



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**EXTENSIÓN LA MANÁ**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS-CIYA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**"IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE BOTELLAS DE PLÁSTICO  
EN LA EMPRESA ECOM EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS  
PARA MINIMIZAR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL"**

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

**AUTOR:**

Changoluisa Toaquiza Angela Vanessa

**TUTOR:**

MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla

**LA MANÁ-ECUADOR  
MARZO-2022**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo: CHANGOLUISA TOAQUIZA ANGELA VANESSA, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE BOTELLAS DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA ECOM EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS PARA MINIMIZAR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL”, siendo el MSc. JOHNATHAN ISRAEL CORRALES BONILLA, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



.....  
CHANGOLUISA TOAQUIZA ANGELA VANESSA

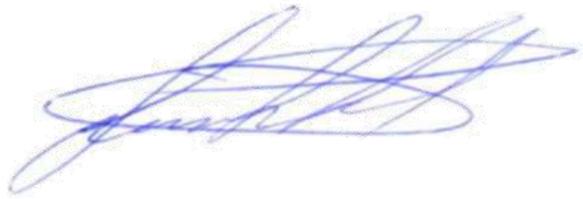
C.I: 050371619-3

## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE BOTELLAS DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA ECOM EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS PARA MINIMIZAR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL” de CHANGOLUISA TOAQUIZA ANGELA VANESSA de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aporte científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del tribunal de validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, marzo de 2022



.....  
**MSc. JOHNATHAN ISRAEL CORRALES BONILLA**

**0503145518**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

En calidad de Tribunal de lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA por cuanto el postulante CHANGOLUISA TOAQUIZA ANGELA VANESSA con el título de proyecto de investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE BOTELLAS DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA ECOM EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS PARA MINIMIZAR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del proyecto.

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

La Maná, MES del AÑO

Para constancia firman:



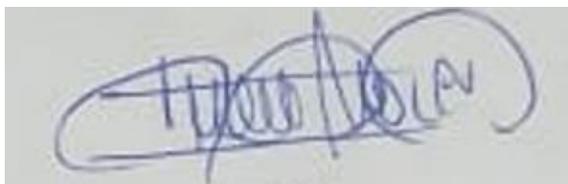
Ph.D. Yoandrys Morales Tamayo

**LECTOR 1**



MSc Danilo Fabricio Trujillo Ronquillo

**LECTOR 2**



MSc Francisco Saul Alcocer Salazar

**LECTOR 3**

## ***AGRADECIMIENTO***

Agradecer específicamente a Dios por hacer esto posible con sus bendiciones de salud y vida, para realizar este proceso previo a la titulación de la carrera universitaria, además agradecerme a mí por tener muy en claras las responsabilidades de la vida y satisfacerme económicamente, de igual manera agradezco al personal académico de la institución que aportaron con sus conocimientos para mejorar mi desarrollo académico exitosamente.

***Angela***

## ***DEDICATORIA***

Dedicar este proceso académico a mis seres queridos con los cuales he convivido y fueron apoyo incondicional en momentos de trabajo durante la carrera universitaria.

***Angela***

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **EXTENSIÓN LA MANÁ**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS – CIYA**

### **IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE BOTELLAS DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA ECOM EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS PARA MINIMIZAR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

**Autor:**

**CHANGOLUISA TOAQUIZA ANGELA VANESSA**

#### **RESUMEN**

Hoy en día existe el reciclaje del polímero PET, este material reciclado puede ser utilizado para generar diversos productos o incluso hacer nuevos envases, con esto, surge la necesidad de transformar este material para poder reutilizarlo. El presente trabajo, tiene como finalidad implementar una máquina trituradora de botellas de plástico en la empresa ECOM en la Ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas para minimizar la contaminación ambiental. Para dar cumplimiento con la finalidad se desarrollan los siguientes lineamientos: Identificar las necesidades de la empresa ECOM, para determinar características elementales de la máquina trituradora de botellas, evaluar alternativas de diseño y los parámetros deseables, dimensionar y diseñar los distintos componentes de la máquina trituradora e implementación de la máquina trituradora en los procesos de la empresa y puesta en marcha. Dentro del trabajo, se realizó una investigación exhaustiva para determinar la problemática existente, así como también la observación de las necesidades de la empresa de contar con una trituradora de botellas de ciertas características específicas. Con la implementación de la máquina en los procesos de trituración, se puede optimizar la mano de obra dentro de los procesos de trituración, este se reduce en un 70%, de manera estándar, ya que se reduce los operarios que intervienen en el proceso.

**Palabras clave:** Trituradora, PET, reciclaje, contaminación ambiental

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

## THE MANNA EXTENSIÓN

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES - CIYA

### IMPLEMENTATION OF A PLASTIC BOTTLE CRUSHING MACHINE AT ECOM IN THE CITY OF SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS TO MINIMIZE ENVIRONMENTAL CONTAMINATION

**Author:**

CHANGOLUISA TOAQUIZA ANGELA VANESSA

#### ABSTRACT

Nowadays there is polymer PET recycling, this recycled material can be used to generate several products or even make new containers, this idea was generated based on the need to transform this material into reusable. The purpose of this work is to implement a plastic bottle crushing machine in the company ECOM in Santo Domingo de Los Tsáchilas to minimize environmental pollution. To fulfill this purpose, the following guidelines are developed: Identify the needs of the ECOM company, determine the basic characteristics of the bottle crushing machine, evaluate design alternatives and desirable parameters, size and design the different components of the crushing machine, and implement this machine to the processes of the company and commissioning. Within the work, an exhaustive investigation was carried out to determine the existing problems, as well as the observation of the company needs to have a bottle crusher with certain specific characteristics. With the implementation of the machine in the crushing processes, the labor force can be optimized by reducing it to 70%, in a standard way, since the number of operators involved in the process is reduced.

**Keywords:** Shredder, PET, recycling, environmental contamination.

## AVAL DE TRADUCCIÓN

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

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE BOTELLAS DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA ECOM EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS PARA MINIMIZAR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL” presentado por: CHANGOLUISA TOQUIZA ANGELA VANESSA, egresado de la Carrera de: Ingeniería Electromecánica, perteneciente a la Facultad de Ciencias de Ingeniería y Aplicadas, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

La Maná, marzo de 2022

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:  
**OLGA SAMANDA  
ABEDRABBO RAMOS**

**Lic. Olga Samanda Abedrabbo Ramos**  
**Mg.DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-**  
**UTCCI:050351007-5**

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	IV
<i>AGRADECIMIENTO</i>	V
<i>DEDICATORIA</i>	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
AVAL DE TRADUCCIÓN	IX
ÍNDICE GENERAL	X
ÍNDICE DE TABLAS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
1. INFORMACIÓN GENERAL	18
2. INTRODUCCIÓN	19
3. RESUMEN DEL PROYECTO	19
4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	20
5. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	21
5.1. Beneficiarios Directos	21
5.2. Beneficiarios Indirectos	21
6. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	22
6.1. Planteamiento del problema	22
6.2. Preguntas de investigación	23
6.3. Delimitación del problema	23
6.3.1. Delimitación espacial	23
6.3.2. Delimitación temporal	24
6.3.3. Delimitación conceptual	24

7. OBJETIVOS	24
7.1. Objetivo General	24
7.2. Objetivos específicos	24
8. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS	25
9. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	26
9.1. Reciclaje	26
9.2. Medio ambiente	26
9.3. Botellas de Plástico:	27
9.4. Procesos para el aprovechamiento de los residuos	27
9.4.1. Separación de residuos	28
9.4.2. Formas de segregación de residuos	28
9.5. Reciclaje del PET	28
9.6. Caracterización del PET	29
9.7. Métodos de reciclaje del PET	30
9.7.1. Reciclado Mecánico.	30
9.7.2. Reciclado Químico.	31
9.8. Proceso de reciclado del PET	31
9.8.1. Equipo para reducción de tamaño	33
9.8.1.1. Trituración	33
9.8.1.2. Molienda	33
9.8.2. Trituradoras	34
9.8.2.1. Molino triturador de 2 ejes	34
9.8.2.2. Molino triturador de 4 ejes	35
9.8.2.3. Molinos a cuchillas o Granuladores GR	35
9.9. Componentes eléctricos de la máquina trituradora	36
9.9.1. Máquina eléctrica	36
9.9.2. Sistema de accionamiento	37

9.9.2.1.	Interruptor	37
9.9.2.2.	Contactador	38
9.9.3.	Dispositivos de protección	39
9.9.3.1.	Relé térmico	40
9.9.4.	Elementos de señalización	40
9.10.	Principio de funcionamiento y partes de la Máquina trituradora de plástico	41
9.10.1.	Unidad de carga	41
9.10.2.	Sistema de trituración	41
9.10.3.	Sistema de transmisión	41
9.10.4.	Sistema de seguridad	41
9.11.	Diseño de máquinas trituradoras de plástico	42
9.11.1.	Cálculo de fuerza de corte para cizallas con cuchillas inclinadas	42
9.11.2.	Cálculo de potencia del motor	44
9.11.3.	Cálculo de la carga-vida del rodamiento, a confiabilidad nominal	44
9.11.4.	Factor de seguridad del eje	46
9.11.4.1.	Factor de superficie $ka$	47
9.11.4.2.	Factor de tamaño $kb$	47
9.11.4.3.	Factor de carga $kc$	48
9.11.4.4.	Factor de temperatura $kd$	48
9.11.4.5.	Factor de confiabilidad $ke$	49
9.11.4.6.	Factor de efectos varios $kf$	49
9.11.5.	Cálculos de soldadura	50
9.11.5.1.	Costo electrodo	50
9.11.5.2.	Costo mano de obra	51
9.11.5.3.	Costo gas	51
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	53
10.1.	Tipos de investigación	53

10.1.1.	Modalidad cualitativa y cuantitativa	53
10.1.2.	Tipos de investigación	54
10.1.3.	Métodos de Investigación	55
10.1.4.	Hipótesis del proyecto	55
10.1.5.	Preguntas científicas	56
10.2.	Plan de recolección de la información	56
10.3.	Plan de procesamiento de la información	56
10.4.	Selección de alternativas de diseño	58
10.4.1.	Método de trituración	58
10.4.2.	Método de transmisión	60
10.5.	Diseño	62
10.5.1.	Especificaciones	62
10.5.2.	Cálculos de la fuerza de corte	63
10.5.3.	Cálculo de la potencia del motor	65
10.5.4.	Selección de chumaceras	65
10.5.5.	Cálculo del factor de seguridad del eje	66
10.5.5.1.	Factor de superficie $ka$	66
10.5.5.2.	Factor de tamaño $kb$	67
10.5.5.3.	Factor de carga $kc$	67
10.5.5.4.	Factor de temperatura $kd$	67
10.5.5.5.	Factor de confiabilidad $ke$	67
10.5.5.6.	Factor de efectos varios $kf$	67
10.5.5.7.	Límite de la resistencia a la fatiga en vigas rotatorias $Se'$	67
10.5.6.	Cálculos de soldadura	68
10.5.6.1.	Parámetros de soldadura	68
10.5.6.2.	Cálculos	70
10.6.	Sistema eléctrico	71

11.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	75
11.1.	Implementación en el proceso de la empresa	75
11.1.1.	Tiempo de triturado	75
11.1.2.	Ventajas de la máquina de trituración	77
11.2.	Ficha técnica de la máquina	78
12.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO	79
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
13.1.	Conclusiones	84
13.2.	Recomendaciones	86
14.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA	87
15.	ANEXOS	91

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Personal de la empresa ECOM	21
<b>Tabla 2.</b> Habitantes Ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas	22
<b>Tabla 3.</b> Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos	25
<b>Tabla 4.</b> Tamaño del triturado	33
<b>Tabla 5.</b> Tamaño del triturado	33
<b>Tabla 6.</b> Parámetros para el cálculo del factor de superficie	47
<b>Tabla 7.</b> Efecto de la temperatura de operación	48
<b>Tabla 8.</b> Factores de confiabilidad	49
<b>Tabla 9.</b> Eficiencia de aportación	50
<b>Tabla 10.</b> Factor de operación	51
<b>Tabla 11.</b> Flujo de gas	52
<b>Tabla 12.</b> Calificación de los criterios y puntuación	59
<b>Tabla 13.</b> Elección de alternativas de trituración	60
<b>Tabla 14.</b> Elección de alternativas de transmisión	61
<b>Tabla 15.</b> Esfuerzos de cedencia y cortantes del PET y PP.	64
<b>Tabla 16.</b> Parámetros del consumible	69
<b>Tabla 17.</b> Parámetros de uniones soldadas	69
<b>Tabla 18.</b> Parámetros de uniones soldadas	70
<b>Tabla 19.</b> Parámetros de uniones soldadas	70

<b>Tabla 20.</b> Componentes del sistema eléctrico	71
<b>Tabla 21.</b> Acoplamiento de componentes	73
<b>Tabla 22.</b> Pruebas de triturado	75
<b>Tabla 23.</b> Comparación entre el sistema manual y el automático con motor eléctrico	77
<b>Tabla 24.</b> Costo de elementos mecánicos	79
<b>Tabla 25.</b> Costo de elementos eléctricos	80
<b>Tabla 26.</b> Costo de mano de obra	80
<b>Tabla 27.</b> Costo de elementos diseño	81
<b>Tabla 28.</b> Costos indirectos	82
<b>Tabla 29.</b> Costo del recurso humano	82
<b>Tabla 30.</b> Resumen de costos	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Botella plástica	27
<b>Figura 2.</b> Símbolo del PET	29
<b>Figura 3.</b> Símbolo del PET	32
<b>Figura 4.</b> Molino triturador de 2 ejes	34
<b>Figura 5.</b> Molino triturador de 4 ejes	35
<b>Figura 6.</b> Tipos de máquinas eléctricas	36
<b>Figura 7.</b> Motor eléctrico	37
<b>Figura 8.</b> Selector	37
<b>Figura 9.</b> Contactor	39
<b>Figura 10.</b> Relé térmico	40
<b>Figura 11.</b> Contactor	40
<b>Figura 12.</b> Sección de cizallado	42
<b>Figura 13.</b> Sección de cizallado	43
<b>Figura 14.</b> Esquema del proceso investigativo	57
<b>Figura 15.</b> Caja de trituración	62
<b>Figura 16.</b> Cuchillas	63
<b>Figura 17.</b> Medición de velocidad de trituración	76

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

### Título del Proyecto:

“Implementación de una máquina trituradora de botellas de plástico en la empresa ECOM en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas para minimizar la contaminación ambiental”

<b>Fecha de inicio:</b>	Octubre del 2021
<b>Fecha de finalización:</b>	Febrero del 2022
<b>Lugar de ejecución:</b>	Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná
<b>Unidad académica que auspicia:</b>	Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas CIYA
<b>Carrera que auspicia:</b>	Ingeniería Electromecánica
<b>Proyecto de investigación vinculado:</b>	La transferencia tecnológica sustentable como eje fundamental para el desarrollo socio económico y la vinculación social
<b>Equipo de trabajo:</b>	
<b>Tutor del Proyecto:</b>	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla
<b>Postulante:</b>	Changoluisa Toaquiza Angela Vanessa
<b>Área de conocimiento:</b>	Ingeniería, Industria y Construcción
<b>Línea de investigación:</b>	Procesos Industriales
<b>Sub líneas de investigación de la carrera:</b>	Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos
<b>Núcleo Disciplinar:</b>	DEPENDE DEL TEMA – REDISEÑO Conversión de Energía Desarrollo de tecnología y procesos de fabricación Control y Automatización Eficiencia en las instalaciones industriales y de servicios

## **2. INTRODUCCIÓN**

Uno de los productos muy utilizados por casi todos los habitantes son los envases desechables, estos envases están hechos de varios tipos de materiales, uno de ellos es el llamado PET (Tereftalato de Polietileno), este material es muy utilizado para la industria alimentaria como envase de refrescos, envases de agua, etc., ya que es muy resistente a la corrosión y al desgaste.

Así como los grandes beneficios que brinda este tipo de material, el tiempo que tarda en degradarse en el medio ambiente es de alrededor de 500 años, y una vez degradado genera residuos tóxicos que afectarían a la actividad agrícola. Por ello, es importante la correcta segregación y disposición final de este y otros materiales que pueden contaminar y dañar nuestro planeta durante cientos de años.

Hoy en día existe el reciclaje del polímero PET, este material reciclado puede ser utilizado para generar diversos productos o incluso hacer nuevos envases, con esto, surge la necesidad de transformar este material para poder reutilizarlo. En estudios anteriores se han diseñado y construido máquinas que trituran el material PET reciclado, así como otros tipos de plásticos, la mayoría de estas máquinas funcionan de manera similar, el proceso de trituración es cortando el material reciclado por medio de cuchillas, dentro de un espacio llamado cámara de trituración.

El objetivo de la investigación es implementar una máquina trituradora de botellas de plástico en la empresa ECOM en la Ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas para minimizar la contaminación ambiental. El documento de la investigación en mención, se estructura por apartados, desde la conceptualización del problema, definición de objetivos, desarrollo del marco teórico, desarrollo del marco metodológico, diseño e implementación de la máquina; finalizando con las conclusiones, recomendaciones y las referencias bibliográficas recabadas durante todo el proceso investigativo.

## **3. RESUMEN DEL PROYECTO**

El presente trabajo, tiene como finalidad implementar una máquina trituradora de botellas de plástico en la empresa ECOM en la Ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas para minimizar la contaminación ambiental. En el trabajo se realizó una investigación exhaustiva para

determinar la problemática existente, así como también la observación de las necesidades de la empresa de contar con una trituradora de botellas de ciertas características específicas.

Con la investigación, también se consiguió entender cuáles son los factores más influyentes dentro de un sistema de trituración mecánica y nos mostró cómo se pueden combinar los diseños para lograr un efecto cortante adecuado para así obtener un sistema que brinde buena granulometría, sea efectivo, óptimo y de un costo alcanzable.

Con la investigación se consiguió realizar el diseño y construcción de un equipo de trituración de botellas plásticas, bajo las consideraciones planteadas, en función de las necesidades de la empresa y para sustentar la problemática evidenciada.

#### **4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Los residuos sólidos incluyen principalmente los residuos domésticos (basura de los hogares), a veces con la adición de los residuos comerciales recogidos en una zona determinada, ya sea en estado sólido o semisólido. El término residuo se refiere a los desechos de origen doméstico que no han sido separados o enviados para su reprocesamiento.

Se sabe que incluso las playas, a menudo inmaculadas, contienen restos microscópicos de plástico mezclados con la arena y el barro. "Si tenemos en cuenta la durabilidad del plástico y el carácter desechable de muchos artículos de plástico, lo más probable es que este tipo de contaminación aumente", afirma el director del grupo de investigadores.

El reciclaje mecánico representa uno de los mejores éxitos medioambientales del siglo XX. Algunos de los beneficios del reciclaje son la conservación de recursos, la reducción de contaminantes, el ahorro de energía, la creación de puestos de trabajo y la reducción de la necesidad de vertederos e incineradoras.

En este proceso, los plásticos se recogen de los procesos de fabricación de la industria (petroquímica o transformadora). El procesamiento de los materiales plásticos utilizados consiste en picar el material para posteriormente introducirlo en una máquina extrusora-granuladora (Medina, 2011).

La trituradora de plástico se construye para la trituración de piezas de tamaños definidos con precisión, los gránulos más pequeños son de hasta 8 mm. Estas trituradoras de plástico de gran

eficacia son el todoterreno para los campos de aplicación universal. Las trituradoras de plástico son adecuadas para los residuos domésticos y los residuos industriales (Harden, 2015).

## 5. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

### 5.1. Beneficiarios Directos

Los beneficiarios directos del proyecto son las personas que son parte de la empresa ECOM, en especial a los operarios del proceso de trituración.

**Tabla 1.** Personal de la empresa ECOM

<b>Descripción</b>	<b>Número</b>
Operadores del proceso de triturado	2
Otros operadores, personal administrativo, dueños y accionistas	14
<b>Total</b>	<b>16</b>

**Fuente:** Autor

Con lo antes enunciado, se entiende que se tienen 2 personas de la empresa ECOM como beneficiarios directos.

### 5.2. Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios indirectos del proyecto son todos los pobladores de la Ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas

**Tabla 2.** Habitantes Ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas

	<b>Censo 2010</b>	<b>Proyección 2021</b>
<b>Habitantes Santo Domingo de los Tsáchilas</b>	368.013	466.423

Fuente: INEC (2020)

Es así que se puede entender que se tiene un total de 466.423 beneficiarios indirectos, que comprende a la población de la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas, de acuerdo a la proyección del INEC de los habitantes de la Ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas para el 2021.

## **6. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **6.1. Planteamiento del problema**

El planeta presenta hoy en día altos índices de contaminación ambiental. Los plásticos de las botellas de bebidas minerales, gaseosas, aceites, lubricantes, son uno de los elementos más contaminantes ambientalmente hablando. Esto se manifiesta con mayor fuerza en los océanos ya que el mar se ha convertido en un gran vertedero de residuos tipo PET. Asimismo, se estima que más de 8 millones de toneladas de plástico llegan a los océanos cada año (Greenpeace España, 2016).

