

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

**Diseño de una máquina recicladora de plásticos PET a  
base de cáscara de cacao para la producción de tejas  
híbridas en la provincia de Satipo -Junín**

Raul Huincho Javier  
Jhonatan Raul Torres Pomalaya

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Mecánico

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE  
INVESTIGACIÓN**

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Roberto Belarmino Quispe Cabana Asesor de  
trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 15 de abril de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

DISEÑO DE UNA MÁQUINA RECICLADORA DE PLÁSTICOS PET A BASE DE CÁSCARA DE CACAO PARA LA PRODUCCIÓN DE TEJAS HÍBRIDAS EN LA PROVINCIA DE SATIPO-JUNÍN

**Autor:**

1. Raul Huincho Javier – EAP. Ingeniería Mecánica
3. Jhonatan Raul Torres Pomalaya – EAP. Ingeniería Mecánica

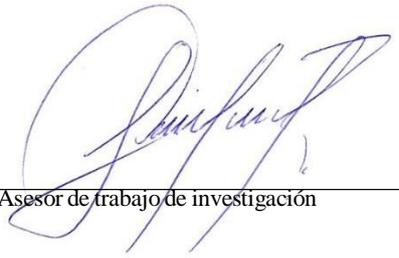
Se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 15 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- |  |                             |  |
|--|-----------------------------|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía  | SI <input type="checkbox"/> | NO <input checked="" type="checkbox"/> |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores<br>Nº de palabras excluidas ( <b>en caso de elegir “SI”</b> ): | SI <input type="checkbox"/> | NO <input checked="" type="checkbox"/> |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante  | SI <input type="checkbox"/> | NO <input checked="" type="checkbox"/> |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

  
Asesor de trabajo de investigación

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo de investigación principalmente a Dios por ser aquel ser celestial que nos brinda esa fortaleza mental y física, para afrontar con mucha responsabilidad y compromiso todo obstáculo que se presentó a lo largo de este semestre y durante todo el tiempo de nuestra vida universitaria. Gracias por permitirnos hoy en día culminar con un trabajo tan importante para empezar nuestra vida profesional. De igual manera se lo dedicamos a nuestra familia por ayudarnos económica y anímicamente por su apoyo incondicional con sus palabras de aliento para no darnos por vencidos aun conociendo nuestras limitaciones académicas.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios, a nuestros docentes universitarios y a la familia por la sabiduría y la paciencia que tuvieron con nosotros en los momentos difíciles que como estudiantes tuvimos que afrontar, ellos con la experiencia que la vida les dio siempre estuvieron al frente para exhortarnos a culminar con éxito nuestra carrera profesional.

## RESUMEN

La siguiente investigación presenta el diseño mecánico de una máquina recicladora de plásticos PET y cáscara de cacao para la producción de tejas híbridas con la finalidad de reducir la contaminación plástica y reaprovechamiento de la cáscara de cacao en la provincia de Satipo.

Para diseñar esta máquina se tuvo que adaptar a una metodología VDI-2221, adaptada con la metodología VDI 2225, la cual establece diversas instrucciones para elaborar el diseño en ingeniería mecánica, que cumpla todos los requerimientos del diseño de la máquina recicladora. El método de enfoque cuantitativo, diseño no experimental y de tipo tecnológico.

El diseño consta de tres sistemas triturado, fundido y prensado. El sistema de triturado lleva una tolva con capacidad de 534kg/h que será de un acero ASTM A36, también cuenta con juego de cuchilla de cuatro puntas para el triturado de los plásticos PET, la fuerza de corte de las botellas es de 1483.27 N, la cuchilla es de un acero AISI 1020, espesor de 16mm. Se seleccionó un acero AISI 1045 para el eje de triturado con un diámetro de 28 mm y esto será accionado con un motor de 2HP mediante poleas y correas de transmisión de doble banda. Para el fundido se seleccionó un motorreductor de 3HP con una velocidad de 114 rpm que acciona el husillo de la extrusora de 50 mm de diámetro con 20 filetes para el transporte del material fundido a una temperatura de 300 °C para la correcta fusión. Para el sistema de prensado se seleccionó una electrobomba de 2HP que accionará al pistón hidráulico donde la presión es de 7,8KN para compactar la teja híbrida. Se utilizó el modelamiento CAD de los componentes principales de cada sistema que se sometió a validar a través del software especializados en ANSYS.

