: Manual DIPAC 2017

Anexo 12

Figura 19: Plancha naval ASTM A-131

ACERO PARA CONSTRUCCION NAVAL

Calidad del Acero Norma ASTM A 131 / A 131M-82

Tolerancias Dimensionales Norma ASTM A 6-94 y EN 10163 / 2-91

Normas Americanas ASTM Composición química

Designación ASTM	Grade	C (Máx)	Mn	P (max)	S (max)	Si	Cu	Ni	Cr	Mo	V
A 131 / A 131M - 94	A	0.23	-	0.035	0.040	-	-	-	-	-	-

Normas Americanas ASTM Propiedades Mecánicas

Designación ASTM	Grado	Espesor (mm)	Limite elástico (N/mm)	Resist. a la tracción (Rm)	Alargamiento (Min)		Resiliencia (Min)	
			Min MPA.	MPa.	8"	2"	C°	J
A 131 / A 131 M - 94	A	-	235	400 - 490	21	24	-	-

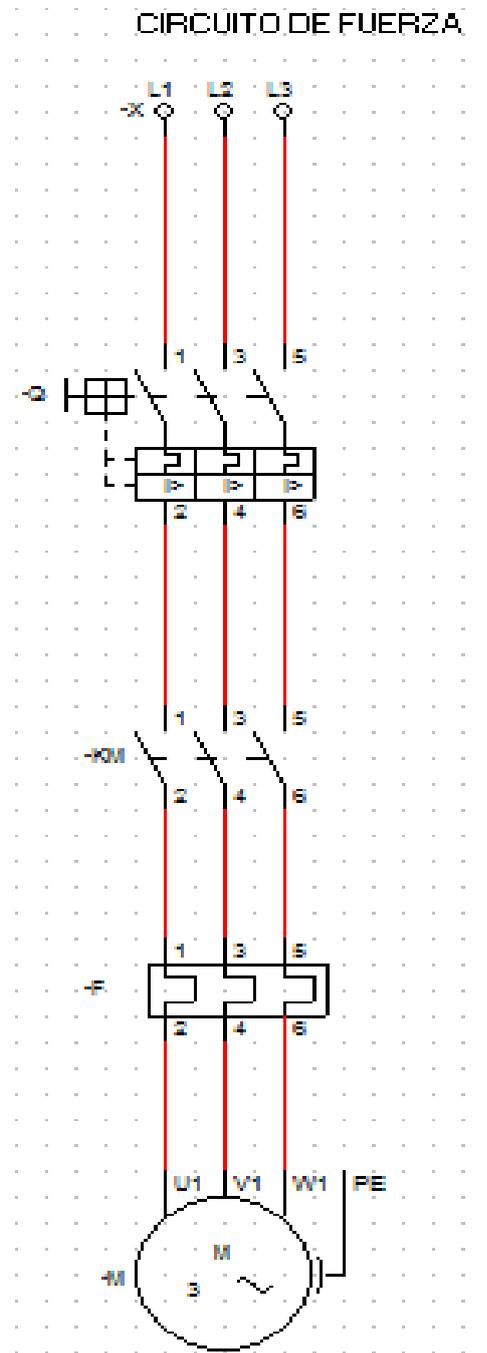
Peso teórico por lámina en Kg.

ANCHO Y LARGO	ESPESOR						
	6	8	10	13	16	19	22
2.400 X 12.000	1.382,40	1.843,20	2.304,00	2.995,20	3.686,40	4.377,60	5.760,00
2.400 X 6.000	691,20	921,60	1.152,00	1.497,60	1.843,23	2.188,80	2.880,00