Cada segundo se arroja más de 200 kilos de plástico a los mares y océanos. El 70% va a parar al fondo marino y el 15% se queda flotando. Con esta infografía compartimos información sobre cuánto plástico se acumula en los mares y cuáles son las previsiones para las próximas décadas. Cada año se arrojan millones de toneladas de plástico al agua de los océanos de todo el mundo. Las imágenes de la contaminación por plástico en el mar nos han llevado a ver nuestros océanos como mares de plástico. Y lo cierto es que, en algunos casos, este peligroso y -prácticamente- indestructible material se ha acumulado, formando verdaderas islas de plástico (Aqua Fundación, 2020).

En la industria del plástico, la materia prima utilizada es un derivado del petróleo, lo que obliga a los países no petroleros a importar tanta materia prima para la industria del plástico, así como

los productos finales elaborados con dicho material. Los productos importados para la industria son numerosos: polímeros para su transformación; insumos para la producción de envases finales o partes de estos (tapas) destinados en su mayoría a la industria de alimentos y bebidas.

Con los datos obtenidos del INEC a través del último censo nacional, se conoció un dato alarmante: un promedio del 83% de los hogares en Ecuador no reciclan los residuos que producen. Hay iniciativas en las principales ciudades.

A escala nacional, el principal residuo clasificado fue el plástico con un 46,04%, seguido del 40,09% corresponde a residuos orgánicos, el 37,70% es papel y cartón, el 46,04% es plástico, el 20,12% es vidrio y materiales ferrosos el 20,20% (INEC, 2020).

Revisando la situación actual del proceso de trituración en la empresa ECOM, se sabe que, dentro del mismo, debido al volumen de producción, no se requería de un equipo que se encargue en específico del proceso de trituración, realizándose el mismo de manera manual por parte de los operarios de la empresa.

Con la demanda de los productos de la empresa y de las necesidades particulares de varios procesos dentro de ECOM, es preciso contar con una máquina que cumpla con los requerimientos a la par del flujo de insumos dentro de los distintos procesos, cambiando así el proceso y optimizando los recursos existentes en la empresa en mención.

## **6.2. Preguntas de investigación**

¿Cuáles son las necesidades de la empresa ECOM, en base a la trituración de las botellas plásticas?

## **6.3. Delimitación del problema**

### **6.3.1. Delimitación espacial**

La investigación y su desarrollo se realizará en el Cantón Santo Domingo de los Tsáchilas, Provincia de Santo Domingo con el personal de la empresa ECOM.

### **6.3.2. Delimitación temporal**

La investigación y desarrollo se efectuará de octubre 2021 a febrero 2022.

### **6.3.3. Delimitación conceptual**

El proyecto se encuentra dentro del área de diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

## **7. OBJETIVOS**

### **7.1. Objetivo General**

Implementar una máquina trituradora de botellas de plástico en la empresa ECOM en la Ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas para minimizar la contaminación ambiental

### **7.2. Objetivos específicos**

- Identificar las necesidades de la empresa ECOM, para determinar características elementales de la máquina trituradora de botellas.
- Evaluar alternativas de diseño y los parámetros deseables dentro de la empresa en base a las necesidades descubiertas.
- Dimensionar y diseñar los distintos componentes de la máquina trituradora de botellas plásticas en base a los parámetros antes definidos.
- Implementación de la máquina trituradora en los procesos de la empresa y puesta en marcha.

## 8. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS

**Tabla 3.** Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos

<b>Objetivos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Resultados de las actividades</b>	<b>Descripción (técnicas e instrumentos)</b>
Identificar las necesidades de la empresa ECOM, para determinar características elementales de la máquina trituradora de botellas.	Levantamiento de información de las necesidades actuales de la empresa ECOM	Información de las necesidades de la empresa	Observación directa dentro de la empresa
Evaluar alternativas de diseño y los parámetros deseables dentro de la empresa en base a las necesidades descubiertas.	Elaborar un cuadro de alternativas. Ponderar las alternativas de diseño.	Alternativa más eficiente según los parámetros evaluados	Cuadro de ponderaciones
Dimensionar y diseñar los distintos componentes de la máquina trituradora de botellas plásticas en base a los parámetros antes definidos.	Selección y diseño de elementos y componentes. Generar una ficha técnica de la máquina	Elementos según las características y dimensiones adeudas	Cálculos de diseño. Catálogos de componentes.
Implementación de la máquina trituradora en los procesos de la	Reemplazo del proceso existente de trituración de botellas plásticas	Máquina funcional en el proceso	Observación directa. Datos del proceso

empresa y puesta en marcha			
-------------------------------	--	--	--

Fuente: Autor

## 9. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### 9.1. Reciclaje

El reciclaje es la actividad de recuperar los desechos sólidos al fin de reintegrarse al ciclo económico, utilizándolos o aprovechándose como materia prima para nuevos productos. Se indica que el reciclaje es uno de los conceptos de las tres erres, las otras dos son reducir, rehusar cuyo objetivo es controlar el exceso de generación de basura, el concepto de reducir implica realizar cambios en la conducta diaria para generar una menor cantidad de residuos, rehusar o recuperar es darles la máxima utilidad a las cosas sin necesidad de destruirlas o desecharlas (Bolaños Zea, 2019).

El reciclaje es una cuestión individual que forma parte de un problema general social es decir que a nivel personal solo podemos reciclar una parte mínima de nuestra basura. Sin embargo, el reciclaje de la mayoría de materiales actuales requiere un tratamiento complejo que sólo resulta viable a nivel industrial. En la actualidad, la mayoría de las actividades de reciclaje en el mundo desarrollado tienden a realizarse por medio de programas oficiales administrados por las municipalidades y que usualmente siguen políticas establecidas a nivel estatal (provincial) o nacional (Reyes Curcio, Pellegrini Blanco, & Reyes Gil, 2015).

### 9.2. Medio ambiente

Al hablar de reciclaje en general, es casi imposible que no abordemos el tema del medio ambiente pues están directamente relacionados el uno con el otro. El concepto de medio ambiente no está completamente definido ni se ha precisado con exactitud todo lo que concierne, sin embargo, la expresión “medio ambiente” remite a un conjunto de elementos del medio natural como la vegetación, la fauna, la tierra, el clima, el agua, y su interrelación (Sanmartín Ramón, Zhigue Luna, & Alaña Castillo, 2017).

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente en Estocolmo 1972 lo define como: “Medio ambiente es el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas” (Naciones Unidas, 1972).

### 9.3. Botellas de Plástico:

En 1974, en Estados Unidos, se realizó la primera comercialización de PET para botellas, desde entonces ha experimentado un gran crecimiento y una continua demanda, ya que ofrece características favorables en cuanto a la resistencia a los agentes químicos, gran transparencia, ligereza, comodidad en su manejo y en cuanto a su fabricación, los costes son menores en comparación con otros tipos de plástico, por lo que actualmente es el envase más utilizado para la comercialización de líquidos en productos como lácteos, bebidas minerales, carbonatados, aceites, lubricantes. También se utiliza para transportar productos en polvo o pastillas, como medicamentos o vitaminas (Ayala, 2009).

**Figura 1.** Botella plástica



**Fuente:** IStock (2018).

### 9.4. Procesos para el aprovechamiento de los residuos

A continuación, se desarrollarán todos los procesos incluidos en la separación de residuos y las formas de segregación de estos:

#### **9.4.1. Separación de residuos**

Se pueden separar de acuerdo a las especificaciones del material del cual son residuos, se pueden separar plásticos, vidrios, metales, papeles, etc.

#### **9.4.2. Formas de segregación de residuos**

Separación de la fuente Es la recuperación de los productos que pueden pasar por el proceso de reciclado en el lugar donde se originan es decir en las casas, en las fábricas, los restaurantes, etc. Estos restos de productos que pueden servir para el proceso de reciclado son trasladados a los centros de acopio y reciclaje correspondientes de acuerdo a sus características en donde los almacenan y en algunos casos son preparados para su posterior proceso o para ser exportados.

De acuerdo con la Autoridad de Desperdicios Sólidos (ADS) (2019), la ventaja de la segregación de residuos es que los productos que pueden ser reciclados cuando son recobrados al no estar en contacto con otro tipo de desecho ya sea orgánico o inorgánico no están contaminados. Esta modalidad ayuda a que el volumen de los residuos sólidos que llegan a las plantas de relleno sanitario sea muchísimo menor, generando así otra de sus ventajas la cual es la de disminuir los costos municipales destinados a la recolección de residuos.

Para que esta modalidad tenga un éxito total va a depender en mayor parte al continuo desarrollo de programas los cuales eduquen y concienticen a la sociedad sobre la importancia del reciclaje en nuestra vida diaria. - Separación manual después del recogido ADS (2019) concluye que “este tipo de separación ocurre después de la recogida. Este método no es recomendado al presentar problemas de salud y seguridad porque los materiales a recuperarse ya se han mezclado con otros desechos contaminados”. - Separación mecánica Según ADS (2019) la recuperación de materiales mediante medios mecánicos o electromecánicos es factible luego del recojo. Muchos de estos sistemas de separación mecánica van separando todos los materiales, lo que permite recuperar una cantidad mayor de los desechos sólidos en comparación a otros métodos manuales.

### **9.5. Reciclaje del PET**

Actualmente en el mundo se ha ido tomando conciencia acerca del aprovechamiento de los desechos plásticos los cuales han venido causando un gran daño al medio ambiente, debido a

que su descomposición tarda aproximadamente 700 años, gracias a acuerdos o incentivos por parte de algunos gobiernos se ha podido motivar a las personas a que separen y clasifiquen los desechos para que así sea más fácil para las empresas reutilizar estos desechos en otras aplicaciones (Bruna Tapia & Suárez Coca, 2016).

## 9.6. Caracterización del PET

Concluye que se reconoce con el número “01” o también utilizando las siglas PET, cercado por tres flechas en la base de los envases fabricados con este material, según el procedimiento identificación creado por la Sociedad de la Industria de Plásticos (SPI) (Bruna Tapia & Suárez Coca, 2016).

**Figura 2.** Símbolo del PET



**Fuente:** Badia et al., (2017)

Los termoplásticos son fácilmente reciclables debido a que tienen la capacidad de fundirse cuando se calientan y por lo tanto se pueden moldear repetidas veces sin alterar demasiado sus propiedades entre ellos se encuentran: PET, PVC, PP, PEAD, PEBD, PS, EPS y PC.

En la actualidad existen más de 50 tipos de plástico, los cuales tienen tiempos de degradación usualmente largos que varían según las propiedades de cada uno. Las botellas de Polietileno Tereftalato (PET) demoran 150 años en descomponerse y sus tapas de polipropileno (PP) duran entre 100 y 1000 años (Bruna Tapia & Suárez Coca, 2016).

El tereftalato de polietileno (PET) fue patentado como un polímero para fibra por J. R. Whinfield y J. T. Dickinson en 1.941. La producción comercial de fibra de poliéster comenzó

en 1.955, desde entonces se registró un espectacular crecimiento del producto a partir del descubrimiento de sus múltiples posibilidades de uso, a partir de 1.976 se lo usa para la fabricación de envases, principalmente para bebidas. También se utiliza para envasar agroquímicos, limpiadores líquidos, y medicamentos (QuimiNet, 2008).

El PET fabrica a partir de dos materias primas derivadas del petróleo las cuales son: etileno y paraxileno, cuya forma es de pequeños cilindros o chips, los cuales, tras un proceso de secado se funden e inyectan a presión en máquinas de múltiples cavidades dándoles preformas. Por último, son soplados con aire limpio a presión hasta llegar a su forma final.

El PET posee una gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión y al impacto, resistencia química, alto grado de transparencia, capaz de conservar el sabor y aroma de los alimentos, estas propiedades han hecho de este plástico un producto con altas demandas en el mercado global (Caviedes Aguirre, 2020).

## **9.7. Métodos de reciclaje del PET**

Para el proceso de reciclaje de plástico se requiere del conocimiento del rango de temperaturas a considerar para fundir los polímeros y evitar que se degraden. Este rango varía dependiendo de las composiciones de los diferentes tipos de polímeros. Para fundir PET se recomienda trabajar entre 256 y 378°C y para Polipropileno PP, entre 172 y 274°C. Pasados esos valores, los polímeros comienzan a descomponerse.

Se distinguen métodos los cuales se utilizan para un correcto reciclado del PET, los cuales presentan ventajas y desventajas uno sobre otro.

### **9.7.1. Reciclado Mecánico.**

Se basa en el tratamiento de los residuos plásticos mediante métodos físicos de purificación y la reducción de los mismos a escamas o flakes de PET, los cuales pueden ser extruidos y granulados en forma de pellets. El producto obtenido presenta propiedades inferiores al PET virgen y la imposibilidad de ser utilizado nuevamente en envases que estén en contacto con alimentos por el grado de contaminación que presenta.

Recientemente se han desarrollado métodos denominados de súper-limpieza (super clean) que permiten obtener PET por reciclado mecánico. El PET obtenido mediante estos métodos es apto

para el uso en contacto con alimentos. Consisten en tratamientos de descontaminación térmica, químico-físico (hidrólisis superficial de soda cáustica-tratamiento térmico) y mediante extracción con disolventes (Caviedes Aguirre, 2020).

### **9.7.2. Reciclado Químico.**

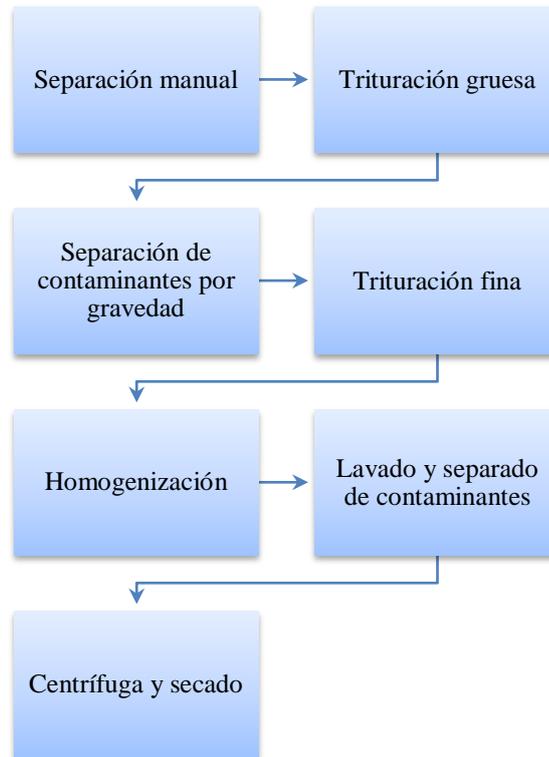
Es una alternativa viable para el tratamiento de desechos de PET. Este método presenta la ventaja que hace posible la obtención de materias primas orgánicas que posteriormente podrían ser usadas para producir nuevamente PET apto para estar en contacto con alimentos u otros materiales con distintas propiedades. Pero esto dependerá del grado de pureza que presenten los monómeros obtenidos.

Cabe destacar que previo a todo proceso de reciclaje químico le precede un reciclaje mecánico para la obtención de escamas de PET. El tamaño de las escamas puede variar entre 2 (o menos) a 10 mm. Una granulometría más fina significa una disminución en el tiempo del proceso debido a un incremento en la velocidad de reacción por el aumento de la superficie de contacto.

De los procesos químicos para la despolimerización de PET, la metanólisis, la hidrólisis y sobre todo la glicólisis, son los procesos más utilizados. Sin embargo, la metanólisis e hidrólisis se llevan a cabo a condiciones de presión y temperatura (Caviedes Aguirre, 2020).

### **9.8. Proceso de reciclado del PET**

Podemos encontrar dos métodos de reciclar, mecánicamente y químicamente, debido a que en el proyecto se involucra la trituración el enfoque será el reciclado mecánico. En el reciclado mecánico encontramos una serie de procesos a los que el PET va a estar sometido, siendo su limpieza y procesamiento posibles sin la intervención química en la estructura de este. En la Figura 3, a se muestran todas las etapas por las cuales pasan las botellas PET desde su recolección hasta forma en escamas.

**Figura 3.** Símbolo del PET

**Fuente:** Autor

De todo el proceso de reciclaje de botellas PET, en el triturado el objetivo es reducir los envases PET, este proceso se realiza mediante un molino granulador de cuchillas, teniendo en cuenta que reducir el tamaño ayuda a un manejo más fácil de este en cuanto a transporte y almacenaje.

El molino granulador de cuchillas son los que más se utilizan para la trituración de botellas PET debido a que el proyecto se enfoca en este tipo de máquina, a continuación, se describirán las partes que componen a esta.

Para la alimentación de PET al molino, este posee una tolva de alimentación la cual está ubicada en la parte superior del molino, después de la tolva de alimentación se encuentra la tobera, la cual permite posicionar al PET directamente en la cámara de corte.

Para realizar el corte o triturado del PET existen diferentes tipos de sistemas de cuchillas rotatorias, un ejemplo es el sistema de cuchillas de corte oblicuo cuya cualidad es realizar corte suave y limpio, las cuchillas tienen una curvatura, no son totalmente rectas, para completar la configuración de la cámara de corte de este tipo de sistema, se tienen los porta cuchillas, se sujetan las cuchillas oblicuas, a su vez los porta cuchillas van fijos en un eje rotatorio el cual

está soportado en medio de chumaceras e impulsado por un motor eléctrico, que conduce su potencia mediante poleas.

### 9.8.1. Equipo para reducción de tamaño

Los equipos para reducción de tamaño se dividen en trituradores, molinos, molinos de ultrafinos y máquinas de corte. Los trituradores se encargan de romper las piezas grandes de materiales sólidos en pequeños pedazos. Se pueden distinguir las distintas etapas de trituración y molienda a la salida de la máquina (Freire & Gonzales, 2013):

#### 9.8.1.1. Trituración

Dentro del proceso de trituración es posible conseguir los siguientes tamaños de producto final:

**Tabla 4.** Tamaño del triturado

<b>Tipo de triturado</b>	<b>Tamaño</b>
Trituración gruesa	15 cm
Trituración mediana	Entre 3 y 15 cm.
Trituración fina	Entre 0,5 y 3 cm.

**Elaborado por:** Autor

#### 9.8.1.2. Molienda

Dentro del proceso de molienda, es posible tener los siguientes espesores del producto terminado:

**Tabla 5.** Tamaño del triturado

<b>Tipo de molienda</b>	<b>Tamaño</b>
Molienda gruesa	Entre 1 y 3 mm
Molienda fina	Menores de 1 mm.

**Elaborado por:** Autor

## 9.8.2. Trituradoras

El funcionamiento de los molinos y las máquinas trituradoras son semejantes, la diferencia está en el tamaño de los materiales a procesar y con ello es diferente también la fuerza a ejercer, las máquinas trituradoras se utilizan para romper materiales duros y de gran tamaño, su principio de funcionamiento es la compresión, cizallamiento, impacto y a tracción. Existen diversos tipos de máquinas trituradoras cuyos diseños dependen del uso que se vaya a dar. Para el presente trabajo de investigación, se tiene como alternativas principales los siguientes trituradores (Vásconez, 2013):

### 9.8.2.1. Molino triturador de 2 ejes

Este tipo de máquina está compuesta generalmente por su sistema de trituración con dos ejes porta cuchillas y peines de separación. Cuando este tipo de máquina entra en funcionamiento, el plástico comienza a tomar la forma de acuerdo al corte al que es sometido, quedando así reducido a pequeños trozos. Además, debido a su configuración de fresas de corte, éstas pueden triturar diferentes tipos de materiales, lo que la convierte en una de las mejores máquinas para la industria del reciclaje (Falconi Flores, et al 2009).

**Figura 4.** Molino triturador de 2 ejes

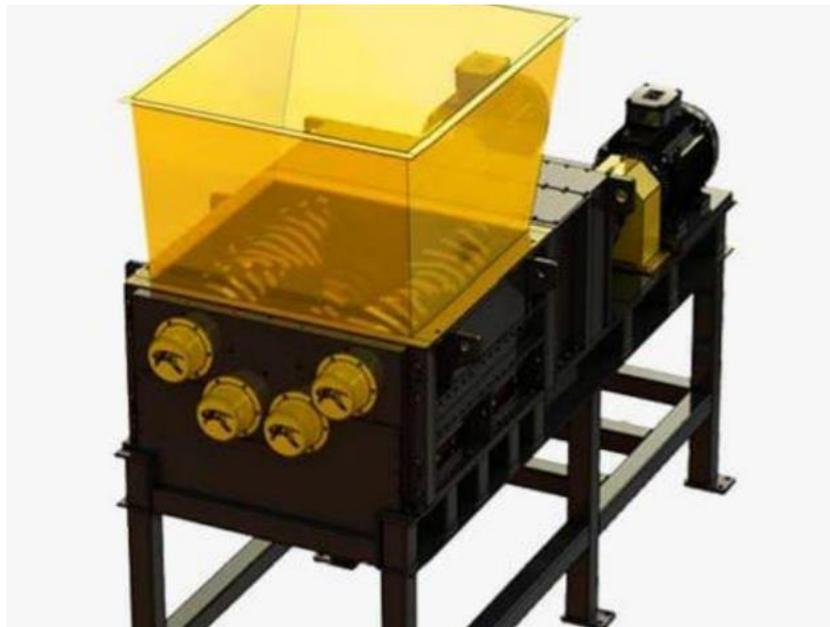


**Fuente:** Cajusol, (2020)

### **9.8.2.2. Molino triturador de 4 ejes**

Las máquinas trituradoras de 4 ejes están diseñadas para uso industrial, ya que su capacidad de producción es mucho mayor. Se trata de un molino cuyo objetivo es triturar todo tipo de residuos plásticos en pequeños trozos listos para ser reciclados. Este tipo de máquina cuenta con 4 ejes porta cuchillas, lo que la convierte en una máquina muy fiable. El sistema de alimentación se obtiene mediante un motorreductor, donde se acoplan los ejes que contienen las fresas de corte, equipados con un conjunto de cribas de 12 a 38 mm, lo que permite obtener diferentes tamaños de plástico triturado (Falconi Flores, et al 2009).