**Palabras clave:** plásticos PET, cáscara de cacao, máquina, tejas híbridas, diseño, ANSYS, modelamiento.

## ABSTRACT

The following research presents the mechanical design of a PET plastic and cocoa shell recycling machine for the production of hybrid tiles in order to reduce plastic pollution and reuse cocoa shell in the province of Satipo.

To design it had to be adapted to a VDI-2221 methodology adapted with the VDI 2225 methodology which establishes a series of steps for the design process in mechanical engineering, so that it meets all the requirements of the recycling machine design. The method for the development of the thesis is a non-experimental quantitative approach, technological type.

The design consists of 3 systems: crushing, melting and pressing. The crushing system has a hopper with a capacity of 534kg/h that will be made of ASTM A36 steel, it also has a set of four-pointed blades for crushing PET plastics, the cutting force of the bottles is 1483.27 N, the blade is made of AISI 1020 steel, 16mm thick. AISI 1045 steel was selected for the grinding shaft with a diameter of 28 mm and this will be driven by a 2HP motor using pulleys and double-band transmission belts. For the melting, a 3HP gearmotor with a speed of 114 rpm was selected which drives the 50 mm diameter extruder screw with 20 threads for the transport of the molten material at a temperature of 300 °C for the correct fusion. For the pressing system, a 2HP electric pump was selected which will drive the hydraulic piston where the pressure is 7.8KN to compact the hybrid tile. CAD modeling of the main components of each system was used and was subjected to validation through finite element analysis with ANSYS software.

**Keywords:** PET plastics, cocoa shell, machine, hybrid tiles, design, ANSYS, modeling.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>5</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>6</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>7</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>8</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>13</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>14</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>18</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>18</b>
<i>1.1 Planteamiento y Formulación del Problema</i> .....	<i>18</i>
<i>1.1.1 Planteamiento del problema</i> .....	<i>18</i>
<i>1.1.2 Formulación del Problema</i> .....	<i>21</i>
<i>1.1.2.1 Problema general</i> .....	<i>21</i>
<i>1.1.2.2 Problemas específicos</i> .....	<i>21</i>
<i>1.2 Objetivos</i> .....	<i>21</i>
<i>1.2.1 Objetivo general</i> .....	<i>21</i>
<i>1.2.2 Objetivos específicos</i> .....	<i>21</i>
<i>1.3 Justificación</i> .....	<i>22</i>
<i>1.3.1 Justificación teórica</i> .....	<i>22</i>
<i>1.3.2 Justificación práctica</i> .....	<i>22</i>
<i>1.3.3 Justificación metodológica</i> .....	<i>22</i>
<i>1.4 Delimitación de la presente investigación</i> .....	<i>22</i>
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>23</b>
<i>2.1 Antecedentes del Problema</i> .....	<i>23</i>