Fuente: Manual de acero naval 2015

Anexo 13

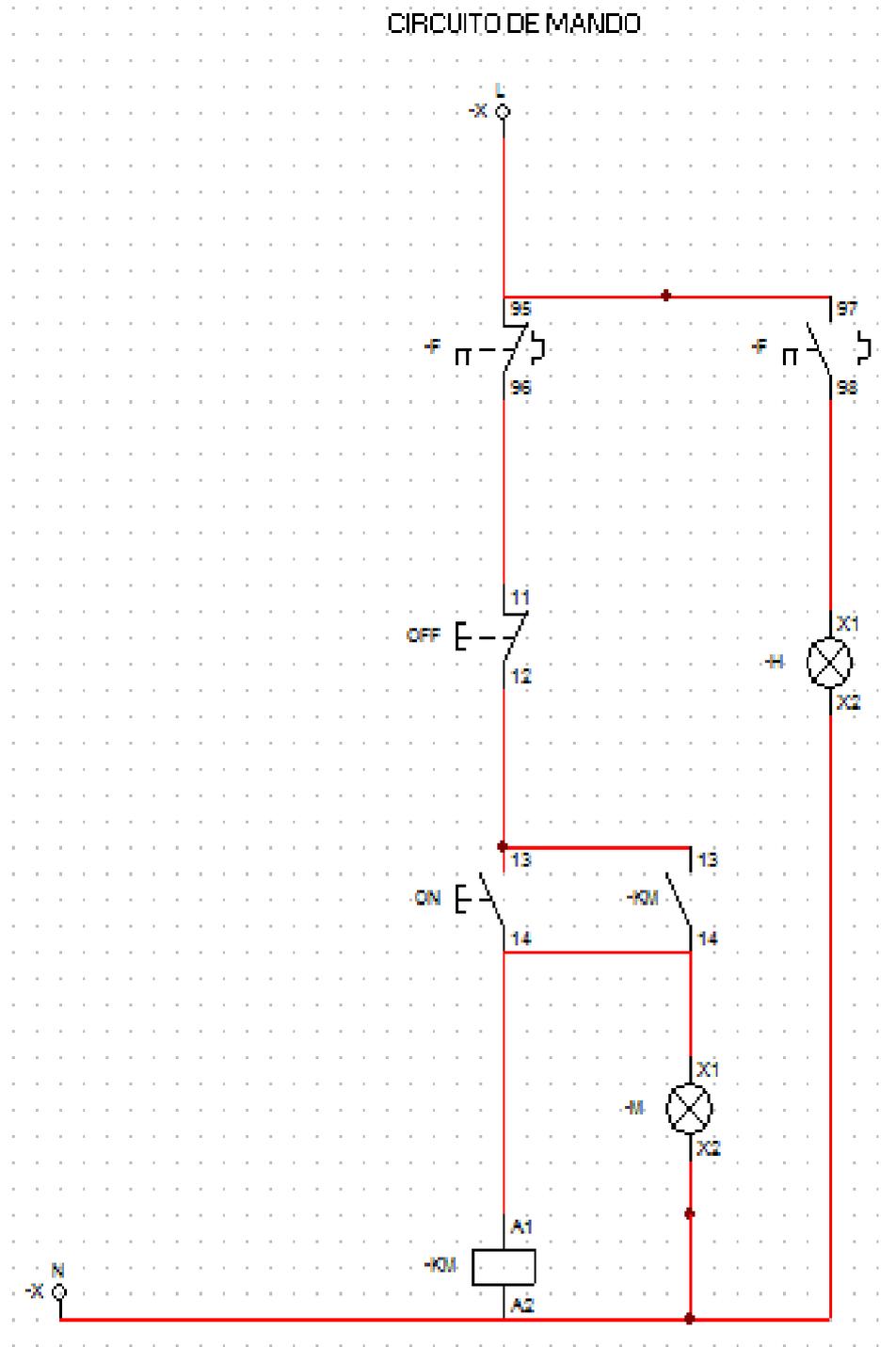
Figura 20: Circuito de fuerza



Elaborado por: Los autores

Anexo 14

Figura 21: Circuito de mando



Elaborado por: Los autores

Anexo 15

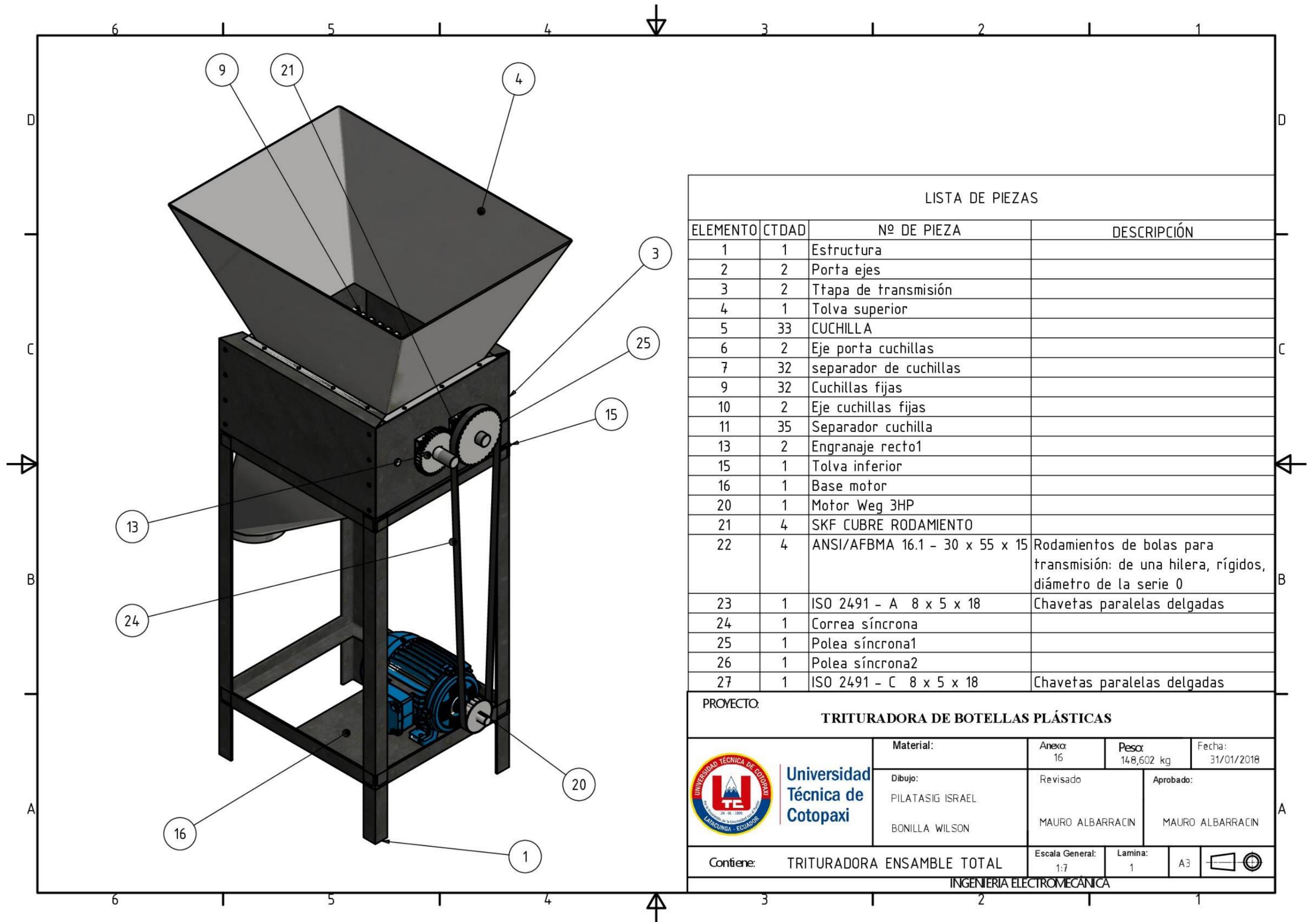
Datos de los coordinadores

Nombres: Wilson Stalin
Apellidos: Bonilla Acurio
Fecha de nacimiento: 1 de enero de 1994
Cedula de identidad: 0503853774-4
Lugar de nacimiento: Latacunga
Teléfono: 2725-750 – 0995763781
Correo electrónico: wilson.bonilla4@utc.edu.ec
Dirección: Pujilí – Barrio Sinchaguasin

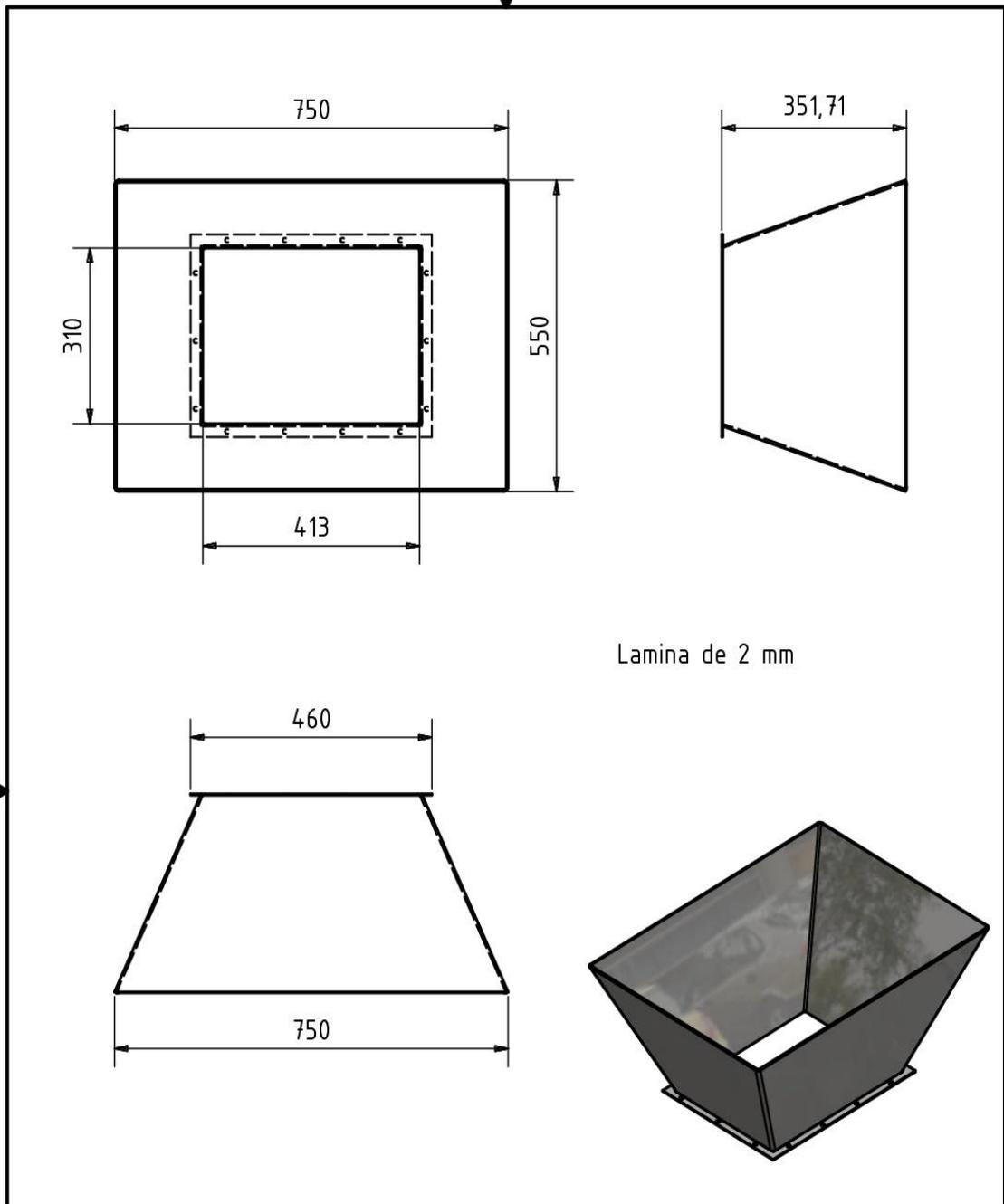


Nombres: Israel Steve
Apellidos: Pilatasig Capilla
Fecha de nacimiento: 20 de febrero de 1994
Cedula de identidad: 050314586-4
Lugar de nacimiento: Latacunga
Teléfono: 2385-943 – 0969002973
Correo electrónico: israel.pilatasig4@utc.edu.ec
Dirección: Latacunga-Barrio Cas