**Figura 5.** Molino triturador de 4 ejes



**Fuente:** Cajusol, (2020)

### **9.8.2.3. Molinos a cuchillas o Granuladores GR**

Una de las características más importantes de este tipo de trituradoras es que tienen una serie de palas formadas en el rotor que hace que en el momento en que empiezan a girar comience a triturar el material y obteniendo diferentes tamaños gracias a sus cribas acopladas.

Una de las aplicaciones más importantes de estas máquinas es:

- Proceso de trituración fina.
- Trituración de papel, cartón y madera.

## 9.9. Componentes eléctricos de la máquina trituradora

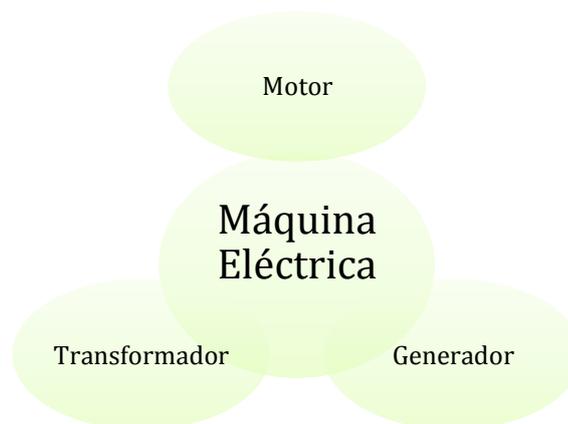
Dentro de los componentes del sistema de la máquina abordada en la presente investigación, se tienen los siguientes:

### 9.9.1. Máquina eléctrica

Se entiende por máquina eléctrica a un dispositivo que permite convertir la energía mecánica en energía eléctrica o la energía eléctrica en energía mecánica, también convertir la energía eléctrica de un nivel de CA. a otro nivel de CA requerido, cuando se utiliza para transformar la energía mecánica en energía eléctrica se denomina generador, cuando se utiliza para convertir la energía eléctrica en energía mecánica se denomina motor, y cuando se utiliza para transformar la energía eléctrica de CA de una magnitud a otra, se denomina simplemente transformador. Puede utilizarse en ambos modos, como generador o como motor, dependiendo de su finalidad, ya que puede convertir la energía mecánica en eléctrica o viceversa (UniSalía, 2021).

Dentro de los tipos de máquinas eléctricas, tenemos las siguientes:

**Figura 6.** Tipos de máquinas eléctricas



**Fuente:** (UniSalía, 2021).

- Generador: Transforma la energía mecánica en eléctrica, funciona de la siguiente manera:
- Motor: Transforma la energía eléctrica en mecánica, funciona de la siguiente manera:

- Transformador: El transformador convierte la energía eléctrica c.a. de entrada, de un nivel determinado de voltaje y corriente a una energía eléctrica c.a. de salida, de unos niveles de voltaje y corriente específicos, requeridos para su utilización (UniSalia, 2021).

**Figura 7.** Motor eléctrico



**Fuente:** (Intec, 2015)

## **9.9.2. Sistema de accionamiento**

Existen varias formas de controlar un circuito ya sea a distancia o localmente y veremos los elementos físicos que vamos a encontrarnos.

Dentro de los dispositivos de accionamiento de una máquina, se abordan los que son de interés para la máquina trituradora, estos son los siguientes:

### **9.9.2.1. Interruptor**

El dispositivo más sencillo de todos es el interruptor, se llama interruptor, a este dispositivo que es capaz de abrir o cerrar un circuito. En los casos en los que el circuito a conectar es de gran potencia al interruptor se le llama seccionador o interruptor de potencia.

**Figura 8.** Selector



Fuente: (Sein, s.f.)

### 9.9.2.2. *Contactador*

Se puede considerar como un interruptor con mando a distancia, que vuelve a su posición inicial cuando hemos dejado de energizar la bobina. De este modo, el contactador interrumpe o desconecta el circuito en caso de fallo o interrupción del suministro eléctrico, ya que la fuerza del electroimán no sería suficiente para mantener los contactos móviles en su posición (Rivera, 2016).

Las partes de un contactador son las siguientes:

- Contactos principales: Están destinados a abrir y cerrar el circuito de alimentación. Normalmente están abiertos en reposo.
- Contactos auxiliares: Son los que están unidos mecánicamente a los contactos principales, estos son los encargados de abrir y cerrar los circuitos auxiliares y de control del contactador.
- Bobina: Es el elemento que genera una fuerza de atracción magnética cuando pasa una corriente por él.
- Armadura: Es la parte móvil del contactador. Desplaza los contactos principales y auxiliares mediante la fuerza de atracción originada en la bobina.
- Núcleo: Es la parte fija por la que se cierra el flujo magnético producido por la bobina.
- Muelle de retorno: Estos resortes son los encargados de devolver los contactos a su posición original una vez que la fuerza magnética termina.
- Extintor de chispas: Son las carcasas en las que se alojan los contactos y que tienen la función de provocar la extinción del arco de ruptura.

- Soporte: Es el conjunto que permite fijar las partes del contactor entre sí y el contactor a su placa de montaje (Rivera, 2016).

**Figura 9.** Contactor



**Fuente:** (MAZ, 2016)

### 9.9.3. Dispositivos de protección

Los dispositivos de protección son equipos eléctricos que protegen a las personas y a los componentes de los circuitos de los daños que pueden causar los fallos eléctricos (Rivera, 2016).

Algunos de ellos son:

- Fusibles
- Relé térmico
- Disyuntores
- Protectores contra fallas de corriente a suelo

Todos ellos tienen la misma función, que es abrir el circuito para cortar la corriente, sin embargo, no utilizan los mismos principios para detectar los fallos eléctricos. Todos los sistemas de protección se colocan en serie con el equipo a proteger (Rivera, 2016).

### 9.9.3.1. Relé térmico

Un relé térmico es un dispositivo de protección diseñado para proteger contra sobrecargas, fallos de fase y diferencias de carga entre fases. En su interior, el relé térmico cuenta con una lámina bimetálica formada por dos tiras de diferentes metales, que se expanden gracias al calor producido por el paso de la corriente a través de ellas. Cuando se produce esta expansión, el relé desconecta el circuito en el que está instalado (Rivera, 2016).

**Figura 10.** Relé térmico



Fuente: (Tramontina, 2010)

### 9.9.4. Elementos de señalización

Las luces piloto están disponibles para brindar control visual de que se está llevando a cabo, esto quiere decir que se enciende cierta luz cuando la máquina esta en marca, parada o esta sufre alguna anomalía.

**Figura 11.** Contactor



Fuente: (Megafenix, 2019)

## **9.10. Principio de funcionamiento y partes de la Máquina trituradora de plástico**

Este sistema de trituración se caracteriza por tener 2 ejes para las cuchillas giratorias con tamices y peines separadores. El proceso de trituración comienza con la carga del material a través de una tolva diseñada con capacidad de corte y con una baja velocidad de rotación, garantizando así una mínima absorción de energía. El corte se realiza de forma que se va desgarrando el plástico en pequeños trozos. Y si es posible, una sobrecarga de material hace que se produzca instantáneamente un cambio de giro en el motor, regulando así de forma que se evite una posible sobrecarga de esfuerzos en las cuchillas.

De acuerdo a lo mencionado por Falconi Flores, et al. (2009) la máquina trituradora tiene las siguientes partes:

### **9.10.1. Unidad de carga**

También llamada tolva en esta parte de la máquina es donde se inicia la trituración ya que se deposita el material.

### **9.10.2. Sistema de trituración**

En esta parte es donde se realiza el proceso de trituración, en esta zona se alojan las cuchillas que se encargan de cortar el plástico para convertirlo en pequeños trozos.

### **9.10.3. Sistema de transmisión**

El sistema de transmisión está formado por un motor eléctrico de corriente alterna acoplado a un motor reductor que se une conjuntamente al eje que contiene las cuchillas.

### **9.10.4. Sistema de seguridad**

Este sistema es adecuado en la máquina para prevenir posibles sobrecargas que se puedan generar durante el proceso de trituración, su función consiste en invertir temporalmente el motor al detectar un atasco y evitar que se produzcan problemas mayores e incluso la rotura total de la máquina.

## 9.11. Diseño de máquinas trituradoras de plástico

Para la fabricación de las máquinas trituradoras de plásticos se deben tener en cuenta los siguientes parámetros de diseño (Falconi Flores, et al 2009).

- Potencia mecánica del motor principal
- Sistema de transmisión
- Número de cuchillas
- Número de ejes porta cuchillas
- RPM de las cuchillas
- Cantidad de producción en kg/h

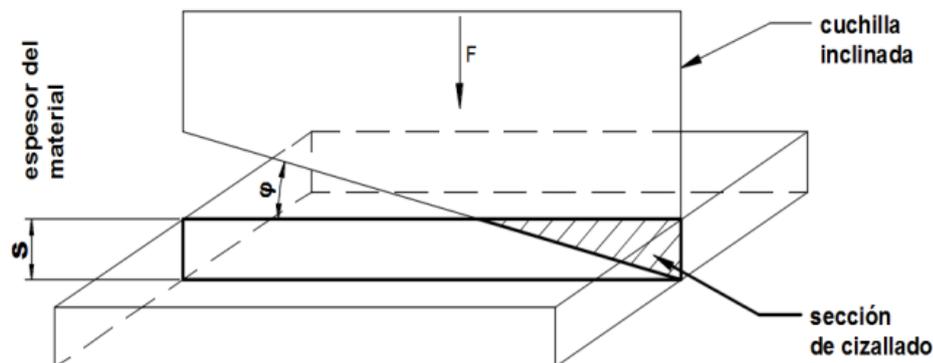
### 9.11.1. Cálculo de fuerza de corte para cizallas con cuchillas inclinadas

El cálculo de la fuerza de corte en cuchillas inclinadas es similar que en el de cuchillas paralelas,

$$F_H = \tau_B * A_S \quad (\text{Ec. 1})$$

La diferencia con la ecuación antes descrita, radica en la sección de cizallado ( $A_S$ ), de manera esquemática, para entender el comportamiento del corte, se revisa la figura presentada a continuación:

**Figura 12.** Sección de cizallado



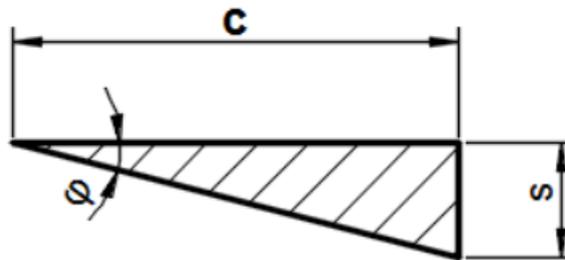
Fuente: (Rivera Gutierrez & Ormaza Nieto, 2015)

Para comprender de una mejor manera se debe caer en cuenta que en una cizalla de cuchillas paralelas se tiene que calcular la fuerza necesaria ( $F_H$ ) para cortar toda una sección rectangular,

en cambio en cizallas de cuchillas inclinadas se tiene que calcular la fuerza necesaria ( $F_H$ ) para cortar una sección triangular, y al mantenerse esta fuerza constante durante el avance de la cuchilla.

La sección de cizallado ( $A_S$ ) es una sección triangular y para su análisis consideremos únicamente dicha sección, tal como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 13.** Sección de cizallado



**Fuente:** (Rivera Gutierrez & Ormaza Nieto, 2015)

En base a la sección triangular de cizalladura y al ángulo de un triángulo rectángulo, se tienen las siguientes expresiones:

$$A_{\Delta} = \frac{c * s}{2} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\tan \tan \varphi = \frac{s}{c} \quad (\text{Ec. 3})$$

Despejando c en la ecuación 3 y reemplazando en la ecuación 2, se tiene la siguiente expresión:

$$A_{\Delta} = A_S = \frac{s^2}{2 * \tan \tan \varphi} \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

$A_{\Delta}$ : Sección triangular de cizalladura

s: Espesor de la plancha a cortar

$\varphi$ : Ángulo de inclinación de la cuchilla

Finalmente se tiene la ecuación 5, que se obtienen reemplazando la expresión antes descrita en la ecuación 1.

$$F_H = \frac{\tau_B * s^2}{2 * \tan \varphi} \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

$F_H$ : Fuerza de corte

$\tau_B$ : Resistencia a la cizalladura

$s$ : Espesor de la plancha a cortar

$\varphi$ : Ángulo de inclinación de la cuchilla

### 9.11.2. Cálculo de potencia del motor

Se entiende a la potencia como la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo. En el caso de motores de máquinas, la potencia producida por el motor puede calcularse multiplicando el par motor por la velocidad angular.

Para la estimación de la potencia se puede emplear la siguiente expresión:

$$H = \frac{\pi * F * d * n}{60000} \quad (\text{Ec. 6})$$

### 9.11.3. Cálculo de la carga-vida del rodamiento, a confiabilidad nominal

Una carga nominal de catálogo se define como la carga radial que ocasiona que el 10 por ciento de un grupo de cojinetes falle durante la vida nominal de un fabricante de cojinetes. La carga nominal de catálogo se denominará como  $C_{10}$ . Esta carga se conoce a menudo como una Carga Nominal Dinámica Básica, o en ocasiones sólo como Carga Nominal Básica, si la vida nominal del fabricante es de  $10^6$  revoluciones. La carga radial que sería necesaria para causar una falla durante una vida tan baja sería demasiado elevada. En consecuencia, la carga nominal básica debe verse como un valor de referencia y no como una carga que realmente pueda ser alcanzada por un cojinete (Budynas & Nisbett, 2012).

Al seleccionar un cojinete para una aplicación dada, es necesario relacionar la carga deseada y los requisitos de vida con la carga nominal de catálogo publicada que corresponde a la vida nominal de catálogo, de esto se revisa la siguiente ecuación:

$$F_R * L_R^{\frac{1}{a}} = F_D * L_D^{\frac{1}{a}} \quad (\text{Ec. 7})$$

En este caso, las unidades de  $L_R$  y  $L_D$  son revoluciones y los subíndices R y D representan a las vidas nominal y deseada. En ocasiones es conveniente expresar la vida en horas a una velocidad dada (Budynas & Nisbett, 2012). En consecuencia, cualquier vida L en revoluciones puede expresarse como:

$$L = 60 * L * n \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde  $L$  está en horas,  $n$  en rev/min y 60 min/h es el factor de conversión adecuado. Al reemplazar la expresión 9 en la ecuación 6 tenemos:

$$F_R * (L_R * n_R * 60)^{\frac{1}{a}} = F_D * (L_D * n_D * 60)^{\frac{1}{a}} \quad (\text{Ec. 9})$$

Despejando  $F_R$  de la ecuación se tiene:

$$C_{10} = F_R = F_D * \left( \frac{L_D * n_D * 60}{L_R * n_R * 60} \right)^{\frac{1}{a}} \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde:

$C_{10}, F_R$  : clasificación de catálogo, lbf o kN

$L_R$ : vida nominal en horas

$n_R$ : velocidad nominal, rpm

$F_D$ : carga radial deseada, lbf o kN

$L_D$ : vida deseada, horas

$n_D$ : velocidad deseada, rpm

En la expresión antes descrita se tiene la carga nominal de catálogo  $C_{10}$ , se obtiene una expresión para una carga nominal de catálogo en función de la carga deseada, la vida deseada y la vida nominal de catálogo.

Para los cálculos, hay que revisar que el resultado de muchas pruebas de varias clases de cojinetes es:

- $a = 3$  para cojinetes de bolas
- $a = 10/3$  para cojinetes de rodillos (rodillo cilíndrico y cónico)

#### 9.11.4. Factor de seguridad del eje

Para el cálculo del factor de seguridad, se puede considerar el diseño a la fatiga del mismo. Para el diseño a fatiga se procede a encontrar los factores que determinan la vida útil del elemento a diseñar.

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S_e' \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde:

$S_e$ : límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso

$k_a$ : factor de modificación por la condición superficial

$k_b$ : factor de modificación por el tamaño

$k_c$ : factor de modificación por la carga

$k_d$ : factor de modificación por la temperatura

$k_e$ : factor de confiabilidad

$k_f$ : factor de modificación por efectos varios

$S_e'$ : límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

#### 9.11.4.1. Factor de superficie $k_a$

El factor de modificación depende de la calidad del acabado de la superficie de la parte y de la resistencia a la tensión. A fin de determinar expresiones cuantitativas para acabados comunes de parte de máquinas (esmerilada, maquinada o estirada en frío, laminada en caliente y forjada).

Los datos pueden representarse mediante:

$$k_a = a * S_{ut}^b \quad (\text{Ec. 12})$$

Donde,  $S_{ut}$  es la resistencia mínima a la tensión y los valores de  $a$  y  $b$  se encuentran en la tabla siguiente:

**Tabla 6.** Parámetros para el cálculo del factor de superficie

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	$S_{ut}, kpsi$	$S_{ut}, MPa$	
Esmerilado	1,34	1,58	-0,085
Maquinado o laminado en frío	2,70	4,51	-0,265
Laminado en caliente	14,40	57,70	-0,718
Como sale de la forja	39,90	272,00	-0,995

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2012).

#### 9.11.4.2. Factor de tamaño $k_b$

Los resultados para flexión y torsión pueden expresarse con las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}
 k_b &= \{(d/0,3)\}^{-0,107} \\
 &= 0,879 * d^{-0,107} \quad 0,91 * d^{-0,157} \quad (d/7,62)^{-0,107} \\
 &= 1,24 * d^{-0,107} \quad 1,51 * d^{-0,107} \quad 0,11 \leq d \\
 &\leq 2 \text{ pulg} \quad 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \quad 2,79 \leq d \\
 &\leq 51 \text{ mm} \quad 51 < d \leq 254 \text{ mm}
 \end{aligned} \quad (\text{Ec. 13})$$

### 9.11.4.3. Factor de carga $k_c$

Cuando se realizan los ensayos de fatiga con carga de flexión rotatoria, axial (empujar y jalar) y de torsión, los límites de resistencia a la fatiga difieren con  $S_{ut}$ .

Aquí, se especificarán valores medios del factor de carga en las siguientes expresiones:

$$k_c = \{1 \text{ Flexión } 0,85 \text{ Axial } 0,59 \text{ Torsión} \quad (\text{Ec. 14})$$

### 9.11.4.4. Factor de temperatura $k_d$

Se toma en cuenta la temperatura surgen dos tipos de problemas. Si se conoce el límite de la resistencia a la fatiga de una viga rotativa a temperatura ambiente, se emplea la siguiente expresión:

$$k_d = \frac{S_T}{S_{RT}} \quad (\text{Ec. 15})$$

Para la estimación del factor, se revisa la tabla a continuación:

**Tabla 7.** Efecto de la temperatura de operación

Temperatura, °C	$\frac{S_T}{S_{RT}}$	Temperatura, °F	$\frac{S_T}{S_{RT}}$
20	1,000	70	1,000
50	1,010	100	1,008
100	1,020	200	1,020
150	1,025	300	1,024
200	1,020	400	1,018
250	1,000	500	0,995
300	0,975	600	0,963
350	0,943	700	0,927

400	0,900	800	0,872
-----	-------	-----	-------

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2012).

#### 9.11.4.5. Factor de confiabilidad $k_e$

El análisis que se presenta aquí es aplicable a la dispersión de datos, para este propósito se tiene la siguiente expresión:

$$k_e = 1 - 0,08 * z_a \quad (\text{Ec. 16})$$

Se proporciona una tabla con los valores de confiabilidad usuales.

**Tabla 8.** Factores de confiabilidad

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_a$	Factor de confiabilidad $k_e$
50	0	1
90	1,288	0,897
95	1,645	0,868
99	2,326	0,814
99,9	3,091	0,753
99,99	3,719	0,702

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2012).

#### 9.11.4.6. Factor de efectos varios $k_f$

Aunque el factor  $k_f$  tiene el propósito de tomar en cuenta la reducción del límite de resistencia a la fatiga debida a todos los otros efectos, en verdad significa un recordatorio que estos efectos se deben tomar en cuenta, porque los valores reales de  $k_f$  no siempre están disponibles

### 9.11.5. Cálculos de soldadura

Para los cálculos referentes a la soldadura, se estima el Costos en Operaciones de Soldadura, este costo se desglosa en los siguientes:

#### 9.11.5.1. Costo electrodo

Para el costo del electrodo

$$\text{Costo electrodo} \left[ \frac{\$}{m.l.} \right] = \frac{Pmd \left[ \frac{kg}{m.l.} \right] * \text{Valor electrodo} \left[ \frac{\$}{kg} \right]}{\text{Eficiencia deposición} [\%]} \quad (\text{Ec. 17})$$

Donde:

Pmd: Área seccional \* longitud \* densidad aporte.

Para la estimación la eficiencia de depósito, se tienen los valores previstos en la siguiente tabla, en base al proceso de soldadura.

**Tabla 9.** Eficiencia de aportación

<b>Proceso</b>	<b>Eficiencia depósito (%)</b>
Electrodo manual	60 – 70
MIG sólido	90
MIG tubular con protección	83
MIG tubular sin protección	79
TIG	95
Arco sumergido	98

Fuente: (INDURA S.A., 2007).