LISTA DE PIEZAS				
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	
1	1	Estructura		
2	2	Porta ejes		
3	2	Ttapa de transmisión		
4	1	Tolva superior		
5	33	CUCHILLA		
6	2	Eje porta cuchillas		
7	32	separador de cuchillas		
9	32	Cuchillas fijas		
10	2	Eje cuchillas fijas		
11	35	Separador cuchilla		
13	2	Engranaje recto1		
15	1	Tolva inferior		
16	1	Base motor		
20	1	Motor Weg 3HP		
21	4	SKF CUBRE RODAMIENTO		
22	4	ANSI/AFBMA 16.1 - 30 x 55 x 15	Rodamientos de bolas para transmisión: de una hilera, rígidos, diámetro de la serie 0	
23	1	ISO 2491 - A 8 x 5 x 18	Chavetas paralelas delgadas	
24	1	Correa síncrona		
25	1	Polea síncrona1		
26	1	Polea síncrona2		
27	1	ISO 2491 - C 8 x 5 x 18	Chavetas paralelas delgadas	
PROYECTO: TRITURADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS				
 Universidad Técnica de Cotopaxi	Material:	Anexo: 16	Peso: 148,602 kg	Fecha: 31/01/2018
	Dibujo: PILATASIG ISRAEL BONILLA WILSON	Revisado: MAURO ALBARRACIN	Aprobado: MAURO ALBARRACIN	
Contiene:	TRITURADORA ENSAMBLE TOTAL	Escala General: 1:7	Lamina: 1	A3 
INGENIERIA ELECTROMECANICA				



PROYECTO:

TRITURADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

Material:
Acero, galvanizado

Anexo:
17

Peso:
24,277 kg

Fecha:
31/01/2018

Dibujo:
PILATASIG ISRAEL
BONILLA WILSON

Revisado
MAURO ALBARRACIN

Aprobado:
MAURO ALBARRACIN

Contiene: Tolva superior

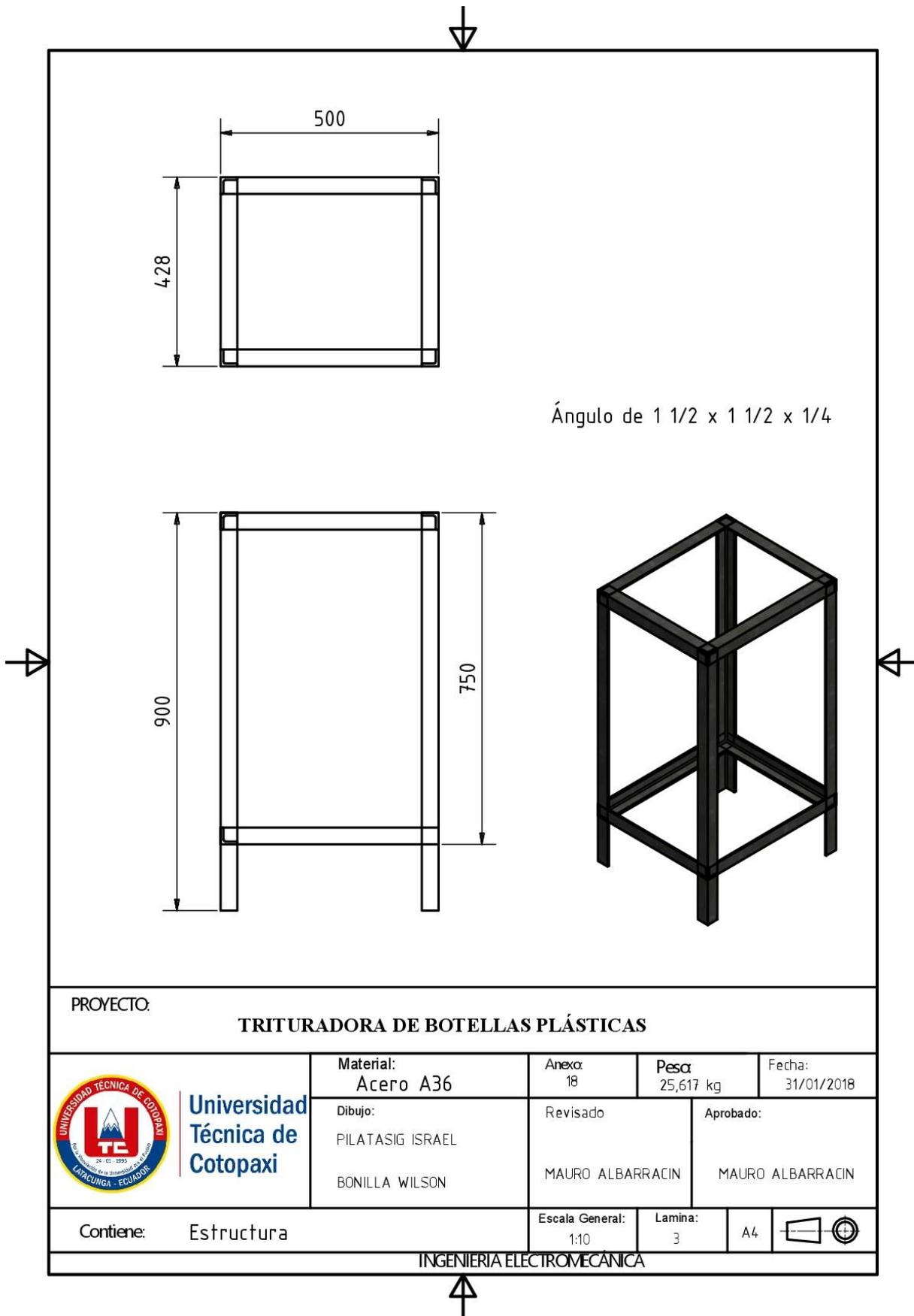
Escala General:
1:10

Lamina:
2

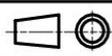
A4

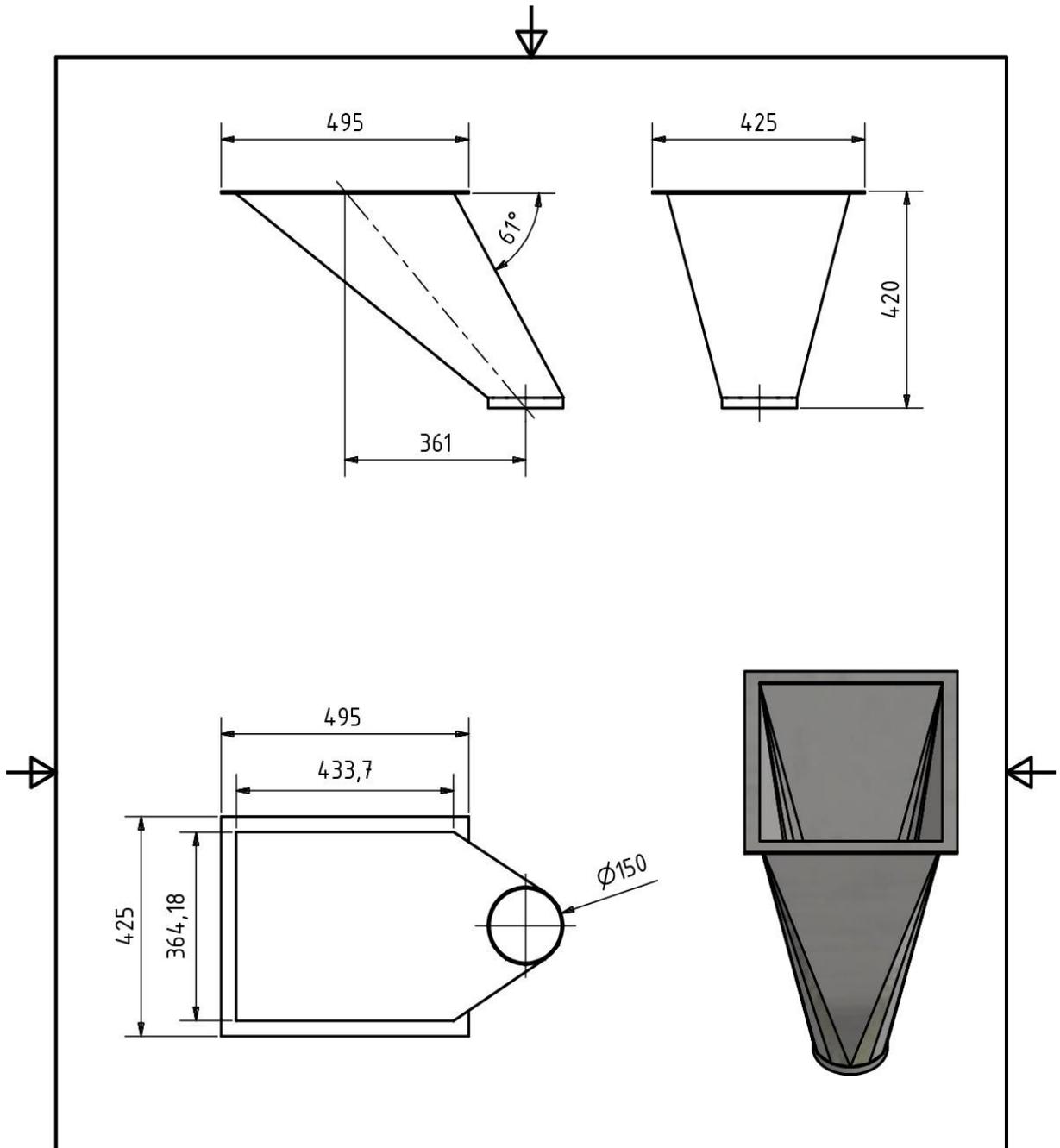


INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA



Ángulo de 1 1/2 x 1 1/2 x 1/4

PROYECTO: TRITURADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS				
 Universidad Técnica de Cotopaxi	Material: Acero A36	Anexo: 18	Peso: 25,617 kg	Fecha: 31/01/2018
	Dibujo: PILATASIG ISRAEL BONILLA WILSON	Revisado: MAURO ALBARRACIN	Aprobado: MAURO ALBARRACIN	
Contiene: Estructura	Escala General: 1:10	Lamina: 3	A4	
INGENIERIA ELECTROMECHANICA				

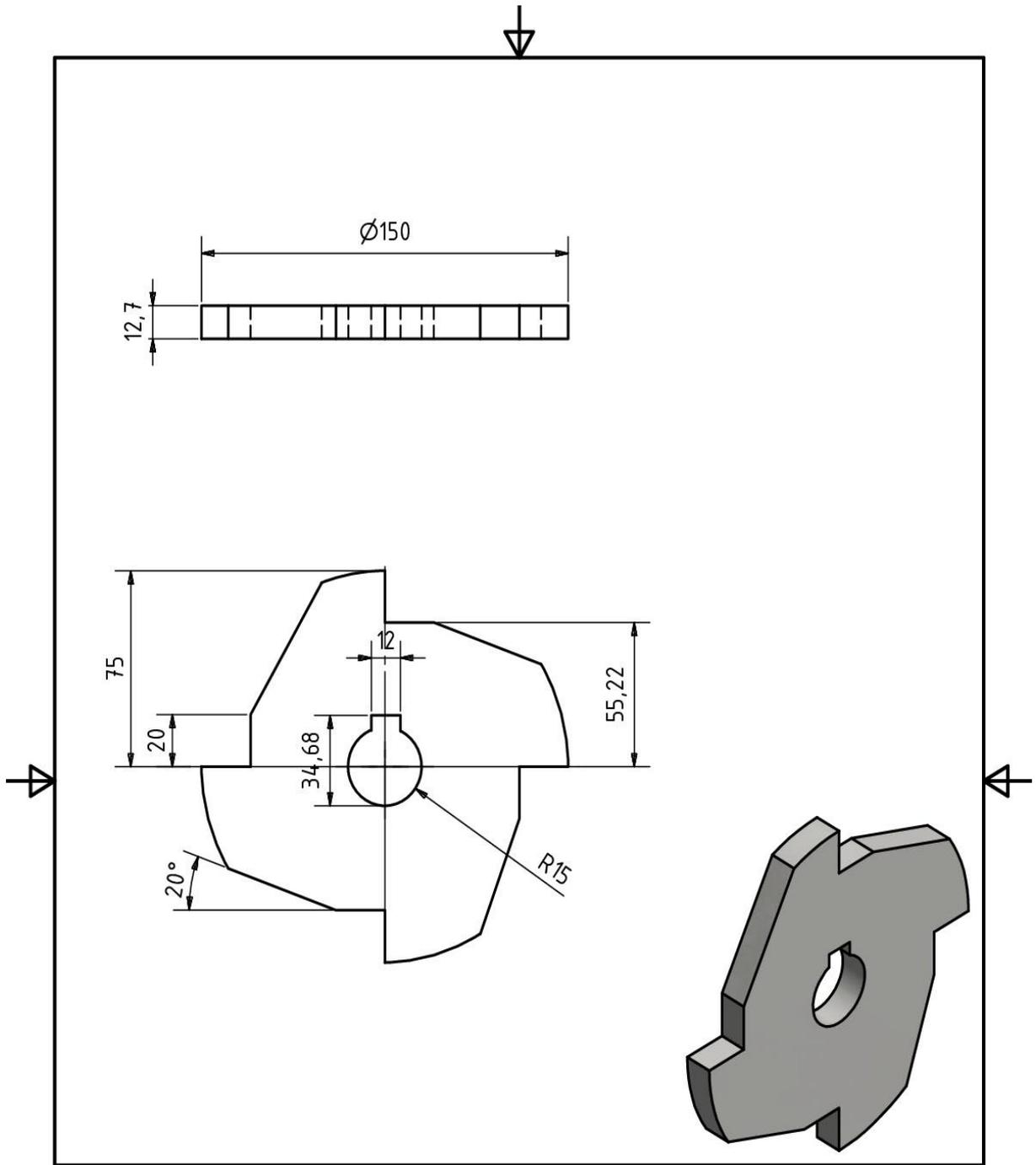


PROYECTO:

TRITURADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS

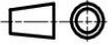
 <p>Universidad Técnica de Cotopaxi</p>	<p>Material: Acero, galvanizado</p>	<p>Anexo: 19</p>	<p>Peso: 3,777 kg</p>	<p>Fecha: 31/01/2018</p>
	<p>Dibujo: PILATASIG ISRAEL BONILLA WILSON</p>	<p>Revisado: MAURO ALBARRACIN</p>	<p>Aprobado: MAURO ALBARRACIN</p>	
<p>Contiene: Tolva inferior</p>	<p>Escala General: 1:10</p>	<p>Lamina: 4</p>	<p>A4</p>	