### 9.11.5.2. Costo mano de obra

El costo de mano de obra se estima de la siguiente forma

$$\text{Costo M.O.} \left[ \frac{\$}{\text{m.l.}} \right] = \frac{Pmd \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m.l.}} \right] * \text{Valor M.O y G.G.} \left[ \frac{\$}{\text{h}} \right]}{\text{Vel.depositic.} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] * F.\text{Operación} [\%]} \quad (\text{Ec. 18})$$

Para la estimación del factor de operación, se tienen los valores previstos en la siguiente tabla, en base al proceso de soldadura.

**Tabla 10.** Factor de operación

Proceso	Factor de operación (%)
Electrodo manual	5 – 30
MIG sólido	10 – 60
MIG tubular	10 – 60
TIG	5 – 20
Arco sumergido	50 – 100

Fuente: (INDURA S.A., 2007).

### 9.11.5.3. Costo gas

El costo del gas se estima de la siguiente forma

$$\text{Costo gas} \left[ \frac{\$}{\text{m.l.}} \right] = \frac{Pmd \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m.l.}} \right] * \text{Flujo gas} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] * \text{Valor gas} \left[ \frac{\$}{\text{m}^3} \right]}{\text{Vel.depositic.} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]} \quad (\text{Ec. 19})$$

Para la estimación del flujo del gas, se tienen los valores previstos en la siguiente tabla, en base al proceso de soldadura.

**Tabla 11.** Flujo de gas

<b>Proceso</b>	<b>Flujo de gas (m<sup>3</sup>/h)</b>
MIG sólido	0,8 – 1,2
MIG tubular	1,0 – 1,4
TIG	0,5 – 1,0

Fuente: (INDURA S.A., 2007).

## **10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

### **10.1. Tipos de investigación**

Para el desarrollo del presente trabajo, se distinguen las siguientes modalidades de investigación, tipos de investigación y métodos; los mismos que se describen en los siguientes puntos:

#### **10.1.1. Modalidad cualitativa y cuantitativa**

La presente investigación es cualitativa, la cual tiene como objetivo describir y evaluar respuestas generalizadas, para explicarlas y así demostrar hipótesis y sacar conclusiones; el análisis cualitativo es más frecuente en la entrevista o en las preguntas abiertas, o en el caso de que se emitan criterios específicos no cuantificables (Hernández Sampieri, 2014).

De acuerdo a lo antes citado, este trabajo se clasifica como un estudio de modalidad cualitativa, debido a que través de esta, se permitirá obtener, analizar y determinar las características de la problemática, con ello se podrá conocer y obtener información oportuna a través del análisis de la base bibliográfica-documental.

Es así que, en base a lo antes mencionado, con la revisión pertinente, se plantean los parámetros para el diseño y construcción de la trituradora de botellas plásticas.

Adicionalmente, en concordancia con el levantamiento de información en planta, se tiene un acercamiento con el gerente de la empresa, para determinar las particularidades del proceso, además de los parámetros obtenidos con la revisión bibliográfica.

La investigación presenta un enfoque cuantitativo, esta modalidad se centra en los números arrojados por cada respuesta cuestionada, se basa en la estimación numérica para responder a las preguntas de investigación a través de la interpretación de los resultados (Hernández Sampieri, 2014).

En la investigación se enfoca la problemática al estudio de variables susceptibles de medición y del análisis, esto se sitúa en un enfoque de características cuantitativas; a través de la aplicación de fórmulas para la parte del diseño, teniendo las dimensiones adecuadas de los

componentes de la trituradora, esto para aprovechar adecuadamente los insumos, con los que se dará solución a las necesidades de la empresa.

### **10.1.2. Tipos de investigación**

En el presente estudio se manejaron tipos de investigación que responden a una necesidad específica del estudio, por lo que, en el presente documento tenemos una investigación Bibliográfica – documental, De campo y Aplicada.

Es de tipo Bibliográfica – Documental, este es un tipo de investigación en el que la información recabada procede de documentos como libros, periódicos, revistas, documentos filmados o grabados, fuentes de internet verificables (Hernández Sampieri, 2014).

En la investigación se desarrolla un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de información, la misma que será obtenida a partir de fuentes seguras como revistas indexadas, investigaciones dentro de la rama de derecho. Además, se pretende referir bases conceptuales plasmadas en investigaciones previas, las cuales darán lineamientos precisos al desarrollo del diseño y de la investigación en general.

El tipo de investigación de campo, consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables; para lo cual se ayudará de una técnica e instrumento (Hernández Sampieri, 2014).

En este estudio, se emplea observación directa dentro de la empresa, para conocer la necesidad, asimismo se tiene un acercamiento a los procesos actuales dentro del área que se desea fortalecer con la implementación de la solución.

La investigación de tipo aplicada, permite desarrollar los conocimientos teóricos; para verificar la teoría de la realidad mediante pruebas prácticas que confirmen la información bibliográfica detallada en los apartados anteriores.

En el presente trabajo, se plasma este tipo de investigación al aplicar los conocimientos teóricos en el diseño y la construcción de la trituradora de botellas plásticas.

### **10.1.3. Métodos de Investigación**

A través de los métodos de investigación se podrá obtener conocimiento de una manera lógica, para ayudar a establecer la problemática de manera particular y generalizada, es así que, se plantean el método inductivo, analítico y comparativo, los cuales se describen a continuación:

Es un método científico que obtiene conclusiones generales, pasando de lo particular a lo general, también es un procedimiento de sistematización que, a partir de resultados particulares, intenta encontrar posibles relaciones generales que la fundamenten (Abreu, 2014).

Se emplea este método al pasar de los conceptos generales investigados, a los fundamentos que sirven de base para desarrollar esta investigación con una problemática particular, es así que se parte de las soluciones generales para la problemática, a tener una solución particular para la situación real de la empresa ECOM:

Mantiene un método analítico, el cual consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndose en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos; lo que permitirá llevar a una conclusión al finalizar el desarrollo de este estudio (Hernández Sampieri, 2014).

En la presente investigación, entendemos los parámetros que intervienen en la obtención de un material particulado específico, es así que, con el análisis respectivo, se tienen las bases para el diseño de la máquina.

Además, abordamos un método comparativo, este método, se realiza una comparación crítica entre los factores del objeto de estudio, generalmente representados por variables y constantes de la realidad estudiada, que también se pueden comparar con otras realidades similares (Abreu, 2014).

Este método se basa en generar puntos de análisis particular, los cuales serán vistos desde una perspectiva diferente para cada caso evaluado; en este caso, la comparación será entre las distintas alternativas de solución, para la cual se ponderarán en base a criterios deseables para la solución de la problemática.

### **10.1.4. Hipótesis del proyecto**

El implementar una máquina trituradora de botellas de plástico en la empresa ECOM en la Ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas minimizará la contaminación ambiental en la ciudad en la que se encuentra la empresa.

### **10.1.5. Preguntas científicas**

Las preguntas científicas planteadas en base a los objetivos de la investigación se estructuran a continuación:

- ¿De qué manera se pueden identificar las necesidades de la empresa ECOM, para determinar características elementales de la máquina trituradora de botellas?
- ¿Cuáles son las alternativas de diseño y los parámetros deseables dentro de la empresa en base a las necesidades descubiertas?
- ¿Cuáles son los elementos a diseñar y los componentes a seleccionar en base a la disponibilidad comercial?
- ¿Cómo se puede implementar la máquina trituradora en los procesos de la empresa?

### **10.2. Plan de recolección de la información**

La técnica más común es la observación directa, que en este caso predominará en las modalidades de observación de laboratorio, de campo e indirecta, por tratarse de una investigación de carácter técnica.

Basándonos en la investigación de campo, nos enfocaremos concretamente en la necesidad de contar con una cantidad específica de material triturado para el procesamiento interno de la empresa ECOM, con lo que se efectuarán cambios en las variables de diseño hasta conseguir la propuesta adecuada a las necesidades.

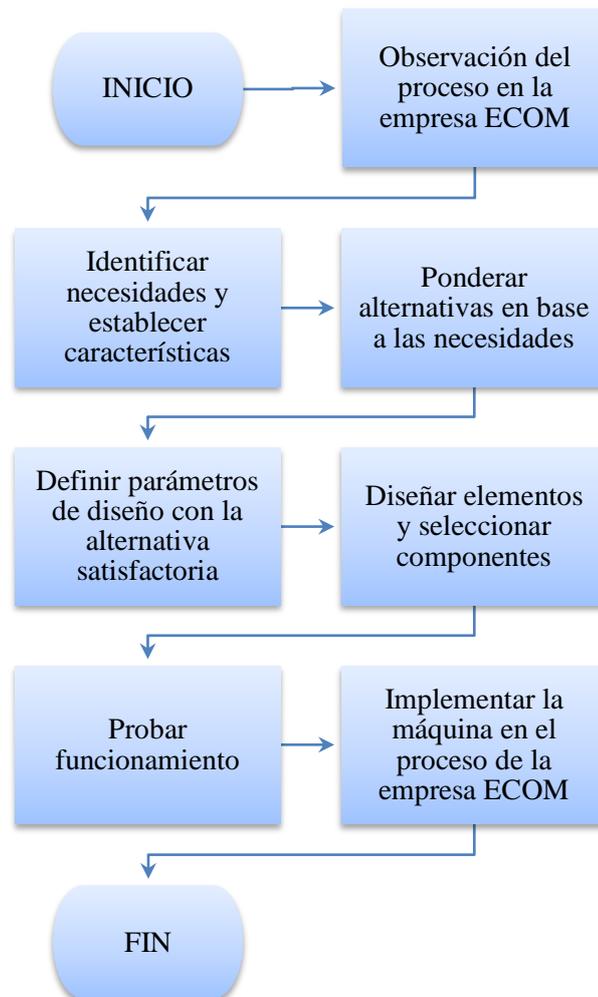
El instrumento empleado, será una hoja de control, aplicable a los procesos de la empresa, además se revisan los parámetros controlados dentro de la empresa en base a la calidad deseada en casa proceso

### **10.3. Plan de procesamiento de la información**

Para el procesamiento adecuado de la información se van a seguir varios lineamientos entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

- Revisar los datos iniciales obtenidos mediante observación directa de los procesos de la empresa ECOM, a través de una hoja de control.
- Presentar los criterios de diseño en base a observaciones realizadas, mediante cuadros de ponderación conociendo e interpretando las principales particularidades, tales como sistema de trituración y transmisión.
- Estimar los parámetros necesarios para el diseño de los componentes.
- Elegir los componentes en función de los requerimientos del diseño, análisis de alternativas y en base a la disponibilidad en el mercado
- Analizar e interpretar los resultados obtenidos en el proceso de trituración para conseguir un tamaño adecuado a las necesidades de los procesos de la empresa ECOM.
- Procesar los datos obtenidos experimentalmente para llegar a obtener las mejores conclusiones.

**Figura 14.** Esquema del proceso investigativo



Fuente: Autor

## **10.4. Selección de alternativas de diseño**

### **10.4.1. Método de trituración**

#### **Alternativa 1. Trituración en base de martillos**

Una de las principales ventajas de estos equipos es que son muy versátiles en su funcionamiento ya que es muy fácil para el operario trabajar sin problemas. También son muy prácticos a la hora de cambiar martillos y cribas, al mismo tiempo que son de fácil mantenimiento.

Para conseguir un tamaño deseado, dependerá de la velocidad de giro, por lo que habrá que acoplar un sistema de variador de velocidad, lo que conlleva un mayor gasto de fabricación. Al mismo tiempo, debido a su alta evolución de trabajo, hay material que no se tritura completamente y tiene que ser procesado de nuevo, también tiene inconvenientes por los atascos.

#### **Alternativa 2. Trituración en base de cuchillas**

Las ventajas de estas máquinas son que son fáciles de mantener, son muy fáciles de transportar, lo que las hace muy prácticas, son sencillas de manejar, no consumen mucha energía para su funcionamiento. Las cuchillas son fáciles de afilar y al mismo tiempo son fáciles de adquirir en el mercado nacional y local.

Una de las principales desventajas de este tipo de máquinas es que cuando entran en producción producen mucho ruido, causando molestias auditivas al operario. También otro inconveniente es que para la construcción del eje del rotor con las dos aletas es difícil, además ofrecen una producción muy baja lo que la hace muy limitada.

#### **Alternativa 3. Trituración en base de rodillos**

Estas trituradoras ofrecen grandes bocas de alimentación que son adecuadas para materiales de dureza media, tienen altas fuerzas de trituración, gran capacidad de producción, fácil instalación y muy bajo coste de mantenimiento.

Una de las principales desventajas de este tipo de trituradoras es que, dado que su principio de trituración es por fricción, los rodillos tienden a sufrir desgaste, lo que supone que se generen costes para comprar nuevos rodillos.

Para elección de alternativas, se maneja la tabla de puntuación en base a lo percibido en cada criterio.

**Tabla 12.** Calificación de los criterios y puntuación

<b>Calificación del criterio</b>	<b>Puntuación</b>
Muy inadecuado	1
Inadecuado	2
Adecuado	3
Muy adecuado	4

Fuente: Autor

Se consideraron los siguientes criterios en base a los descrito:

- **Eficiencia:** Se consideró este criterio debido a las pérdidas energéticas que reducen las ganancias, siendo este el de mayor prioridad.
- **Confiabilidad:** Este criterio permite evaluar el desempeño de la recicladora en los momentos críticos de solicitud del equipo, siendo este un factor importante en el diseño.
- **Mantenimiento:** Se consideró este criterio debido a que se debe evaluar con facilidad el mantenimiento de la máquina.
- **Peso:** Se consideró este criterio debido a que la recicladora debe ser transportable.
- **Ruido:** Este criterio considera el cuidado del sentido auditivo del operario.

**Tabla 13.** Elección de alternativas de trituración

		<b>Alternativas</b>					
		<b>Alternativa 1</b>		<b>Alternativa 2</b>		<b>Alternativa 3</b>	
<b>Criterio</b>	<b>Ponder.</b>	<b>Punt.</b>	<b>Ponder.</b>	<b>Punt.</b>	<b>Ponder.</b>	<b>Punt.</b>	<b>Ponder.</b>
Eficiencia	30 %	3	0.9	4	1.2	3	0.9
Confiabilidad	25 %	2	0.5	4	1	3	0.75
Mantenimiento	20 %	4	0.8	4	0.8	3	0.6
Costo	15 %	1	0.15	3	0.45	3	0.45
Ruido	10 %	2	0.2	3	0.3	2	0.2
<b>Total</b>	<b>100 %</b>		<b>2.25</b>		<b>3.75</b>		<b>2.9</b>
<b>Rank.</b>			<b>3</b>		<b>1</b>		<b>2</b>

Fuente: Autor

Se define el método de trituración en base a la alternativa 2, por lo que se diseñará la máquina en base la trituración por cuchillas.

#### **10.4.2. Método de transmisión**

##### **Alternativa 1. Transmisión por acoplamiento**

En esta configuración se utiliza una transmisión por acoplamiento al eje principal de la máquina trituradora. Este tipo de transmisión reduce el ruido y las vibraciones, también ayuda a multiplicar el par generado por el motor acoplado y así aumentar la cantidad de trabajo a utilizar.

##### **Alternativa 2. Transmisión por cadena**

Este tipo de transmisión permite obtener altos rendimientos del orden del 98%, dado que se excluyen los problemas de deslizamiento entre los componentes del sistema. Con el sistema de transmisión se puede transmitir la rotación a varios árboles o ejes con la misma cadena. Los inconvenientes de este sistema de transmisión son el elevado coste de sus componentes, que

requieren montajes precisos para evitar que alguna de las caras de la cadena se vea sometida a mayores cargas y el fallo prematuro por fatiga.

### **Alternativa 3. Transmisión por correa y polea**

Este tipo de accionamiento nos permite unir el eje motriz con el eje conducido a distancias relativamente grandes, permite una transmisión silenciosa, y además funciona como un fusible mecánico debido a que presentan una carga límite de transmisión, cuyo valor, al ser superado, produce un fenómeno llamado deslizamiento o resbalamiento entre la correa y la polea.

**Tabla 14.** Elección de alternativas de transmisión

Criterio	Ponder.	Alternativas					
		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		Punt.	Ponder.	Punt.	Ponder.	Punt.	Ponder.
Eficiencia	20 %	3	0.6	4	0.8	3	0.6
Confiabilidad	15 %	3	0.45	4	0.6	3	0.45
Mantenimiento	15 %	3	0.45	4	0.6	4	0.6
Costo	20 %	2	0.4	1	0.2	4	0.8
Ruido	15 %	2	0.3	2	0.3	4	0.6
Vibración	15 %	3	0.45	2	0.3	4	0.6
<b>Total</b>	<b>100 %</b>		<b>2.65</b>		<b>2.8</b>		<b>3.65</b>
<b>Rank.</b>			<b>3</b>		<b>2</b>		<b>1</b>

Fuente: Autor

Se define el método de trituración en base a la alternativa 4, por lo que se diseñará la máquina en base a la transmisión de poleas y correas.

## 10.5. Diseño

En base a la metodología aplicada, se tienen las especificaciones generales, se consideró las necesidades descritas por el gerente de la empresa y los hallazgos encontrados en el levantamiento de información en planta con la observación directa.

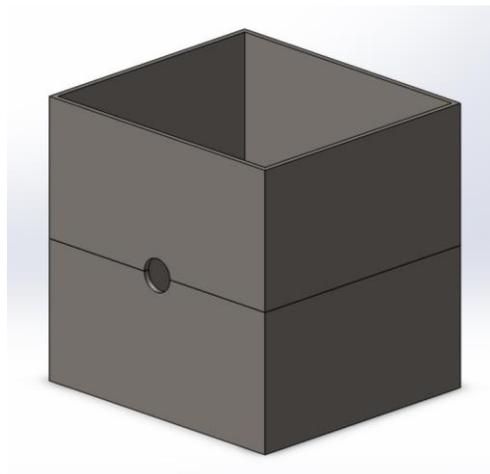
Para la definición de las especificaciones, se consideraron los criterios marcados en las tablas de ponderaciones, que se muestran en el apartado anterior, asimismo se complementan criterios con la ficha de observación directa, la misma que se adjunta en el apartado de Anexos.

### 10.5.1. Especificaciones

Se establecen las siguientes especificaciones para el diseño del prototipo de trituradora de cuchillas rotatorias.

- Trituradora modular de dos partes: Sistema de trituración y sistema de transmisión de potencia.
- Fácil acople y desacople de sus componentes.
- Fácil mantenimiento.
- Dimensiones de la caja de trituración: 320 x 290 x 320 mm como altura, profundidad y largo respectivamente, como se indica en la Figura 6.

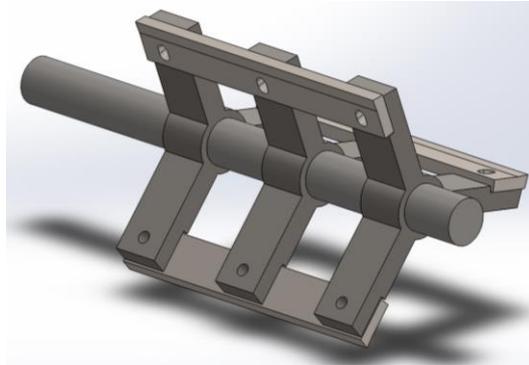
**Figura 15.** Caja de trituración



**Fuente:** Autor

- Estructura de acero (por bajo costo y fácil disponibilidad en el mercado local).
- Par de cuchillas fijas y tres cuchillas móviles con sus respectivas bases para el acople al eje.

**Figura 16.** Cuchillas



**Fuente:** Autor

- Engranajes para la transmisión de movimiento.
- Placas de acero para la caja de trituración
- Velocidad de trabajo manual: 30 rpm
- Motor eléctrico
- Reductor de velocidad para motor con velocidad de salida de 100 rpm.
- Soportes de tubo cuadrado
- Tolva
- Caja de recolección de viruta

Con las especificaciones ya establecidas se procede a realizar los cálculos necesarios con las ecuaciones anteriormente mencionadas para el correcto desempeño de la trituradora y sus partes críticas. Hay que considerar que las partes críticas consideradas son: los engranajes, ejes y cuchillas.

### **10.5.2. Cálculos de la fuerza de corte**

De acuerdo a las especificaciones del diseño anteriormente mencionadas, se debe tener en cuenta que el material a usarse debe ser acero A36 y SAE 1018, que los engranajes son rectos y que se debe realizar endurecimiento superficial para evitar desgaste en los componentes críticos (engranajes y cuchillas).

El análisis del prototipo de trituradora empieza con el estudio de los elementos a triturar, por lo que se debe tener en cuenta las propiedades y las cargas a las cuales van a estar sometidos los componentes de máquina.

Los esfuerzos considerados para el proceso de trituración

**Tabla 15.** Esfuerzos de cedencia y cortantes del PET y PP.

<b>Materiales</b>	<b>Sy [MPa]</b>	<b>Tmáx. [MPa]</b>
PET	80	40
PP	42	21

Estos son los esfuerzos de cada uno de los materiales para llegar a su ruptura.