INGENIERIA ELECTROMECÁNICA

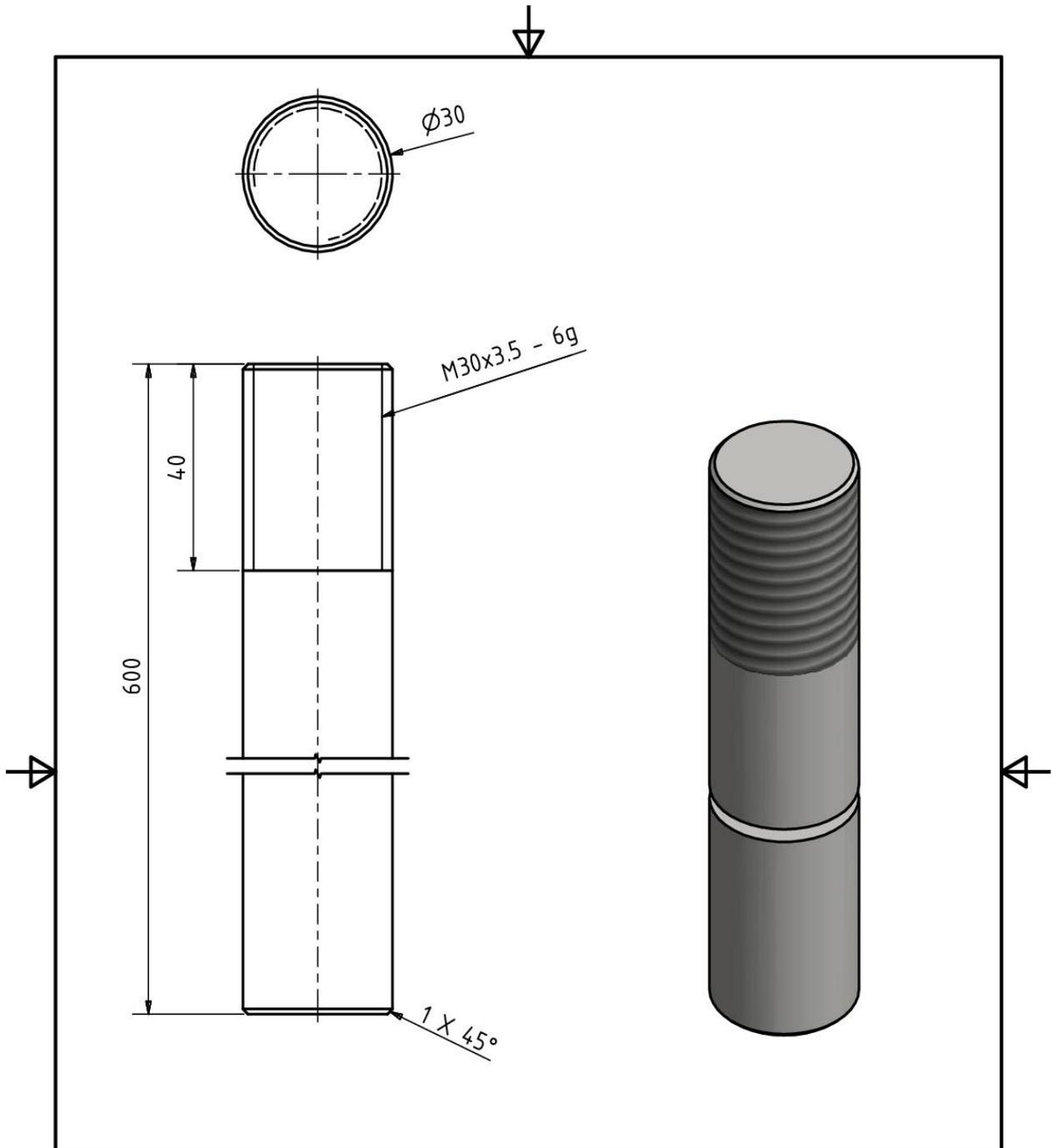


PROYECTO:

TRITURADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS

 <p>Universidad Técnica de Cotopaxi</p>	<p>Material: Acero AISI 8620 254 norm</p>	<p>Anexo: 20</p>	<p>Peso: 1,280 kg</p>	<p>Fecha: 31/01/2018</p>
	<p>Dibujo: PILATASIG ISRAEL BONILLA WILSON</p>	<p>Revisado: MAURO ALBARRACIN</p>	<p>Aprobado: MAURO ALBARRACIN</p>	
<p>Contiene: CUCHILLA</p>	<p>Escala General: 1:2</p>	<p>Lamina: 5</p>	<p>A4</p>	

INGENIERIA ELECTROMECÁNICA

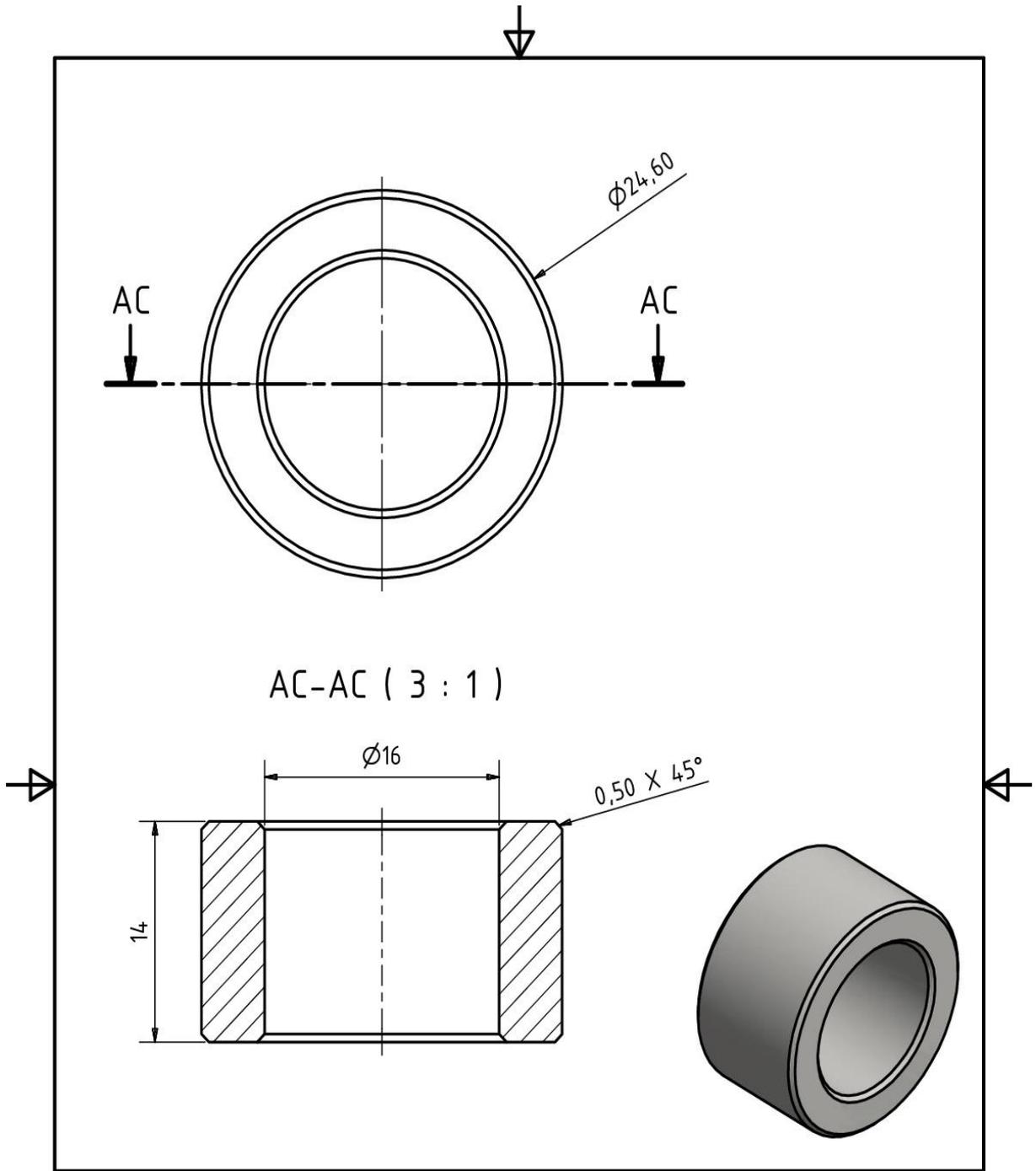


PROYECTO:

TRITURADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS

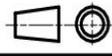
 <p>Universidad Técnica de Cotopaxi</p>	<p>Material: Acero AISI 1018 106 LC</p>	<p>Anexo: 21</p>	<p>Peso: 3,337 kg</p>	<p>Fecha: 31/01/2018</p>
	<p>Dibujo: PILATASIG ISRAEL BONILLA WILSON</p>	<p>Revisado: MAURO ALBARRACIN</p>	<p>Aprobado: MAURO ALBARRACIN</p>	
<p>Contiene: Eje porta cuchillas</p>	<p>Escala General: 1:1</p>	<p>Lamina: 6</p>	<p>A4</p>	

INGENIERIA ELECTROMECÁNICA

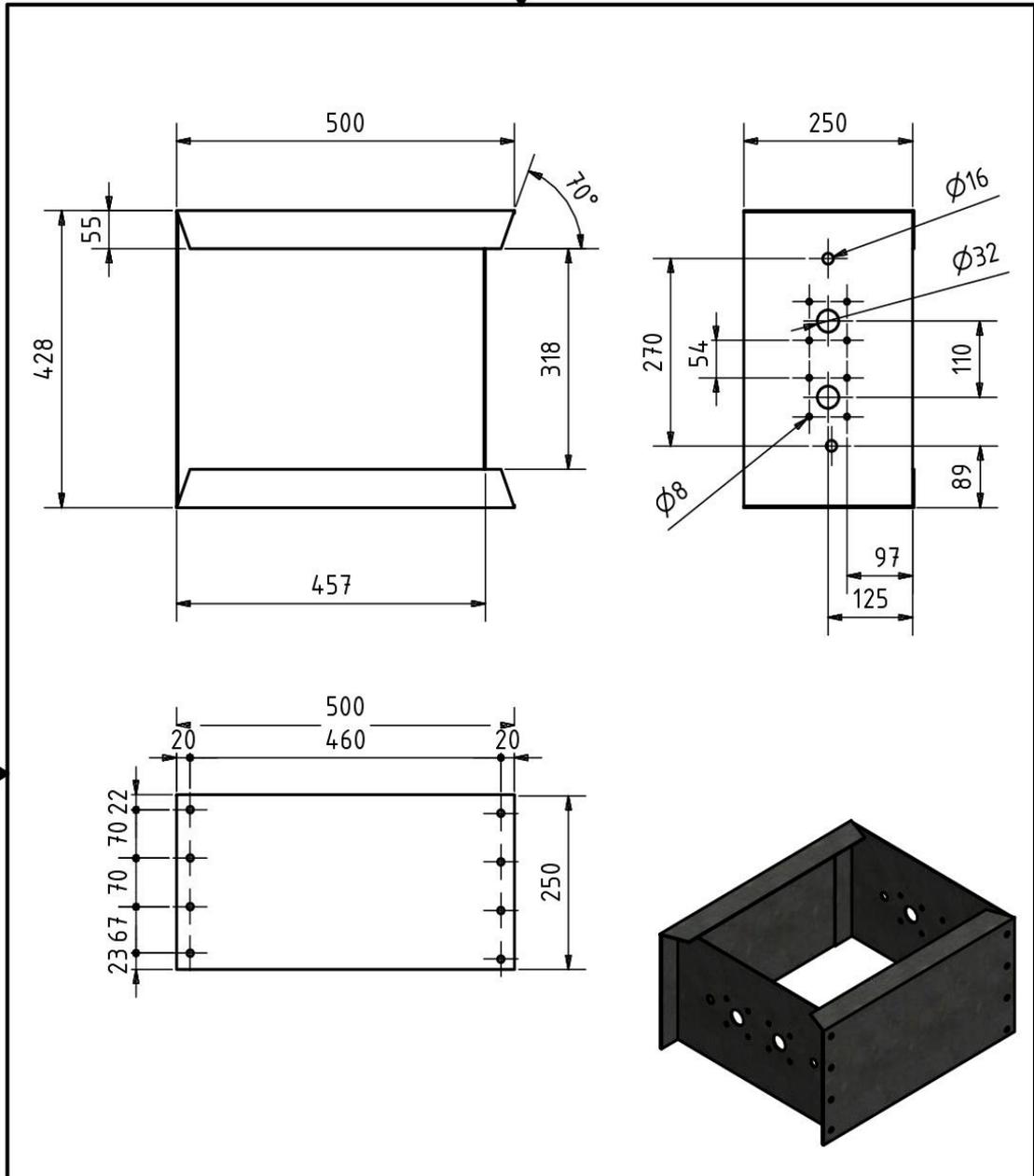


PROYECTO: **TRITURADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS**

 Universidad Técnica de Cotopaxi	Material: Acero AISI 1018 106 LC	Anexo: 22	Peso: 0,030 kg	Fecha: 31/01/2018
	Dibujo: PILATASIG ISRAEL BONILLA WILSON	Revisado: MAURO ALBARRACIN	Aprobado: MAURO ALBARRACIN	

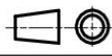
Contiene: Separador cuchilla	Escala General: 3:1	Lamina: 7	A4	
-------------------------------------	-------------------------------	---------------------	----	---

INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA



PROYECTO:

TRITURADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS

 <p>Universidad Técnica de Cotopaxi</p>	<p>Material: Acero ASTM 131</p>	<p>Anexo: 23</p>	<p>Peso: 8,662 kg</p>	<p>Fecha: 31/01/2018</p>
	<p>Dibujo: PILATASIG ISRAEL BONILLA WILSON</p>	<p>Revisado: MAURO ALBARRACIN</p>	<p>Aprobado: MAURO ALBARRACIN</p>	
<p>Contiene: CAJA PORTA CUCHILLAS</p>	<p>Escala General: 1:8</p>	<p>Lamina: 8</p>	<p>A4</p>	

INGENIERIA ELECTROMECANICA

ANEXO 24

MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y

MANTENIMIENTO

TRITURADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS (PET)

MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO

La máquina trituradora de botellas plásticas ha sido fabricada para tener una gran rendimiento y calidad para su correcto funcionamiento.

IMPORTANTE

Antes de conectar y poner en funcionamiento esta máquina leer detalladamente este manual de uso y mantenimiento, una mala operación y un mal uso podría ocasionar riesgos al usuario y fallas en la misma.

Contenido

INFORMACIÓN DE SEGURIDAD	2
DESCRIPCIÓN GENERAL	2
Descripción de la cuchilla (5)	3
Descripción de la tolva superior (4).....	4
Descripción de la tolva inferior (15).....	4
Descripción de la cámara de trituración (3).....	4
Estructura (1)	5
Descripción caja de control.....	5
REQUISITOS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS	5
Eléctricos.	5
Mecánicos.	5
NORMAS DE SEGURIDAD.....	6
EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.	7
FUNCIONAMIENTO	8
Caja de control	8
MANTENIMIENTO	9
TABLA DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA	11

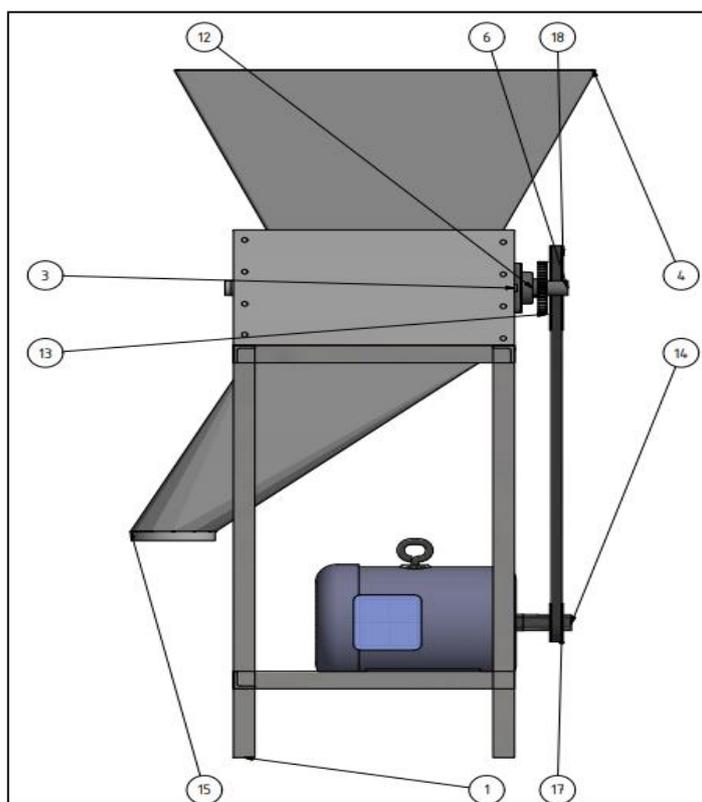
INFORMACIÓN DE SEGURIDAD

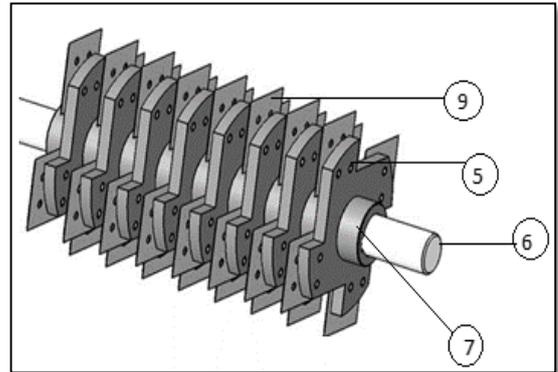
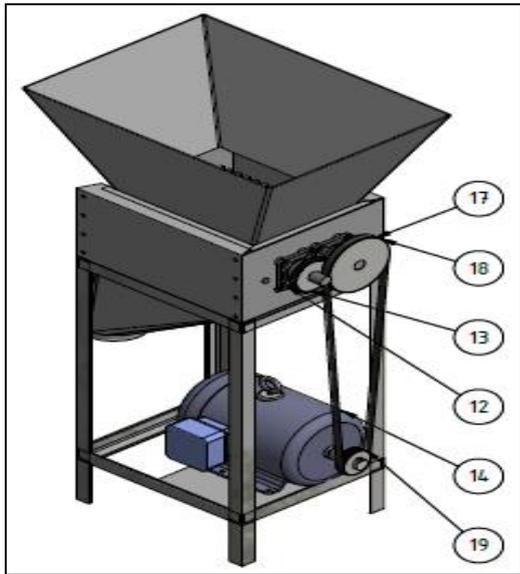
Leer detalladamente este manual contiene información acerca de los parámetros de seguridad que protegerá al usuario de posibles anomalías de los diferentes elementos que constituyen la misma.