Teniendo el ángulo de abertura entre los filos cortantes  $10^\circ$ , y conociendo el espesor de las partes con mayor espesor de la botella que es de 3 mm (puesto que esta es la parte de mayor grosor), el PET posee un esfuerzo a la ruptura de 80 MPa.

$$F_c = \frac{1}{2} * \frac{s^2}{\tan \varphi} * \tau \quad (\text{Ec. 20})$$

$$F_c = \frac{1}{2} * \frac{(0.003 \text{ m})^2}{\tan \tan 10^\circ} * 80 \text{ MPa}$$

$$F_c \approx 530 \text{ N}$$

Se dispone de una fuerza de corte de 530 N.

Considerando un factor de acuerdo al número de cuchillas que se van a emplear, se tiene lo siguiente:

$$F_c = F_{c. \text{ único}} * 3$$

$$F_c \approx 1600 \text{ N}$$

### 10.5.3. Cálculo de la potencia del motor

Para la estimación de la potencia requerida para el trabajo de trituración se parte de la fuerza estimada para la trituración de las botellas, es así que en base a la expresión siguiente tenemos los parámetros para el cálculo:

$$H = \frac{\pi * F * d * n}{60000}$$

$$H = \frac{\pi * 1,600 \text{ kN} * 250 * 100 \text{ rpm}}{60000}$$

$$H = 2,094 \text{ kW}$$

$$H = 2,806 \text{ hp}$$

En base a lo calculado, se requiere de una potencia de 2,806 hp, la cual se manera nominal se aproxima y se requiere de un motor de 3 hp

### 10.5.4. Selección de chumaceras

Para la selección de chumaceras es importante saber la carga máxima a la cual son sometidas y su tipo, en esta situación se usará la máxima condición de carga, el caso donde la tensión de la correa en la polea no contrarresta la de las cuchillas, para dicha situación se aplica sólo la fuerza de corte de las cuchillas  $F_{corte}=1600N$

Basado en lo anterior se puede aproximar que una sola chumacera sostendría la carga total del corte, es decir 1600N, valor que se usará para la validación.

Puesto que se eligieron en los extremos del eje de la dimensión seleccionada, se buscará una chumacera de 4 puntos de sujeción compatible. Para lo anterior se buscará una referencia comercial, por lo cual conviene tomar como primera referencia la marca referente en rodamientos y similares SKF. Así se encuentra como compatible la referencia FYJ 40 TF con las siguientes especificaciones correspondientes a su rodamiento interior YAR 208-2F.

Para los cálculos se tomará como referencia las ecuaciones de carga vida de los rodamientos.

Para la elección se tiene en cuenta la ecuación básica de carga-vida de los rodamientos, se tiene la siguiente ecuación:

$$C_{10} = F_R = F_D * \left( \frac{L_D * n_D * 60}{L_R * n_R * 60} \right)^{\frac{1}{a}} \quad (\text{Ec. 21})$$

También se tienen que saber las horas de trabajo típicas, en este caso se elegirán 14000 horas de servicio y se sabe que se cuentan con rodamientos de bolas, con el que se tienen un valor de  $\alpha = 3$ .

Y un factor de carga para las condiciones actuales se elige un factor de aplicación de carga  $kac=1.5+0.5$ , ya que la máquina tiene impactos moderados y además está expuesta a un ambiente moderadamente contaminante, similar a los cojinetes con sellos deficientes.

Se procede a calcular la Carga dinámica básica necesaria,

$$Carga\ dinámica = C_{10} = 3200\ N * \left( \frac{4.2 * 10^3 rev}{10^6 rev} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (Ec. 22)$$

$$C_{10} = 24\ kN$$

De esta manera se valida el rodamiento YAR 208–2F que supera en un 30% la carga dinámica requerida.

### 10.5.5. Cálculo del factor de seguridad del eje

Para el cálculo del factor de seguridad, se tienen la expresión descrita en la ecuación 11.

En este se empieza estimando los factores de corrección para el límite de resistencia a la fatiga, estos factores se estiman a continuación:

#### 10.5.5.1. Factor de superficie $k_a$

En base a la ecuación 12, y a los valores de la tabla 6, se tiene un eje de Acero AISI 1018, rolado en frío, con estas especificaciones se tiene la siguiente formula:

$$\begin{aligned} k_a &= 4,51 * S_{ut}^{-0,265} \\ k_a &= 4,51 * (341)^{-0,265} \\ k_a &= 0,962 \end{aligned} \quad (Ec. 23)$$

#### **10.5.5.2. Factor de tamaño $k_b$**

Para la estimación del factor del tamaño, se tiene la expresión seleccionada de la ecuación 13, está en función del diámetro de 38,10 mm, por lo que se aplica la siguiente formula:

$$k_b = 1,24 * (38,10)^{-0,107} \quad (\text{Ec. 24})$$

$$k_b = 0,840$$

#### **10.5.5.3. Factor de carga $k_c$**

Para la estimación del factor de carga, se revisan las expresiones presenten en la ecuación 14, dentro de las que, revisando el proceso se tiene fuerzas de torsión, por lo que se estima un valor de  $k_c = 0,590$

#### **10.5.5.4. Factor de temperatura $k_d$**

Para el sistema de trituración, no se prevé temperaturas relativamente altas por lo que, de acuerdo a la tabla 7, se tiene un valor de  $k_d = 1,000$

#### **10.5.5.5. Factor de confiabilidad $k_e$**

Para la estimación del factor de confiabilidad, se tiene en la tabla 8 el factor en mención junto con el respectivo valor de confiabilidad, es así que, para una confiabilidad del 90% se tienen que el valor de  $k_e = 0,897$

#### **10.5.5.6. Factor de efectos varios $k_f$**

En el presente sistema, no se estiman efectos adicionales a los ya abordados en párrafos anteriores.

#### **10.5.5.7. Límite de la resistencia a la fatiga en vigas rotatorias $S_e'$**

El límite de resistencia a la fatiga  $S_e'$  se calcula como se indica a continuación, se conoce que la resistencia es 341 MPa., por lo que se tienen que:

$$\begin{aligned}
 S'_e &= 0,5 * S_y \\
 S'_e &= 0,5 * (220 \times 10^6 Pa) \\
 S'_e &= 110 MPa
 \end{aligned}
 \tag{Ec. 25}$$

Con todos los coeficientes estimados se tiene la expresión de la ecuación 11,

$$\begin{aligned}
 S_e &= k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S'_e \\
 S_e &= 0,962 * 0,840 * 0,594 * 1,000 * 0,897 * 110 \\
 S_e &= 47,362 MPa
 \end{aligned}
 \tag{Ec. 11}$$

Se estima el esfuerzo que se ejerce sobre el eje, el mismo que

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \tau_{torsión} + \tau_{flexión} \\
 \sigma &= \frac{16 * T}{\pi * d^3} + \frac{32 * M}{\pi * d^3} \\
 \sigma &= \frac{16 * 1600 N * 0,0381 m}{\pi * (0,0381 m)^3} + \frac{32 * 1600 N * 0,090 m}{\pi * (0,0381 m)^3} \\
 \sigma &= 5\,613\,582,909 Pa + 26\,520\,864,136 Pa \\
 \sigma &= 32,135 MPa
 \end{aligned}
 \tag{Ec. 26}$$

Para el cálculo del factor de seguridad, se emplea la teoría de Goodman-modificado, dentro de la que se tiene la siguiente expresión:

$$\begin{aligned}
 \frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_y} &= \frac{1}{n} \\
 \frac{32,135}{47,362} + \frac{32,135}{220} &= \frac{1}{n} \\
 n &= 1,213
 \end{aligned}
 \tag{Ec. 27}$$

De los cálculos efectuados en el eje, se entiende que el factor de seguridad estimado es aceptable para el funcionamiento de la máquina.

### 10.5.6. Cálculos de soldadura

En base a lo descrito en el apartado 9.10.5, se estima el costo del proceso de soldadura, y en vasa uno de los pasos se evidencian los parámetros que influyen en el desarrollo del mismo.

#### 10.5.6.1. Parámetros de soldadura

**Tabla 16.** Parámetros del consumible

<b>Diámetro</b>	<b>Amperaje</b>	
0,9 mm	100 (Amp)	
<b>Gas Utilizado</b>	<b>Deposición</b>	
(100% CO <sup>2</sup> ) **93%	2,6	lb/h
<b>Costo del electrodo</b>	2,5	USD/lb
<b>Costo del gas</b>	40	USD/m <sup>3</sup>

**Tabla 17.** Parámetros de uniones soldadas

<b>Espesor t</b>	<b>Talon W</b>	<b>Metal depositado</b>	
3/16"	3/16"	0,239	lb/pie
<b>Espesor t</b>	<b>Ángulo</b>		
1/4"	45°	0,239	lb/pie

**Tabla 18.** Parámetros de uniones soldadas

Longitud	6	m
Sueldo trabajador	425	USD
Sueldo básico	425	USD

Hora de trabajo	160	h/mes
G.G.F.	2	USD/h

### 10.5.6.2. Cálculos

**Tabla 19.** Parámetros de uniones soldadas

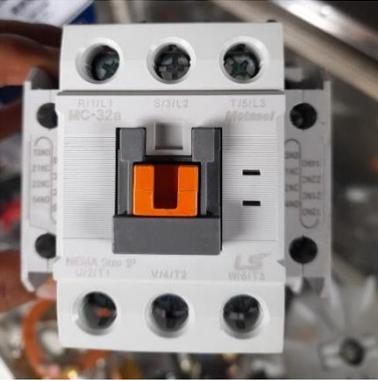
<b>Electrodo</b>	3,15	USD/m
	15,30	USD
<b>Mano de obra</b>	513,54	USD/mes
	3,21	USD/h
<b>G.G.F.</b>	2,00	USD/h
<b>M.O. + G.G.F.</b>	6,99	USD/m
	34,05	USD
<b>Flujo de gas</b>	0,43	m <sup>3</sup> /h
<b>Gas</b>	10,50	USD/m

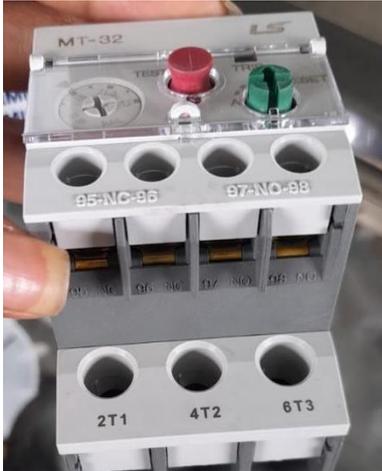
	51,13	USD
<b>Energía</b>	0,33	USD/m
	1,53	USD
<b>Costo Total</b>	102,01	USD

### 10.6. Sistema eléctrico

En base a las necesidades de la máquina, tanto en el tema de seguridad y funcionalidad de la máquina, se implementan los siguientes componentes eléctricos, que junto con el motor darán funcionalidad a la máquina trituradora.

**Tabla 20.** Componentes del sistema eléctrico

<b>Componente</b>	<b>Imagen</b>	<b>Descripción</b>
Motor		Motor WEG Modelo 100035500 3 HP
Contactador		AC 220V 50/60 Hz 32A

Relé térmico	 A photograph of a white LS thermal relay, model MT-32. It features two temperature adjustment knobs, one red and one green, at the top. Below the knobs are two sets of terminals labeled 95-NC-96 and 97-NO-98. At the bottom, there are three main terminals labeled 2T1, 4T2, and 6T3.	Relé MT32/3K 18-25 A
Luces piloto	 A photograph showing two pilot lights. The one on the left is red and the one on the right is green. Both have a circular lens and a label that reads "QC PASSED" and "Remove protection film".	Luces piloto verde y roja
Selector	 A photograph of a two-position selector switch. It has a black handle on top and a silver metal body. The brand name "GIMSCO" is visible on the front face.	Selector de dos posiciones
Paro de emergencia	 A photograph of an emergency stop button. It has a large red mushroom-shaped top and a black base. The base is labeled "LMB-ES5" and "GIMSCO".	Paro de emergencia

<p>Gabinete metálico</p>		<p>300 x 200 x 150</p> <p>En acero al carbono</p>
--------------------------	---	---

Identificando el requerimiento y contando con los implementos necesario, se efectúa la conexión de la manera descrita en la siguiente tabla.

**Tabla 21.** Acoplamiento de componentes

Proceso	Imagen
<p>Acoplamiento de elementos en el gabinete</p>	
<p>Conexión de componentes</p>	

Prueba de funcionamiento



## 11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 11.1. Implementación en el proceso de la empresa

La implementación de la máquina de trituración se la realiza dentro del proceso de triturado, que se lo realiza de manera tradicional, dentro de la implementación se distingue el tiempo de triturado medido y las ventajas sobre el método tradicional.

#### 11.1.1. Tiempo de triturado

La estimación del tiempo de triturado, se realiza con botellas que se consideran estándar, siendo estas de 500 ml, sin tapa.

Se estimó el tiempo empleado en triturar 10 botellas.

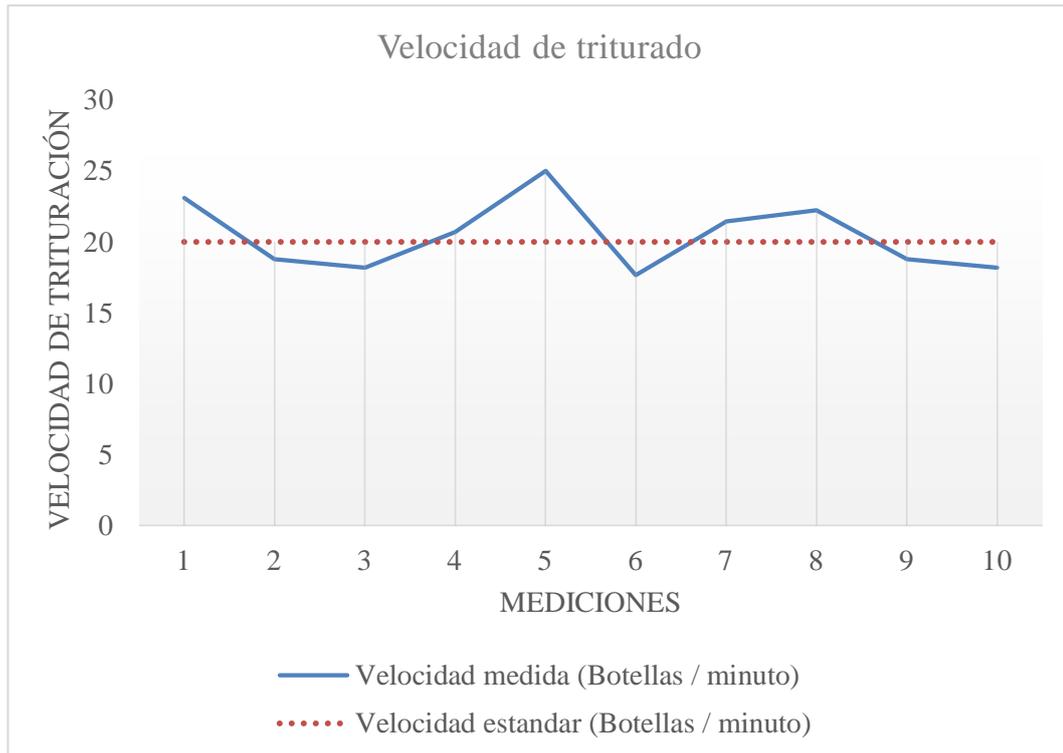
**Tabla 22.** Pruebas de triturado

<b>Prueba</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Botellas trituradas</b>	<b>Velocidad estimada (Botellas / minuto)</b>
1	26	10	23,08
2	32	10	18,75
3	33	10	18,18
4	29	10	20,69
5	24	10	25,00
6	34	10	17,65
7	28	10	21,43
8	27	10	22,22
9	32	10	18,75
10	33	10	18,18

<b>Velocidad promedio</b>	<b>20,39</b>
<b>Velocidad estándar de trituración</b>	<b>20</b>

Elaborado por: Autor

**Figura 17.** Medición de velocidad de trituración



Elaborado por: Autor

Se estima la velocidad estándar de trituración, siendo esta de 20 botellas por minuto, con lo que se estima una capacidad de trituración de 1200 botellas trituradas por hora, empleando la máquina trituradora fabricada.

La trituración tradicional (antes usada por la empresa) brinda en promedio, 4 botellas trituradas por minuto, además este valor dependía de la habilidad y la fuerza del operario responsable del proceso, pudiendo de esta manera mejorar la producción y ofreciendo varias ventajas que en el siguiente apartado se mencionan.

### 11.1.2. Ventajas de la máquina de trituración

La máquina trituradora de botellas plásticas, prevista por un motor eléctrico, fabricada en el presente trabajo presenta un sistema automático que se puede contrastar con el sistema tradicional o manual con el que se contaba en la empresa ECOM.

**Tabla 23.** Comparación entre el sistema manual y el automático con motor eléctrico

<b>Sistema Manual</b>	<b>Sistema Automático</b>	<b>Ventajas</b>
Para la trituración del PET se realiza con un molino tradicional, mediante la aplicación de una fuerza netamente manual, que depende del operario.	El sistema es capaz de realizar la trituración a través de un sistema automático, con la fuerza provista por el motor.	El tiempo se reduce en un 80%. Ya que se reduce de 15 s/botella a 3 s/botella
El operario debe permanecer durante todo el proceso de triturado.	El operario abastece a la máquina sin necesidad de permanecer todo el tiempo del proceso.	Se reduce la mano de obra a un 66,67%. Ya que antes el proceso lo realizaban 3 personas y ahora solo una
Se requiere de un operador adicional para el vaciado del material triturado y otro para el tamizado.	Se necesita de un solo operario para el proceso de trituración.	Se reduce la mano de obra en un 66,67%
El proceso de triturado depende de la disponibilidad y la capacidad del operador	El sistema es capaz de inicial independientemente de las capacidades del operario.	Se reduce el tiempo de producción a un 80%
No tiene un sistema de seguridad	El sistema tiene un sistema de seguridad si existiera	Garantiza la seguridad del operario y la seguridad de la máquina trituradora

	alguna mala manipulación de la máquina.	
--	---	--

**Elaborado por:** Autor

De la tabla antes presentada, cabe destacar la seguridad de la máquina eléctrica y de los tiempos de procesamiento del material, los cuales se reducen en un 80%.

### **11.2. Ficha técnica de la máquina**

De acuerdo a las especificaciones y diseño de la máquina, se presenta la ficha técnica con las condiciones finales para la puesta en marcha. Estas detallan los datos generales, especificaciones, motor, dimensiones, sistema de trituración, transmisión y se encuentran detalladas en el Anexo 1.

Además, se presenta una ficha de componentes que detalla los elementos que integran los distintos sistemas de la máquina, tanto el sistema de trituración, de transmisión, estructural y eléctrico; la ficha descrita se encuentra en el Anexo 2.

## 12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

El presupuesto para el desarrollo del trabajo de estructura de la siguiente forma:

**Tabla 24.** Costo de elementos mecánicos

<b>Elementos mecánicos</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Costo Unitario (USD)</b>	<b>Unidad</b>	<b>Sub total (USD)</b>
Tubo cuadrado de 40 x 40 x 2	18,00	1	18,00
Ángulo de 40 x 3	25,00	1	25,00
Plancha de acero de 2 mm	100,00	1	100,00
Eje de transmisión AISI 1018	100,00	1	100,00
Platina de acero de 75 x 6	50,00	1	50,00
Juego de cuchillas	200,00	1	200,00
Tol de 1 mm	6,00	1	6,00
Chumacera de piso	30,00	2	60,00
Chaveta	1,00	1	1,00
Poleas de aluminio	35,00	1	35,00
Bandas de transmisión	15,00	1	15,00
Disco de corte	5,00	2	10,00
Disco de pulir	5,00	1	5,00
Electrodos	20,00	1	20,00

Pernos y tuercas	30,00	1	30,00
Masilla	6,00	2	12,00
Pintura	6,00	1	6,00
<b>Total</b>			<b>693,00</b>

Elaborado por: Autor

**Tabla 25.** Costo de elementos eléctricos

<b>Elementos eléctricos</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Costo Unitario (USD)</b>	<b>Unidad</b>	<b>Sub total (USD)</b>
Motor de 3 HP de 110 y 220	350,00	1	350,00
Botoneras	20,00	1	20,00
Cableado	15,00	1	15,00
Gabinete metálico de protección	20,00	1	20,00
<b>Total</b>			<b>405,00</b>

Elaborado por: Autor

**Tabla 26.** Costo de mano de obra

<b>Mano de obra</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Costo de hora (USD)</b>	<b>de Horas</b>	<b>Sub total (USD)</b>

Soldadura	-	-	102,00
Taladrado	12,00	6	72,00
Fresado	20,00	6	120,00
Corte con plasma	20,00	6	120,00
Corte con sierra	14,00	6	84,00
Plegado	6,00	4	24,00
Esmerilado	12,00	4	48,00
Pintado	10,00	3	30,00
<b>Total</b>			<b>600,00</b>

Elaborado por: Autor

**Tabla 27.** Costo de elementos diseño

<b>Costo de diseño</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Costo de hora (USD)</b>	<b>Horas</b>	<b>Sub total (USD)</b>
Uso de computadora	50,00	1	50,00
Uso de internet	50,00	1	50,00
Elaboración de planos	150,00	1	150,00
Prueba de funcionamiento	30,00	1	30,00
<b>Total</b>			<b>280,00</b>

Elaborado por: Autor

**Tabla 28.** Costos indirectos

<b>Costo indirecto</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Costo de hora (USD)</b>	<b>Horas</b>	<b>Sub total (USD)</b>
Copias	300,00	0,03	9,00
Esferos	0,50	4	2,00
Alimentación	3,00	25	75,00
Transporte	2,00	15	30,00
Hojas de papel (Resma)	4,00	1	4,00
Gastos varios	50,00	1	50,00
<b>Total</b>			<b>170,00</b>

Elaborado por: Autor

**Tabla 29.** Costo del recurso humano

<b>Costo total</b>	
<b>Elemento</b>	<b>Sub total (USD)</b>
Asesoría para el diseño	150,00
Mano de obra para la construcción de la máquina	300,00
Asesoría para el modelado en software	150,00
<b>Total</b>	<b>600,00</b>

Elaborado por: Autor

**Tabla 30.** Resumen de costos

<b>Costo total</b>	
<b>Elemento</b>	<b>Sub total (USD)</b>
Elementos mecánicos	693,00
Elementos eléctricos	405,00
Mano de obra	600,00
Costo de diseño	280,00
Costo indirecto	170,00
Recurso humano	600,00
Imprevistos	350,00
<b>Total</b>	<b>3098,00</b>

Elaborado por: Autor

## **13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **13.1. Conclusiones**

Con el levantamiento de información a través de la observación directa, se identificaron las necesidades presentes en la empresa ECOM, con lo que se consiguieron identificar parámetros elementales para la fabricación de la trituradora de botellas, como la capacidad de trituración y el tamaño de las partículas a producir.

Con la selección de alternativas se consiguió establecer las más adecuadas para la fabricación, las mismas que se acoplan a las condiciones de trabajo y que aprovechan de manera eficiente los elementos a disposición.

En base a las necesidades de la empresa ECOM, se establecieron características requeridas, las cuales fueron ponderadas en los distintos tipos de trituradoras, con los que se evaluaron las alternativas de diseño y los parámetros deseados, se seleccionó como método de trituración, la trituración por cuchillas y como método de transmisión poleas y correas, considerando atributos como eficiencia, costo, facilidad de mantenimiento, ruido y vibración, los cuales, dentro de las alternativas seleccionadas son satisfactorios para su elección.

El diseño de la máquina y de sus componentes se realizó en base a criterios ingenieriles, adecuados a los requerimientos de su uso, además con factores de seguridad que mantengan un estándar de calidad en el proceso de triturado, preservando la integridad de sus componentes y de las personas que manipulen la máquina.

En base al diseño, se pudo seleccionar los componentes y ensamblar la máquina trituradora, además, con las especificaciones definidas se elaboró una ficha técnica que contiene dimensiones y especificaciones de uso y se elaboró una ficha de componentes para usarla en la trazabilidad de elementos y el mantenimiento de la máquina.

Con la máquina elaborada, se puso la misma en funcionamiento, reemplazando el proceso de triturado existente. Con ello se implementó la máquina trituradora en los procesos de la empresa ECOM y se puso en marcha dentro de la línea de producción. Con eso se consiguió reducir los tiempos de trituración en un 80%.

Con la implementación de la máquina en los procesos de trituración, se puede optimizar la mano de obra dentro de los procesos de trituración, este se reduce en un 66,67%, de manera estándar, ya que se reduce los operarios que intervienen en el proceso.

### **13.2. Recomendaciones**

La máquina por su naturaleza de operación genera un alto nivel de ruido por lo cual se recomienda ubicarla en una zona apartada, donde el ruido no perturbe en trabajo de otros operarios, asimismo se recomienda el uso de implementos de seguridad adecuados para mitigar los efectos del ruido en los operarios que la empleen.

Para asegurar que la máquina tenga una larga vida útil los operarios deben asegurarse que el plástico reciclado no tenga elementos metálicos que causen atascamiento o rotura de las cuchillas, además para evitar accidentes en caso de expulsión de materiales metálicos en el proceso de triturado.

Se puede generar un plan de mantenimiento preventivo, con énfasis en mantener una lubricación adecuada en todos los componentes mecánicos en contacto y en movimiento, esto para perdurar los componentes en el tiempo y ante un ambiente agresivo de partículas del medio.

Diseñar un sistema de separado de material, previo al ingreso en la tolva de la trituradora, para con ello, evitar el ingreso de materiales diferentes al plástico, en especial los que puedan dañar los componentes internos de la máquina.

## 14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Abreu, J. L. (2014). El Método de la Investigación. *International Journal of Good Conscience*, 9(3), 195-204. Obtenido de [http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9\(3\)195-204.pdf](http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9(3)195-204.pdf)
- Aquae Fundación. (2020). *Campus. La revolución de las ideas*. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/mar-de-plastico-el-80-de-la-basura-en-el-mar-es-plastico/>
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (17 de Septiembre de 2019). *Manejo de Residuos*. Obtenido de <http://www.ads.pr.gov/programas/manejo-de-residuos/>
- Ayala, A. D. (2009). *Centro Móvil Triturador de PET*. Culhuacán, México: Instituto Politécnico Nacional.
- Bolaños Zea, J. J. (2019). *Reciclado de Plástico PET*. Arequipa: Universidad Católica San Pablo. Obtenido de [http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/16146/1/BOLA%C3%91OS\\_ZEA\\_JUA\\_PET.pdf](http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/16146/1/BOLA%C3%91OS_ZEA_JUA_PET.pdf)
- Bruna Tapia, R. A., & Suárez Coca, J. I. (2016). *Diseño de trituradora de botellas PET*. Viña del Mar: Universidad Técnica Federico Santa María. Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/40763/3560901063637.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (Novena ed.). México: McGraw-Hill.
- Cajusol, H. (2020). *Diseño de una máquina trituradora de botellas de plástico de 25 kg/h para la empresa recicladora "Bravo"- Tucume, Lambayeque*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/6677/Cajusol%20Balder%20Henry%20Paul.pdf?sequence=1>
- Caviedes Aguirre, J. D. (2020). *Diseño de una máquina trituradora para plástico PET*. Bogotá: Universidad de América.

- Falconi Flores, M. I., & Tiaguaro Rea, R. R. (2009). *Molino Triturador de Botellas Desechables*. Quito: Universidad Tecnológica América.
- Greenpeace España. (2016). *Plásticos en los océanos. Datos, comparativas e impacto*. Madrid: Greenpeace. Obtenido de [https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/plasticos\\_en\\_los\\_océanos\\_LR.pdf](https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/plasticos_en_los_océanos_LR.pdf)
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). México: Mc. Graw Hill. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- INEC. (2020). *Información ambiental en hogares ESPND 2019*. Quito: República del Ecuador. Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Hogares/Hogares%202019/MOD\\_AMB\\_HOGAR\\_ESPND\\_2019\\_11.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares/Hogares%202019/MOD_AMB_HOGAR_ESPND_2019_11.pdf)
- INDURA S.A. (2007). *Manual de sistemas y materiales de soldadura*. Obtenido de [www.indura.net](http://www.indura.net)
- Intec. (2015). *Motores eléctricos*. Obtenido de [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fsuministrointec.com%2Fblog%2Fvisar-la-parte-exterior-motor-electrico%2F&psig=AOvVaw1llPyYc4VMjjo8c859\\_vcPH&ust=1648749326938000&source=images&cd=vfe&ved=0CAwQjhxqFwoTCMjBkoS07vYCFQAAAAAdAAA AABAD](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fsuministrointec.com%2Fblog%2Fvisar-la-parte-exterior-motor-electrico%2F&psig=AOvVaw1llPyYc4VMjjo8c859_vcPH&ust=1648749326938000&source=images&cd=vfe&ved=0CAwQjhxqFwoTCMjBkoS07vYCFQAAAAAdAAA AABAD)
- IStock. (09 de Marzo de 2018). *Botella plástica*. Obtenido de <https://www.istockphoto.com/es/foto/botella-pl%C3%A1stica-con-agua-aislado-sobre-fondo-blanco-gm928899312-254752898>
- MAZ. (2016). *Contactador 18Amp 240VAC*. Obtenido de <https://mazcr.com/contactores/405003-107-contactador.html>
- Megafenix. (2 de Abril de 2019). *Componentes eléctricos y electrónicos de los tableros de control*. Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/componentes-electricos-tableros/>

- Naciones Unidas. (1972). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente*.  
Obtenido de <https://www.un.org/es/conferences/environment/stockholm1972>
- QuimiNet. (2008). *Historia del PET*. Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/historia-del-pet-2561181.htm>
- Reyes Curcio, A., Pellegrini Blanco, N., & Reyes Gil, R. E. (2015). El reciclaje como alternativa de manejo de los residuos sólidos en el sector minas de Baruta, Estado Miranda, Venezuela. *Revista de Investigación*, 39(86), 157-170. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/3761/376144131008/html/>
- Rivera Gutierrez, G. A., & Ormaza Nieto, E. A. (2015). *Diseño y construcción de un módulo académico de interacción hombre – máquina para la rehabilitación de la cizalla Edwards Truecut 3.25 mm Modelo 600*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/10817/T-ESPE-049338.pdf>
- Rivera, I. A. (2016). *https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/1947/Sistemas+electricos..pdf?sequence=1*. Santa Cruz de Tenerife: Universidad de La Laguna. Obtenido de <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/1947/Sistemas+electricos..pdf?sequence=1>
- Sanmartín Ramón, G. S., Zhigue Luna, R. A., & Alaña Castillo, T. P. (2017). El reciclaje: un nicho de innovación y emprendimiento con enfoque ambientalista. *Revista Universidad y Sociedad*, 9(1), 36-40. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202017000100005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202017000100005)
- Sein. (s.f.). *Selector de dos posiciones*. Obtenido de <https://sein.com.pe/selector-2-posiciones-fijas-1na-0-1-22mm-easy-xa2-xa2ej21-schneider-electric.html>
- Tramontina. (2010). *Relé Térmico de Sobrecarga Tramontina*. Obtenido de <https://www.tramontina.com.br/es/p/58015345-602-rele-termico-de-sobrecarga-tramontina-trr2-25-17-25a>

UniSalia. (4 de Septiembre de 2021). *Máquina Eléctrica, Tipos, Componentes, Ejemplos, Aplicaciones*. Obtenido de <https://unisalia.com/maquina-electrica/>

## 15. ANEXOS

**Anexo 1.** Ficha para la revisión de condiciones iniciales del proceso de trituración

**Tabla 10.** Ficha de recolección de condiciones iniciales

<b>Ficha de recolección de información</b>		
<b>Criterio evaluado</b>	<b>Descripción</b>	
<b>Velocidad de trituración</b>	Medición 1: 8 botellas en 2 min 5 s Medición 2: 8 botellas en 1 min 58 s Medición 3: 8 botellas en 2 min 8 s Medición 4: 8 botellas en 1 min 50 s	8 botellas en 2 minutos <b>Estándar</b> <b>4 botellas por minuto</b>
<b>Método de trituración</b>	Método tradicional con molino manual, aplicando la fuerza del operario	
<b>Tiempo de permanencia en la máquina</b>	Continuo	
<b>Número de operarios en el proceso</b>	2 personas	
<b>Capacidad y potencia de triturado</b>	No es estimable, depende el operario	
<b>Sistema de seguridad</b>	No se cuenta con el sistema	

**Anexo 1.** Ficha técnica de la máquina

**Tabla 11.** Ficha técnica de la máquina

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>					
<b>EXTENSIÓN LA MANÁ</b>					
<b>Ficha técnica</b>					
<b>Datos generales</b>		<b>Fotografía</b>			
Nombre del equipo	Trituradora de botellas plásticas				
Área / Departamento	Producción				
Proceso	Triturado				
<b>Especificaciones</b>					
Fabricante	Ángela Changoluisa				
Modelo	AGMT - 3 HP – 2022 – M1				
Código	DP-MT-001				
Año	2022				
<b>Motor</b>				<b>Dimensiones</b>	
Fabricante	WEG			Alto	1200 mm
Tipo	Eléctrico	Ancho	600 mm		
Modelo	100035500	Profundidad	650 mm		

Potencia	3 HP	Peso	50 kg
Revoluciones	1750 rpm	<b>Sistema de trituración</b>	
Voltaje de conexión	110 V – 60 Hz	Método	Por cuchillas
<b>Transmisión</b>		Número	3 cuchillas
Tipo	Poleas y correa	Tipo de eje	Eje horizontal
	Con protección	Capacidad	20 botellas por minuto

**Elaborado por:** Autor

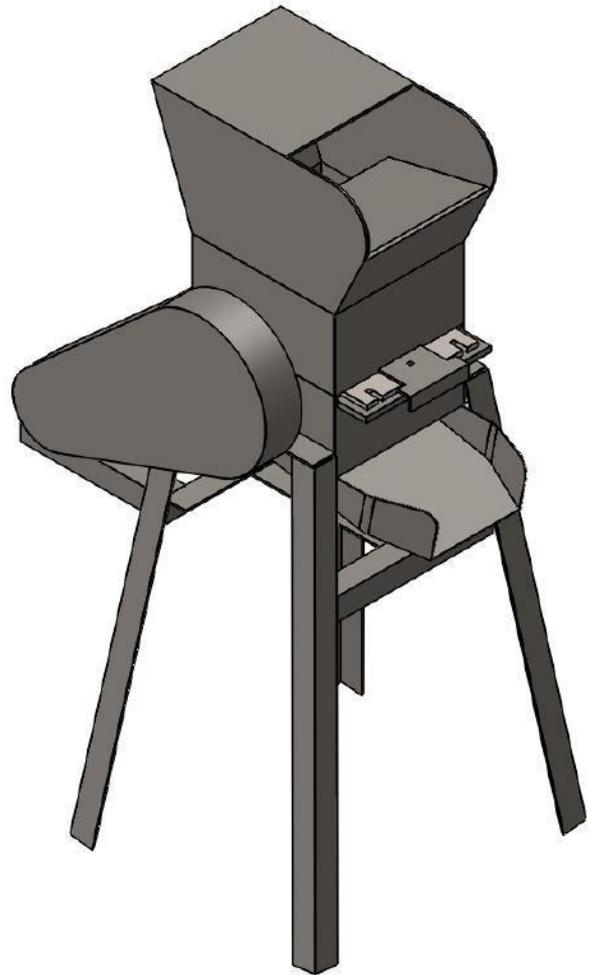
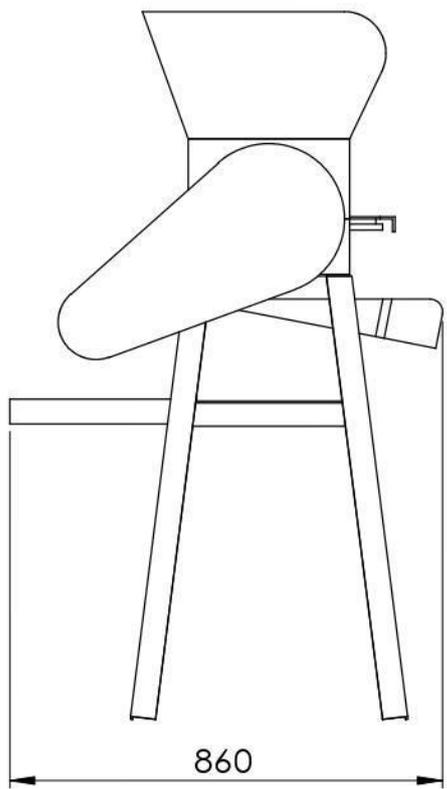
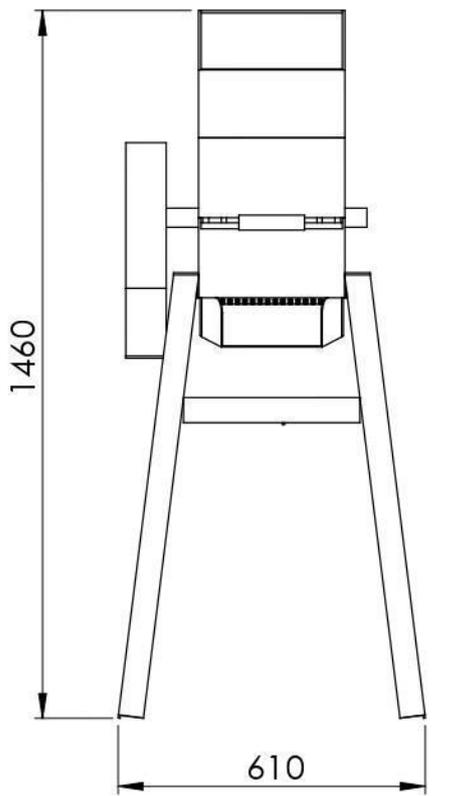
## Anexo 2. Ficha de componentes

Tabla 10. Ficha de componentes

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>		
<b>EXTENSIÓN LA MANÁ</b>		
<b>Ficha de componentes</b>		
<b>Fotografías</b>		
		
<b>Sistema</b>	<b>Componente</b>	<b>Código</b>
Transmisión	Poleas	MT-ST-PT-001
	Bandas de transmisión	MT-ST-BT-001
	Eje de transmisión	MT-ST-ET-001

	Chumaceras	MT-ST-BT-001
Trituración	Cuchillas	MT-TR-CU-001
	Porta cuchillas	MT-TR-PC-001
Estructural	Tolva	MT-SE-TL-001
	Caja de trituración	MT-SE-CT-001
	Estructura de apoyo	MT-SE-EA-001
Eléctrico	Motor	MT-SE-MO-001
	Contactador	MT-SE-CT-001
	Relé térmico	MT-SE-RT-001
	Luces piloto	MT-SE-LP-001
	Selector	MT-SE-SE-001
	Paro de emergencia	MT-SE-PE-001
	Elementos de conexión	MT-SE-EC-001

**Elaborado por:** Autor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

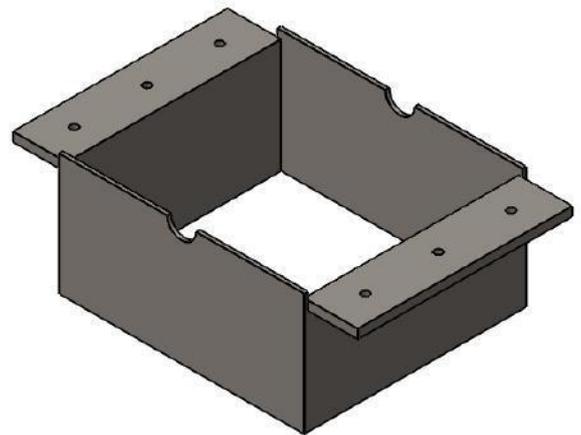
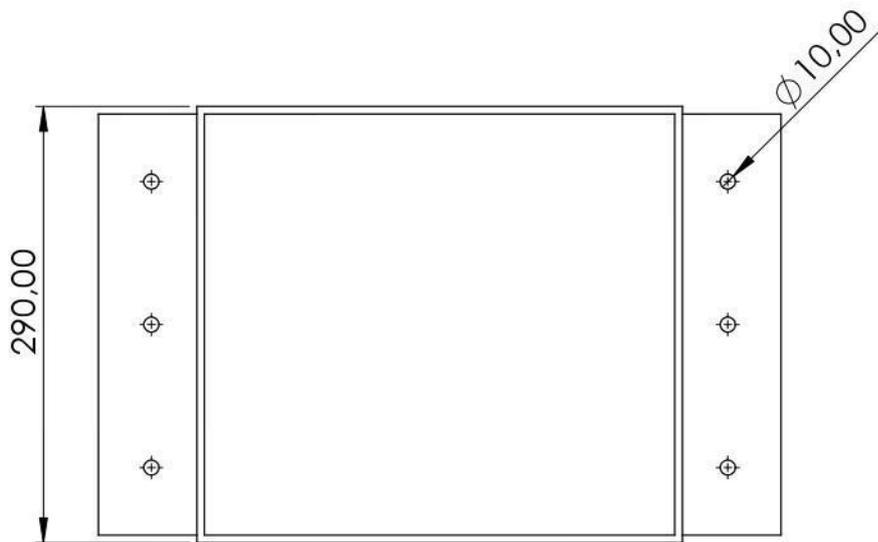
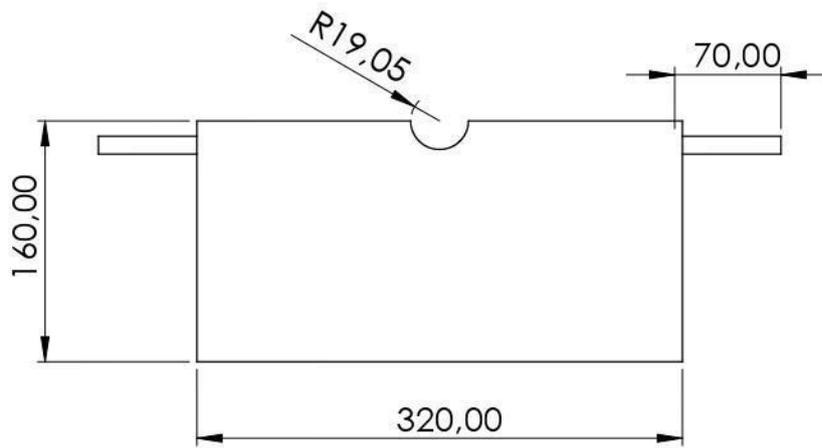


	FECHA	NOMBRE
DIBUJ.	2022	Changoluisa Toaquiza Angela Vanessa
VERIF.	2022	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla
APROB.	2022	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla

ESCALA:  
1:20

Ingeniería  
Electromecánica

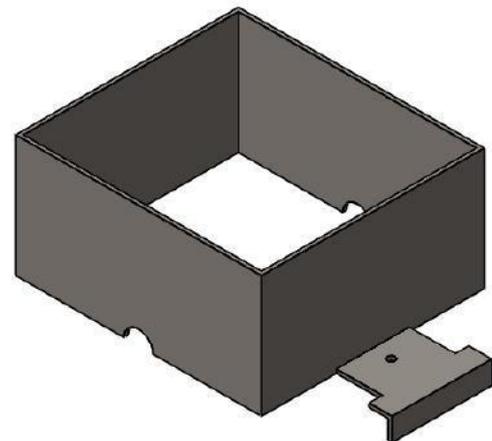
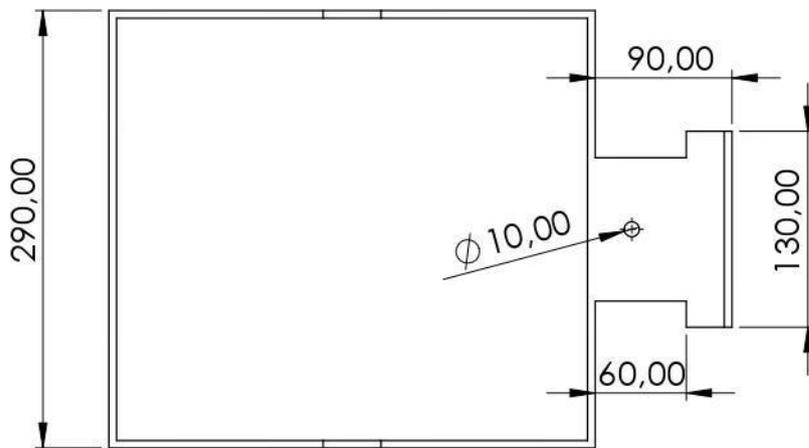
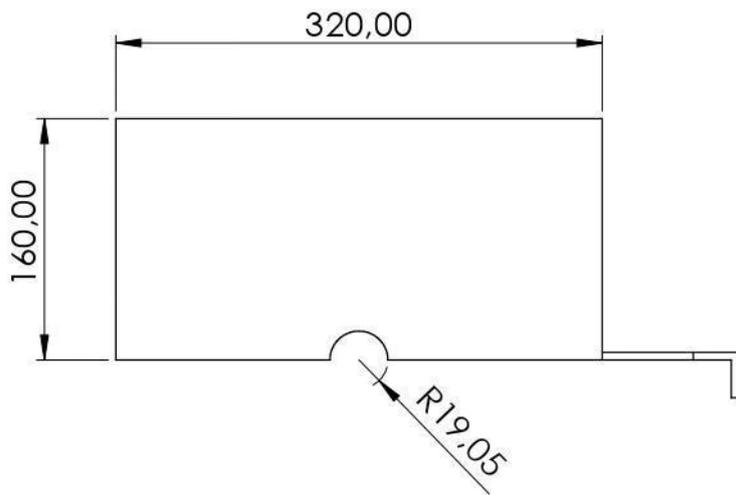
MATERIAL:	TOLERANCIA: ±3	Número de lámina Nº 1	Nombre Trituradora	N.º DE DIBUJO Ensamblaje
-----------	-------------------	--------------------------	-----------------------	-----------------------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



A	FECHA	NOMBRE	ESCALA: 1:10	Ingeniería Electromecánica		
	DIBUJ.	2022				Changoluisa Toaquiza Angela Vanessa
	VERIF.	2022				MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla
	APROB.	2022	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla			
	MATERIAL:	TOLERANCIA: ± 1	Número de lámina Nº 2	Nombre Trituradora	N.º DE DIBUJO Cámara parte inferior	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

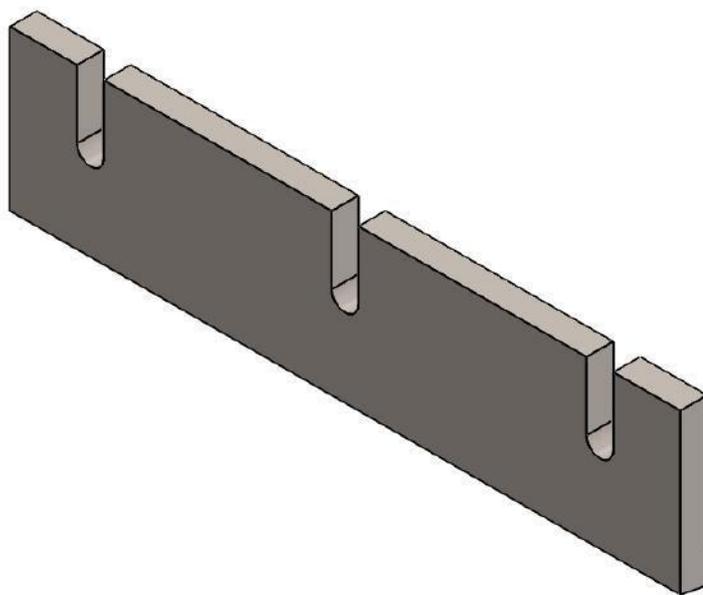
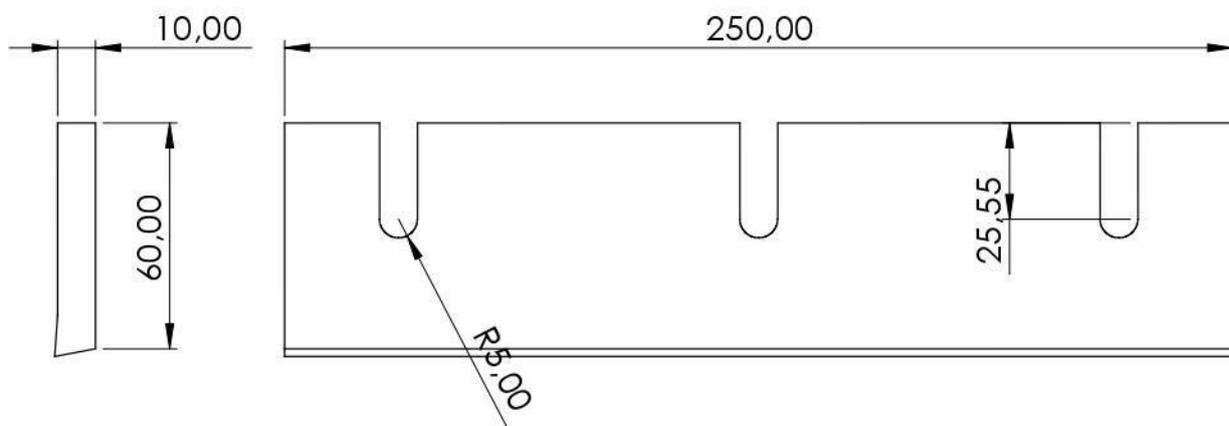


	FECHA	NOMBRE
DIBUJ.	2022	Changoluisa Toaquiza Angela Vanessa
VERIF.	2022	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla
APROB.	2022	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla

ESCALA:  
1:10

Ingeniería  
Electromecánica

MATERIAL:	TOLERANCIA: ± 3	Número de lámina N° 3	Nombre Trituradora	N.º DE DIBUJO Cámara parte superior
-----------	--------------------	--------------------------	-----------------------	--



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	FECHA	NOMBRE
DIBUJ.	2022	Changoluisa Toaquiza Angela Vanessa
VERIF.	2022	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla
APROB.	2022	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla

ESCALA:  
1:5

Ingeniería  
Electromecánica

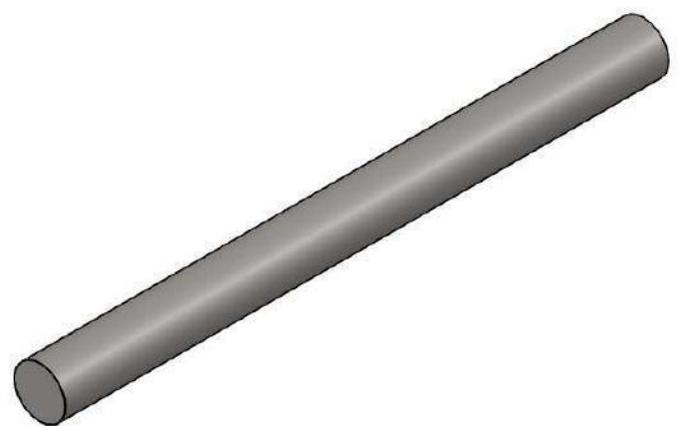
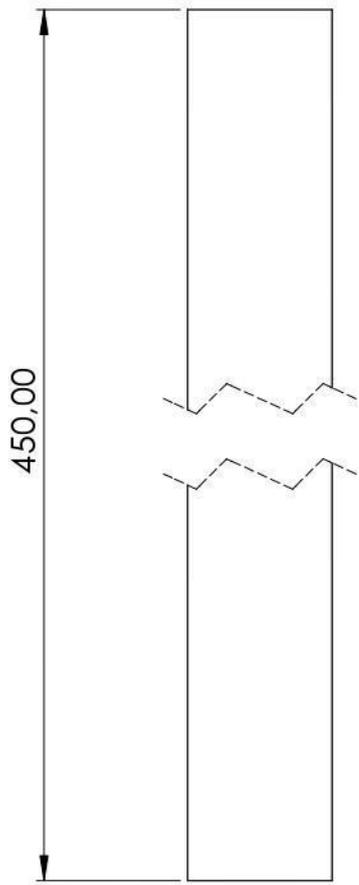
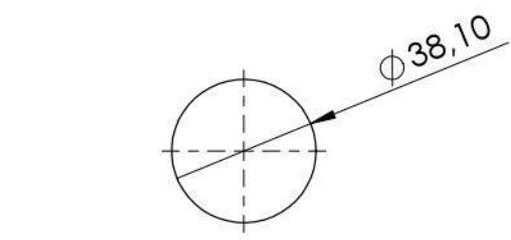
MATERIAL:

TOLERANCIA:  
 $\pm 0,5$

Número de  
lámina  
N° 4

Nombre  
Trituradora

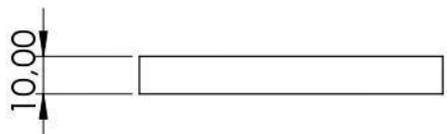
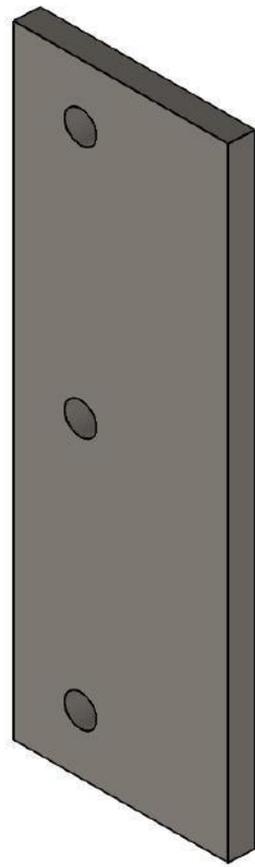
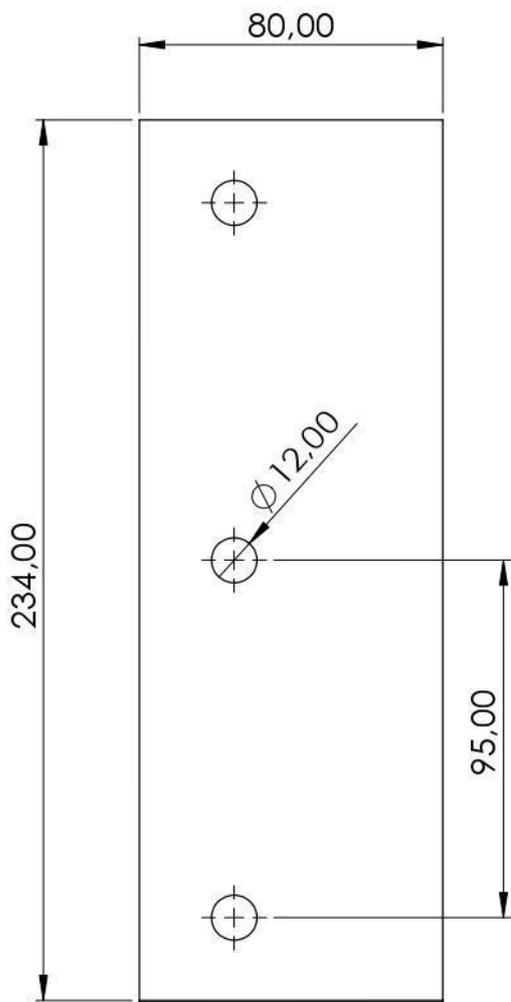
N.º DE DIBUJO  
Cuchilla



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



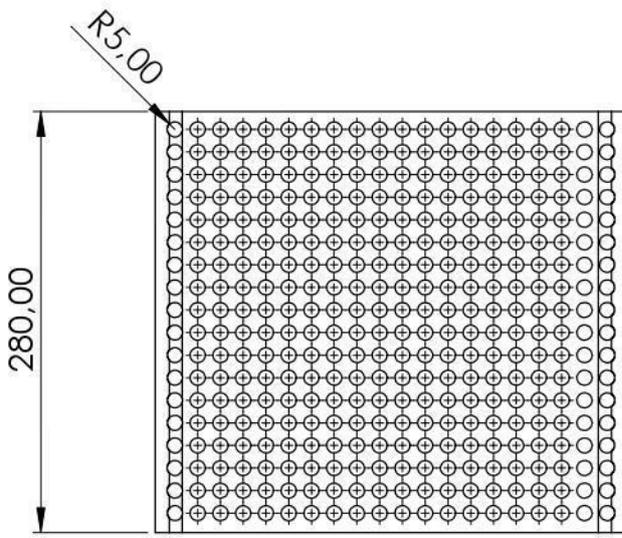
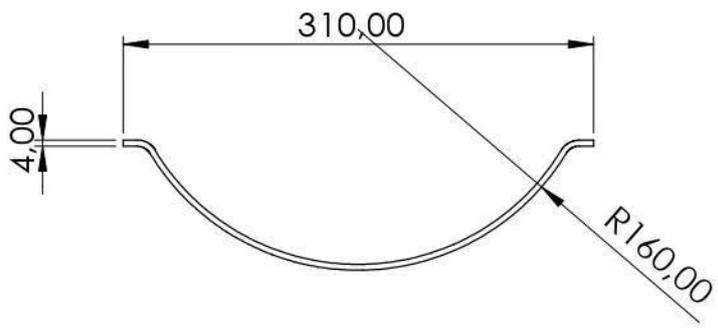
A	FECHA	NOMBRE	ESCALA: 1:5	Ingeniería Electromecánica		
	DIBUJ.	2022				Changoluisa Toaquiza Angela Vanessa
	VERIF.	2022				MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla
	APROB.	2022	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla			
	MATERIAL:	TOLERANCIA: $\pm 3$	Número de lámina Nº 5	Nombre Trituradora	N.º DE DIBUJO Eje	



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



A	FECHA	NOMBRE	ESCALA: 1:5	Ingeniería Electromecánica		
	DIBUJ.	2022				Changoluisa Toaquiza Angela Vanessa
	VERIF.	2022				MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla
	APROB.	2022	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla	Nombre Trituradora	N.º DE DIBUJO Porta cuchilla movil	
	MATERIAL:	TOLERANCIA: ± 0,5	Número de lámina Nº 6			



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



A	FECHA	NOMBRE	ESCALA: 1:10	Ingeniería Electromecánica				
	DIBUJ.	2022				Changoluisa Toaquiza Angela Vanessa		
	VERIF.	2022				MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla		
	APROB.	2022	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla	MATERIAL:	TOLERANCIA: ± 0,1	Número de lámina Nº 7	Nombre Trituradora	N.º DE DIBUJO Regilla clasificadora

4 3 2 1

F

F

E

E

D

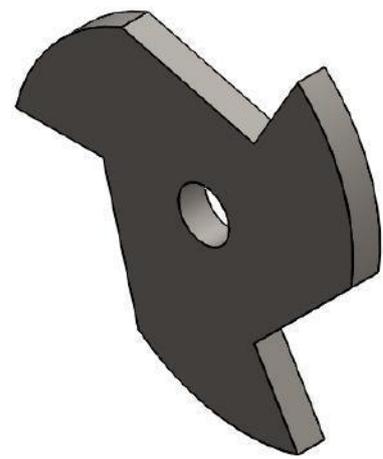
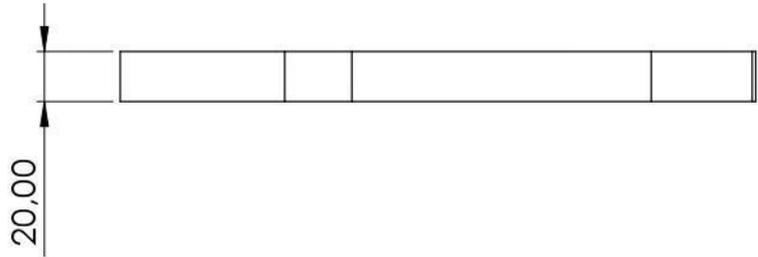
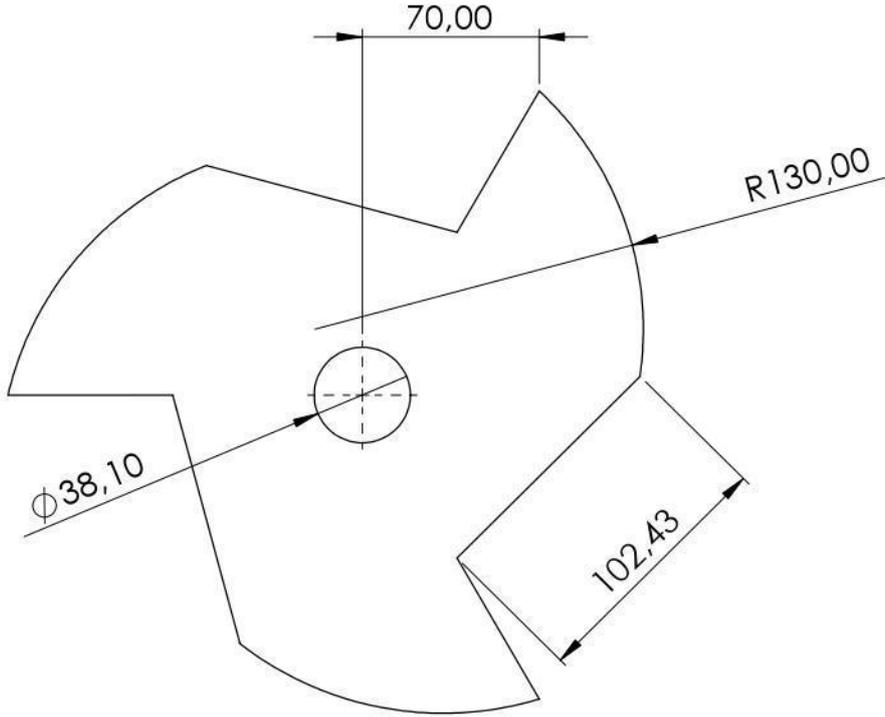
D

C

C

B

B



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



A

A

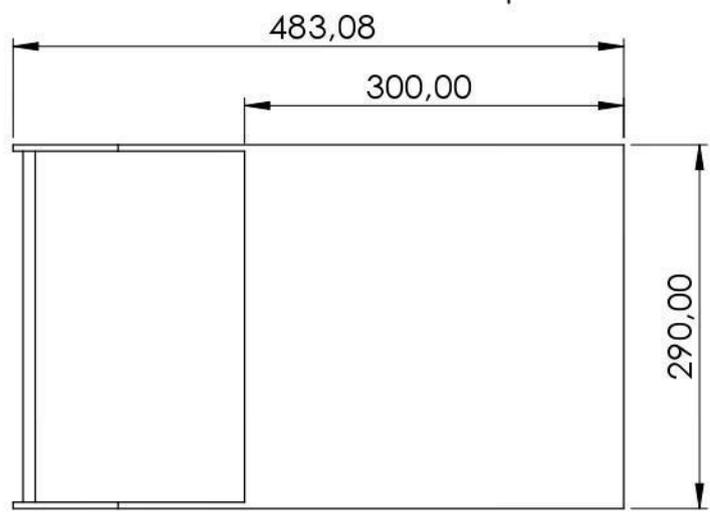
	FECHA	NOMBRE	ESCALA: 1:5	Ingeniería Electromecánica	
DIBUJ.	2022	Changoluisa Toaquiza Angela Vanessa			
VERIF.	2022	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla			
APROB.	2022	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla			
MATERIAL:		TOLERANCIA: ± 1	Número de lámina Nº 8	Nombre Trituradora	N.º DE DIBUJO Soporte porta cuchillas