Símbolo	Significado	Descripción
	Riesgo Eléctrico	Este símbolo significa la presencia de voltaje y la posibilidad que exista paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano.
	Peligro en general	Este símbolo advierte al usuario de posibles peligros que puedan atentar contra la integridad física del mismo

DESCRIPCIÓN GENERAL

La siguiente ilustración muestra los principales elementos de la máquina, que se acoplan entre sí para su funcionamiento.

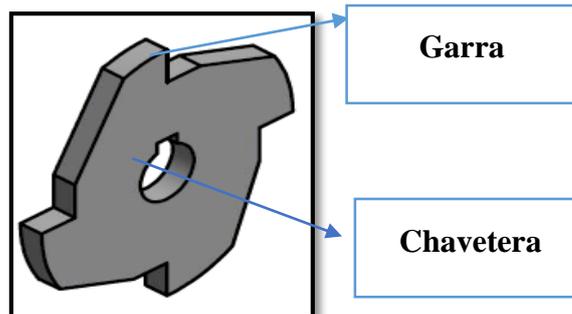




Elemento	Cantidad	Nombre
1	1	Estructura
3	1	Caja de trituración
4	1	Tolva superior
5	25	Cuchillas
6	2	Eje porta cuchillas
7	25	Separadores de cuchillas
9	25	Cuchillas fijas
12	2	Chumacera
13	2	Engranaje recto 1
14	1	Motor de 3HP trifásico
15	1	Tolva inferior
17	1	Cadena sincrónica
18	1	Polea sincrónica 1
19	1	Polea sincrónica 2

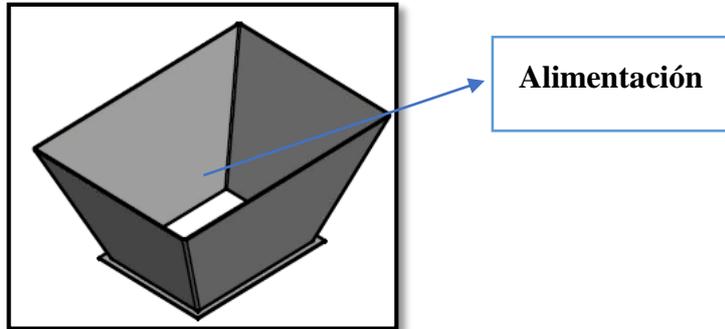
Descripción de la cuchilla (5)

Las herramientas de corte (cuchillas) son de forma circular provistas de 4 garras las cuales son numeradas para posibles mantenimientos preventivos o correctivos.



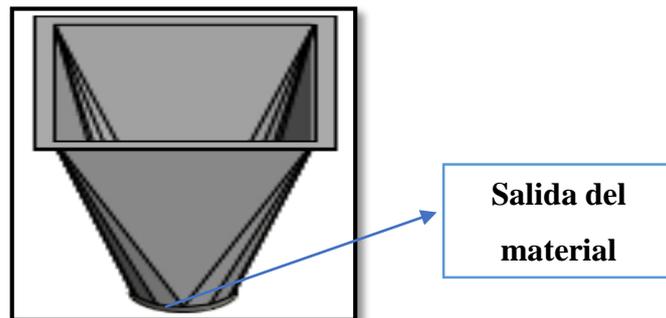
Descripción de la tolva superior (4)

La tolva superior de la maquina tiene la función de alimentar y llevar todo el material a triturarse a la cámara de trituración.



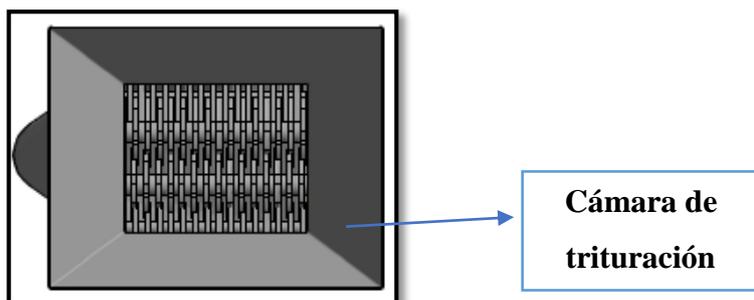
Descripción de la tolva inferior (15)

La tolva de salida es la encargada de facilitar la manipulación del material, generando comodidad de almacenamiento y transporte del material triturado.



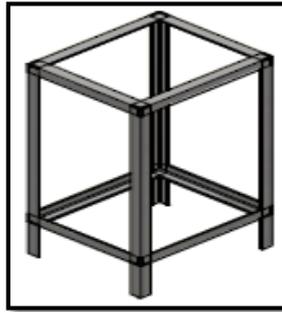
Descripción de la cámara de trituración (3)

En la caja de trituración se alojan los ejes rotativos en los cuales se encuentran incorporadas las herramientas de corte (cuchillas de cuatro puntas).



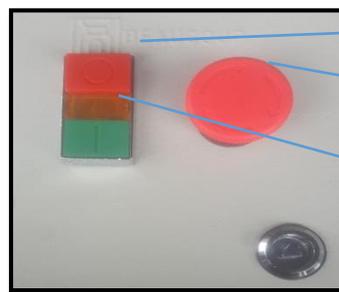
Estructura (1)

La estructura es la base de la maquina donde se montará todos los elementos que se relacionan para el funcionamiento de la máquina.



Descripción caja de control

En la caja de control observamos los diferentes interruptores de mando y luz piloto para la puesta en marcha de la máquina.



**Interruptor
de apagado**

**Paro de
emergencia**

**Interruptor
de encendido**

REQUISITOS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS

Eléctricos.

Para energizar los distintos elementos de la máquina se necesita de una fuente de voltaje de 220V Trifásico y una frecuencia de 60Hz que son los adecuados para el funcionamiento de la máquina y debe poseer una toma corriente a 220V trifásico.

Mecánicos.

Antes de poner en marcha la maquina es importante considerar algunos aspectos:

1. Verificar que en la cámara de trituración no exista material ajeno al que se utiliza según el diseño de la máquina.



**Cámara de
trituration**

2. Verificar que la tolva de alimentación se encuentre perfectamente empernada para evitar el contacto directo del usuario con las herramientas de corte (cuchillas).



**Ajuste de
pernos de tolva
alimentación**

NORMAS DE SEGURIDAD

1. La máquina solo se deberá utilizar según lo establecido en este manual de uso y mantenimiento.
2. Antes de usar la máquina trituradora asegúrese que este estable y firme verificando su correcto empotramiento.