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F



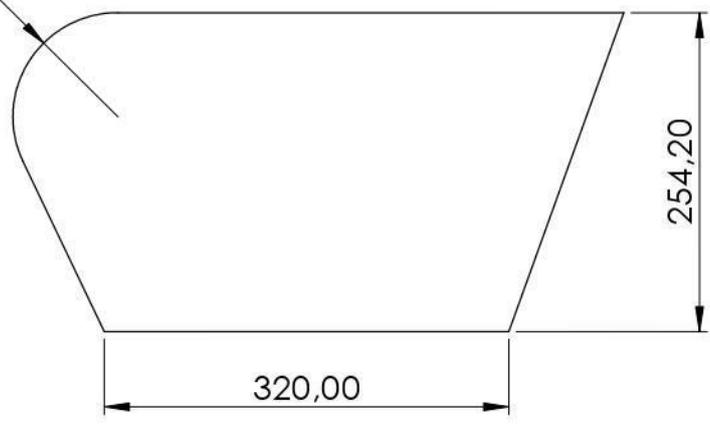
E

E

R83,08

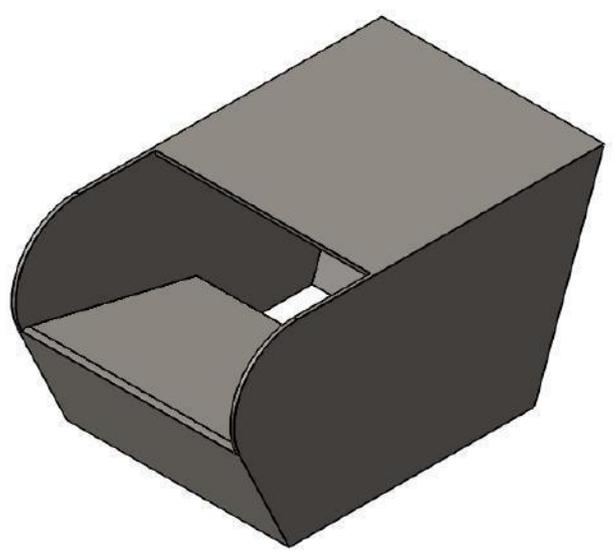
D

D



C

C



B

B



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

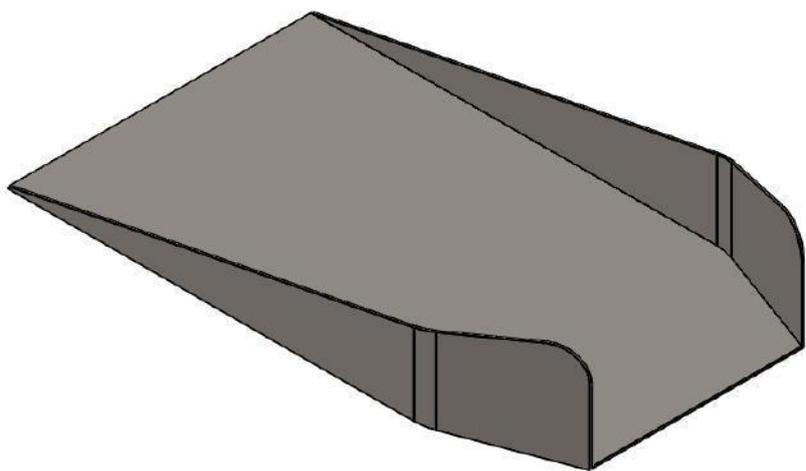
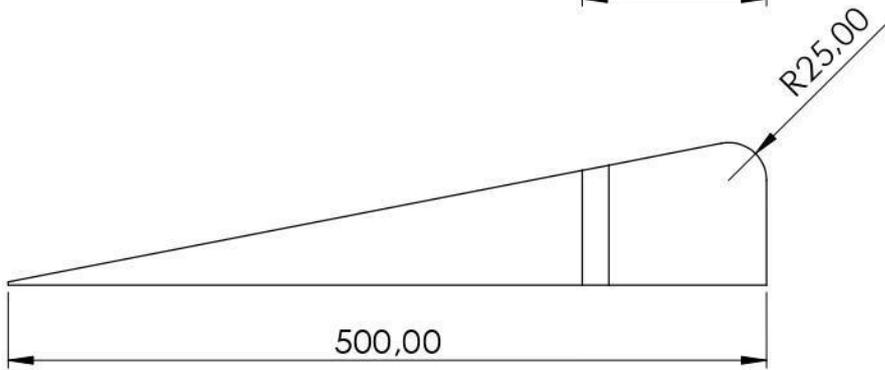
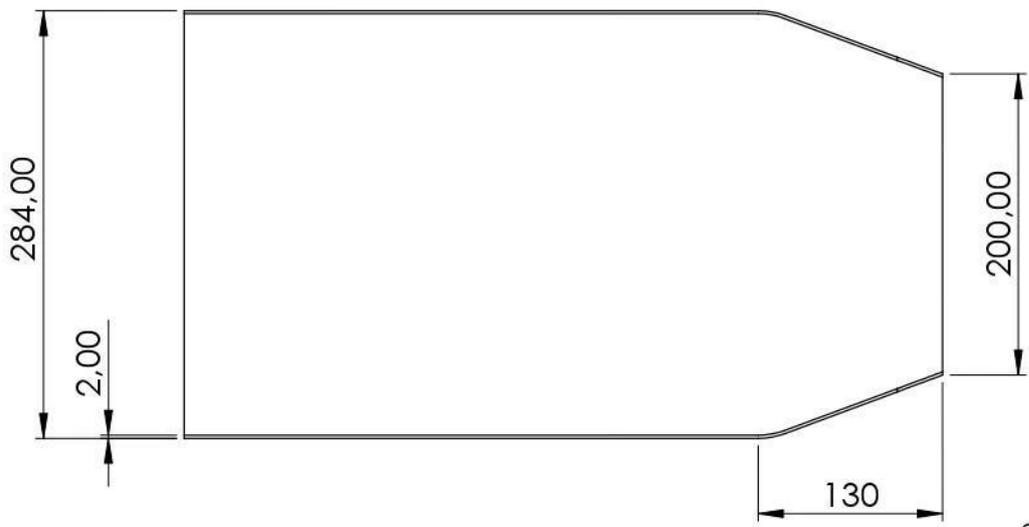


A

A

	FECHA	NOMBRE	ESCALA: 1:10	Ingeniería Electromecánica	
DIBUJ.	2022	Changoluisa Toaquiza Angela Vanessa			
VERIF.	2022	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla			
APROB.	2022	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla			
MATERIAL:		TOLERANCIA: ± 3	Número de lámina Nº 9	Nombre Trituradora	N.º DE DIBUJO Tolva

4 3 2 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

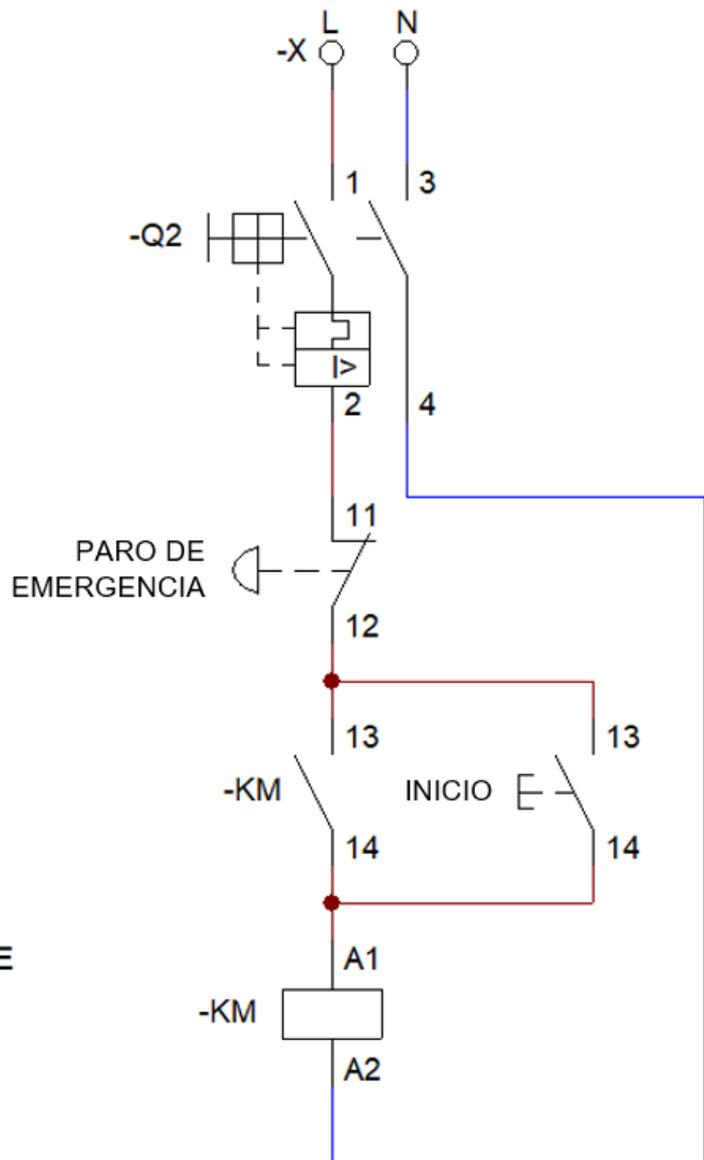
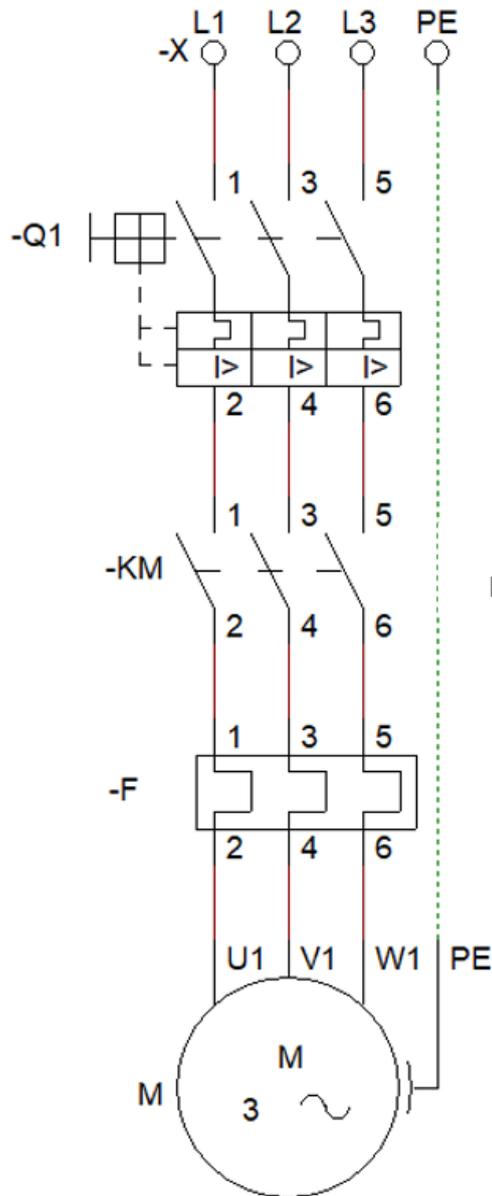


	FECHA	NOMBRE
DIBUJ.	2022	Changoluisa Toaquiza Angela Vanessa
VERIF.	2022	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla
APROB.	2022	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla

ESCALA:
1:10

Ingeniería  
Electromecánica

MATERIAL:	TOLERANCIA: ± 3	Número de lámina N° 10	Nombre Trituradora	N.º DE DIBUJO Bandeja salida de material
-----------	--------------------	---------------------------	-----------------------	---



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	FECHA	NOMBRE
DIBUJ.	2022	Changoluisa Toaquiza Angela Vanessa
VERIF.	2022	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla
APROB.	2022	MSc. Johnatan Israel Corrales Bonilla

ESCALA:

Ingeniería  
Electromecánica

MATERIAL:	TOLERANCIA:	Número de lámina N° 11	Nombre Trituradora	N.º DE DIBUJO Diagrama eléctrico
-----------	-------------	---------------------------	-----------------------	-------------------------------------

## CURRICULUM VITAE

### INFORMACION PERSONAL :

**Nombres y Apellidos:** Angela Vanessa Changoluisa Toaquiza

**Cédula de Identidad:** 050371619-3

**Lugar y fecha de nacimiento:** La Maná 27 de Febrero del 1998

**Estado Civil:** Soltera

**Tipo de Sangre:** O+

**Domicilio:** Párr. El Carmen San Vicente y Colombia

**Teléfonos:** 032-695-181 / 0939761077

**Correo electrónico:** changoluisa27vanessa@gmail.com

### ESTUDIOS REALIZADOS :

#### Primer Nivel:

Escuela Fiscal Mixta “Federación Deportiva de Cotopaxi”

#### Segundo Nivel:

Unidad Educativa La Mana

### TITULOS :

- Bachiller en Ciencias
- Conductor Profesional Categoría Tipo “C”
- Licencia de Prevención en Riesgos Laborales

### IDIOMAS :

- Español (Nativo)
- English (Medio)

### CURSOS DE CAPACITACIÓN :

- Curso de Operadores de Sistemas

**Dictado:** Queve-Compu

**Lugar y fecha:** Latacunga 28 de Noviembre del 2009

**Tiempo: 150 horas**

- Charla “Finanzas Seguras, Tranquilidad Futura”

**Dictado:** Superintendencias de Bancos del Ecuador

**Lugar y fecha:** Quito Septiembre del 2015

**Tiempo: 3 horas**

- Cursos de Torno y Fresa en el desempeño teórico y practico

**Dictado:** CENTRO DE FORMACIÓN ARTESANAL “CENTRO TÉCNICO QUEVEDO”

**Lugar y fecha:** Quevedo 24 de Julio del 2017

**Tiempo: 64 horas**

- Seminario: SEGUNDA CONFERENCIA CIENTÍFICA INTERNACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA – UTC LA MANÁ 2016

**Dictado:** Universidad Técnica de Cotopaxi- Extensión La Mana

**Lugar y fecha:** La Maná 12, 13, 18 y 19 de Noviembre del 2016

**Tiempo: 40 horas**

- II CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACION CIENTIFICA UTC – LA MANA 2017

**Dictado:** Universidad Técnica de Cotopaxi- Extensión La Mana

**Lugar y fecha:** La Mana 16, 17, 18, 19 y 20 de Enero del 2017

**Tiempo: 40 horas**

- Curso de Belleza

**Dictado:** Centro de Capacitación y Aprendizaje Siglo XXI

**Lugar y fecha:** La Mana, 2 Mayo del 2017

**Tiempo: 60 horas**

## REFERENCIAS PERSONALES

:

- Ing. Genesis Guaman Cel. 096 922 5233
- Ing. Veronica Yanez Cel. 099 406 0769
- Sra. Jackeline Cepeda Cel. 098 663 0757



**Johnatan  
Israel  
Corrales  
Bonilla**

**FECHA DE  
NACIMIENTO**

15 Octubre 1990

**DOMICILIO**  
Latacunga  
Ecuador

**ESTADO CIVIL**

Casado

**CONTACTOS**

0984180679

[corralesjohnatan@gmail.com](mailto:corralesjohnatan@gmail.com)



## Habilidades / Capacidades

### PROCESOS DE PRODUCCIÓN / MECATRÓNICA

Habilidades:

- Proyectar, diseñar, simular y construir sistemas, procesos y productos mecatrónicos.
- Asimilar y aplicar tecnologías adaptándolas a las necesidades del entorno productivo, social y ambiental, propiciando un desarrollo sustentable.
- Manejar herramientas a la vanguardia en la solución de problemas mecatrónicos.
- Controlar, automatizar, operar, supervisar, evaluar y mantener procesos mecatrónicos.

Experiencia:

- Desarrollo de proyectos dentro de la facultad.
- Pasantías en Novacero Cotopaxi en el área de control.
- Encargado del departamento técnico de la empresa A&M Systems.
- Ingeniero en Proyectos y Servicios en la empresa SEIN S.A.

### GESTIÓN

Habilidades:

- Planificar, e implementar sistemas de información financiera.
- Aplicar metodologías de gestión de la calidad para la elaboración de proyectos.
- Elaboración de planes para la transformación digital, fundamentos y aplicación de Industria 4.0.
- Negociación y manejo de conflictos.
- Liderar grupos grandes de personas.
- Gestión de Personas.

Experiencia:

- Trato con clientes.
- Estudio de los desafíos de Gestión de personas para la inserción de la Industria 4.0.
- Manejo de grupos grandes de personas.

## Formación académica

**2017-2019 Instituto Tecnológico de Leiria (IPL- Portugal)**

Título: Máster en Gestión

**2008-2014 Universitarios: Universidad Internacional del Ecuador (UIDE)**

Título: Ingeniero en Mecatrónica

**2002-2008 Secundarios: Unidad Educativa Hermano Miguel**

Sede: Latacunga

**1996-2002 Primarios: Unidad Educativa San José La Salle**

Sede: Latacunga

## Idiomas

**Idiomas** **Español:** Nivel alto. Idioma natal

**Inglés:** Nivel intermedio.

**Portugués:** Nivel intermedio.

## Conocimientos Técnicos

- Informática:** Windows, Office Suite.
- Programación:** C, Java, POO, Visual Studio.
- Bases de datos:** SQL.
- Controladores:** PLC, D.C.S. DeltaV (Emerson)
- Diseño mecánico:** Autocad, Inventor, SolidWords, BobCat, Predator.
- Diseño eléctrico:** Solidworks Electrical, Proteus.
- Simulador de Procesos:** Automation Studio, Fluidsim, Labview, Mathlab, Matematica.
- Microcontroladores:** PIC, Arduino.
- Otros conocimientos:** Neumática, controladores, sensores, actuadores. Integración y comisionado de equipos con protocolos de red industrial (HART, Profibus, Modbus, Devicenet, Ethernet/IP). Manejo del estándar de comunicación OPC (OPC Mirror, Matrikon)

## Cursos y Seminarios

"Circuits and Electronics 6.002x" Curso de estudio en línea ofrecido por MITX "INSTITUTO DE MASSACHUSETTS DE TECNOLOGÍA"

"ENERGÍAS RENOVABLES Y CAMBIO CLIMÁTICO" seminario dictado por: Ing. Francisco Salgado Torres, MSc, con duración de 8 horas.

"Seminarios de Contabilidad y Auditoría" Universidad Tecnológica Indoamérica (UTI). Cuarto Semestre.

"TALLER TÉCNICO DE VÁLVULAS DE CONTROL FISHER" seminario dictado por: Ing. Alejandro Negrete, Coordinador de Operaciones PUFFER Venezuela, con duración de 40 horas.

" SISTEMA DE CONTROL DELTAV NIVEL BÁSICO" curso dictado por: Ing. Luis Gutiérrez, SEIN S.A., con duración de 24 horas.

" SISTEMA DE CONTROL DELTAV NIVEL INTERMEDIO" curso dictado por: Ing. Luis Gutiérrez, SEIN S.A., con duración de 40 horas.

## Logros

Primer lugar a " MEJOR GESTIÓN EN INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA " con la empresa Intrinsic S.A. Especialidad Mecatrónica.

Mención al colaborador más destacado del centro de servicios del trimestre FY 16-Q2

## Proyectos de investigación

- Desarrollo del proyecto de titulación con el tema: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PULPO DE SERIGRAFÍA CON TRES ESTACIONES DE TRABAJO, PARA PRODUCTOS TEXTILES DE LA EMPRESA JOLECC SPORT"
- Tema de disertación: "DESAFÍOS DE LA GESTIÓN DE PERSONAS CON LA INSERCIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0."

Como proyectos y talleres dentro de la universidad se realizaron:

- CONSTRUCCIÓN DE UNA CNC PARA MADERA.
- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE "SISTEMA MECATRÓNICO CON MOVIMIENTO EN LOS 3 EJES Y RECONOCIMIENTO DE OBJETOS."
- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN Y EMPAQUETADO DE HUEVOS.
- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE "BRAZO SOLDADOR CON TRES GRADOS DE LIBERTAD"

## Ponencias y cursos impartidos

Título: Desafíos de la Gestión de Personas con la inserción de la Industria 4.0.

Lugar y fecha: Latacunga, 17 Enero 2019.

Congreso: I Congreso de Informática 2019

Centro: Universidad Técnica de Cotopaxi

Título: Manejo de históricos en Deltav

Lugar y fecha: La Troncal, Marzo 2017.

Centro: Poliducto Pascuales Cuenca

## Experiencia

**Empresa:** A&M Systems

**Cargo:** Jefe del Departamento Técnico.

**Funciones:**

- Diseño del cableado estructurado para la implementación de sistemas de seguridad.
- Diseño de un sistema de seguridad, con cámaras móviles y alarmas.
- Programación de controladores.
- Administración de sistemas, manejo de base de datos
- Control de calidad de sistemas implementados.
- Manejo de personal (4 personas) de mantenimiento.

**Jefe Inmediato:** Miguel Espinoza.

Enero 2014 a Septiembre 2014

**Empresa:** Novacero

**Cargo:** Pasantías Departamento de Proyectos, células innovadoras.

**Funciones:**

- Asignación personal para las actividades de mantenimiento.
- Inspección de las actividades al final de cada ciclo laboral.
- Cierre de órdenes de mantenimiento a través del sistema, con informes de los procesos del día.
- Levantamiento de actividades específicas para cada mantenimiento, de acuerdo a los procesos que tengan percance.
- Levantamiento de inventario de repuestos necesarios para mantenimiento preventivo, realizando un plan de alternativas de compra de repuestos.

**Jefe Inmediato:** Ing. Daniel Bonilla.

Enero 2013 a Mayo 2013

## Informe del Urkund

---



### Document Information

---

<b>Analyzed document</b>	ChangoluisaFinal 31 de marzo.docx (D132967660)
<b>Submitted</b>	2022-04-07T19:04:00.0000000
<b>Submitted by</b>	
<b>Submitter email</b>	yoandrys.morales@utc.edu.ec
<b>Similarity</b>	2%
<b>Analysis address</b>	yoandrys.morales.utc@analysis.orkund.com