Importante se debe colocar pernos en las bases para el empotramiento de la máquina



3.  La tolva superior (4) donde se depositan las botellas plásticas se podrá alzar una vez que las cuchillas estén totalmente detenidas.
4.  El mantenimiento, ajuste y limpieza incluyendo la extracción de piezas o dispositivos protectores solo se deberá llevar a cabo una vez que el motor este apagado y verificando que el enchufe del cable de alimentación de la toma C.A este desconectado totalmente.
5. Tras culminar los trabajos de reparación o mantenimiento asegúrese que los dispositivos de protección están en su sitio.
6. El usuario de la maquina tiene la responsabilidad de cerciorar que no existan terceras personas y animales en las aéreas de operación de riesgo.
7.  Es necesario el uso de protectores auditivos ya que sobrepasan los niveles permitidos para las 8 horas de trabajo que es de 80 dB,
8.  El uso de gafas de protección es obligatorio, al igual que el uso de ropa de trabajo pegada al cuerpo que no posea bufandas, correas, cintas etc. además el uso de guantes de trabajo con puños sellados.
9.  No se incline demasiado hacia la tolva de alimentación.
10.   Cuando manipule las cuchillas de corte (5) es necesario verificar que el motor este apagado y el cable de alimentación desconectado de la fuente C.A.
11.  Peligro ante las partículas volátiles de plástico tenga en cuenta que los elementos como partículas o pedazos de botellas plásticas pueden salir del área de la tolva y puede alcanzar la zona de operación, utilizar gafas de seguridad.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.

EQUIPOS DE P.P.		
EPP	Significado	Detalle
	<p>¡Use gafas protectoras!</p>	<p>Gafas que recubran totalmente el área de los ojos.</p>

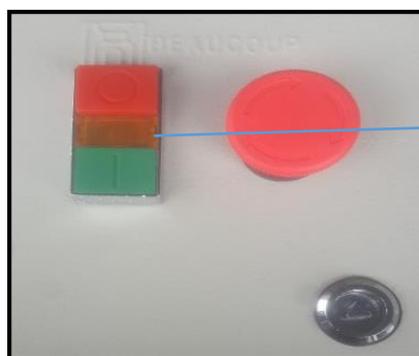
	<p>¡Use protecciones auditivas!</p>	<p>Usar tapones de oídos.</p>
	<p>¡Use guantes protectores!</p>	<p>Guantes de latex.</p>
	<p>¡Use calzado de protección!</p>	<p>Calzado de cuero, zapato cerrado.</p>

FUNCIONAMIENTO

Caja de control

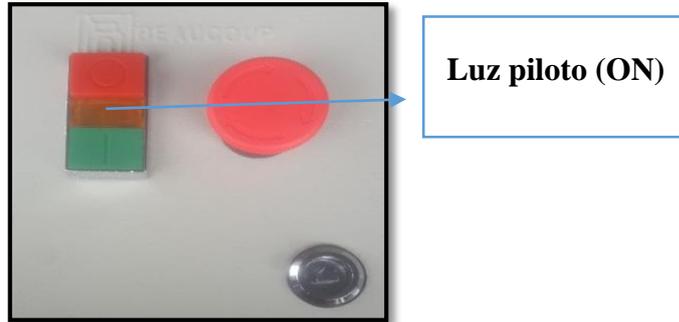
Para poner en marcha la máquina trituradora se ejecutan los siguientes pasos:

1. Accionar la botonera de (ON) con el mando de color verde.

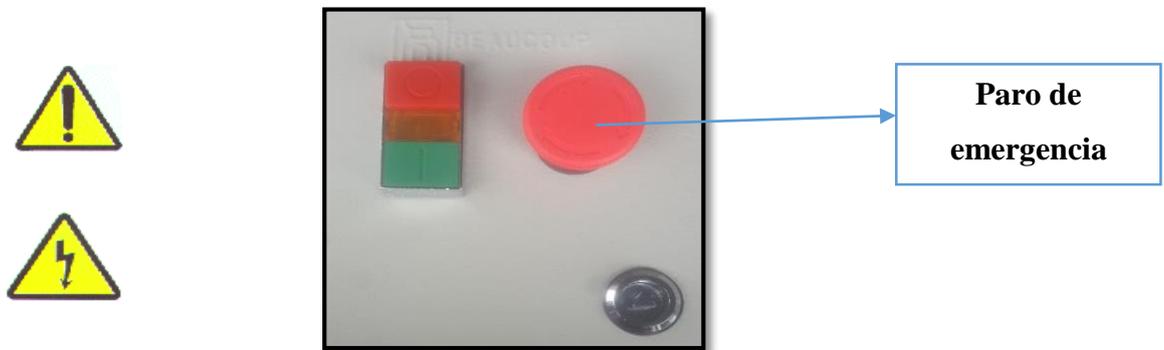


Botonera (ON)

2. Verificar que la luz piloto de color naranja se encuentre encendida.



3. En caso de emergencia donde se tenga que parar de manera rápida el proceso de trituración de la maquina se presionara el paro de emergencia.

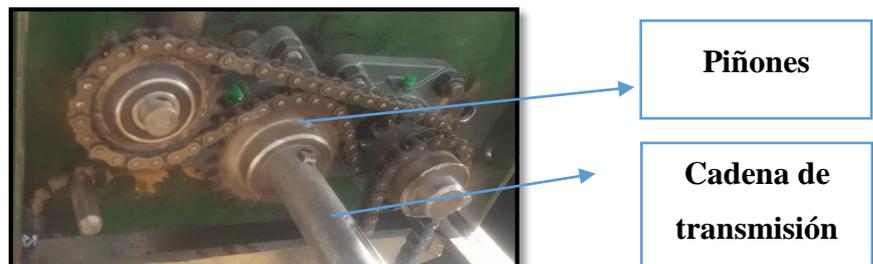


Con los requerimientos eléctricos mecánicos y ejecutando los pasos de funcionamiento de la caja de control se garantizará la puesta en marcha de la máquina trituradora de botellas plásticas (PET).

MANTENIMIENTO

La tolva debe estar sujeta a la cámara de trituración, identificando los pernos para su ajuste y verificar que se encuentren apretados ver (página 6).

Verificar que las cadenas de transmisión están ajustadas y con un índice de lubricación óptimo con respecto a los piñones.



Verificar que las chumaceras estén correctamente lubricadas para que no exista ningún inconveniente de giro de los ejes rotativos ver (página 11).



Grasero

Los rodamientos deben encontrarse en perfecto estado para facilitar la rotación de los ejes, verificando que el giro se la pueda realizar manualmente sin aplicar ningún esfuerzo.

La caja reductora esta provista de un indicador de nivel de aceite el cual debe estar en un rango permisible para su funcionamiento.

Las cuchillas siendo el alma de la maquina se dará un mantenimiento progresivo de afilamiento de las puntas en el tiempo estimado, ver (página 11).

El motor y el sistema de transmisión de potencia se encuentran aislados del contacto directo con el usuario es así que para poder dar mantenimiento preventivo o correctivo se extraerán las tapas de protección que estarán empernadas en sus cuatro lados.

Todos los elementos mecánicos que están en constante fricción las cuales engloban la máquina trituradora tendrán que estar en constante supervisión por el usuario.

A continuación, se mencionarán las principales actividades y cada que tiempo se recomienda efectuarlas para perdurar la vida útil de la maquina:

TABLA DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA

Mantenimiento		
Equipo	Tarea	Periodo
Tolva de alimentación	Asegúrese que la tolva de alimentación se encuentre bien apretada	1 día
Piñones	Verificar que los piñones estén perfectamente sujetos y lubricados.	10 días
Chumacera	Engrase las chumaceras manualmente con una pistola de inyección	3 días
Rodamientos	Verificar que los rodamientos se encuentren en perfecto estado	15 días
Caja reductora	Verificar el nivel del lubricante en los engranes de la caja reductora	45 días
Cadena	Lubricación de cadena con piñón	8 días
	Verificación del temple de la cadena	15 días
Cuchillas móviles	Afilamiento de las cuchillas móviles	2 días
	Verificar el filo de las cuchillas móviles	8 horas
Caja de control	Limpiar las impurezas que se impregnan por el ambiente mediante aire a presión.	30 días
	Verificar funcionamiento de luces piloto, botones ON/OFF y paro de emergencia	
Cuchillas Fijas	Afilamiento de las cuchillas fijas	10 días
	Supervisión del filo de las cuchillas fijas	5 días
Motor	revisión del consumo de energía del motor	30 días
	Control de desgaste de las escobillas, ajuste de las mismas, y cambio si es necesario	45 días
	Limpieza y re aislamiento de la tapa trasera	45 días