2.1.1	<i>Antecedentes internacionales</i> .....	23
2.1.2	<i>Antecedentes nacionales</i> .....	25
2.2	<i>Bases teóricas</i> .....	25
2.2.1	<i>Definición del plástico</i> .....	25
2.2.1.1	<i>Clasificación de los plásticos</i> .....	25
2.2.2	<i>Tereftalato de polietileno PET</i> .....	26
2.2.3	<i>Propiedades del PET</i> .....	27
2.2.3.1	<i>Propiedades mecánicas del PET</i> .....	28
2.2.3.2	<i>Resistencia térmica</i> .....	28
2.2.3.3	<i>Resistencia química</i> .....	28
2.2.4	<i>Cacao (Theobroma Cacao L.)</i> .....	30
2.2.5	<i>Variedades del cacao</i> .....	31
2.2.5.1	<i>Criollo</i> .....	31
2.2.5.2	<i>Forastero</i> .....	32
2.2.5.3	<i>Trinitario</i> .....	32
2.2.6	<i>Sistema de trituración</i> .....	33
2.2.6.1	<i>Diseño de tolva</i> .....	33
2.2.6.2	<i>Fuerza de corte para botella PET</i> .....	34
2.2.6.3	<i>Selección de polea y correas de transmisión</i> .....	35
2.2.6.4	<i>Selección de eje</i> .....	35
2.2.7	<i>Sistema de extrusión</i> .....	37
2.2.7.1	<i>Extrusora</i> .....	37
2.2.7.2	<i>Diámetro de cilindro</i> .....	38
2.2.7.3	<i>Número de filetes</i> .....	38
2.2.7.4	<i>Ángulo de hélice</i> .....	38
2.2.7.5	<i>Tolerancia tornillo/cilindro</i> .....	39
2.2.7.6	<i>Ancho de filete</i> .....	39
2.2.7.7	<i>Paso husillo</i> .....	39

2.2.7.8 Longitud de zonas del husillo.....	39
2.2.7.9 Profundidad el canal.....	39
2.2.7.10 Cálculo revoluciones del husillo .....	39
2.2.7.11 Flujo de arrastre .....	40
2.2.7.12 Flujo de presión .....	40
2.2.7.13 Flujo de filtración .....	40
2.2.7.14 Constante total cabezal.....	40
2.2.7.15 Flujo volumétrico.....	41
2.2.8 Selección de motorreductor.....	41
2.2.9 Resistencia tipo abrazadera.....	42
2.2.10 Cálculo temperatura de fundición plástico.....	42
2.2.11 Sistema hidráulico .....	43
2.2.11.1 Hidráulica.....	43
2.2.11.2 Prensa hidráulica.....	43
2.2.11.3 Prensa según forma de bastidor.....	43
2.2.11.4 Elementos de una prensa hidráulica.....	45
2.2.11.5 Cilindro hidráulico .....	45
2.2.11.6 Electrobomba .....	45
2.2.11.7 Presión .....	45
2.2.11.8 Bomba hidráulica.....	46
2.2.11.9 Área del pistón.....	46
2.2.11.10 Área del vástago .....	46
2.2.11.11 Área anular .....	47
2.2.11.12 Velocidad de entrada y salida.....	47
2.2.11.13 Cálculo de los volúmenes del cilindro.....	48
2.2.11.14 Cálculo de tiempo de avance y retroceso del vástago .....	48
2.3 Definición de Términos Básicos .....	49
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....</b>	<b>50</b>

<b>3.1 Método y tipo de investigación .....</b>	<b>50</b>
<b>3.1.1 Método de investigación.....</b>	<b>50</b>
<b>3.1.2 Tipo de investigación.....</b>	<b>50</b>
<b>3.2 Población y Muestra.....</b>	<b>51</b>
<b>3.2.1 Población.....</b>	<b>51</b>
<b>3.2.2 Muestra.....</b>	<b>51</b>
<b>3.2 Materiales y métodos .....</b>	<b>51</b>
<b>3.3.1 Metodología aplicada para el desarrollo de máquina recicladora de plásticos PET a base de cáscara de cacao .....</b>	<b>51</b>
<b>3.3.2 Metodología VDI 2221.....</b>	<b>52</b>
<b>3.3 Definir Especificaciones .....</b>	<b>53</b>
<b>3.3.1 Estado de tecnología.....</b>	<b>53</b>
<b>3.4Análisis de solución.....</b>	<b>55</b>
<b>3.4.1 Caja negra.....</b>	<b>55</b>
<b>3.4.2 Detalle de secuencia de operaciones.....</b>	<b>56</b>
<b>3.4.3 Caja blanca.....</b>	<b>57</b>
<b>3.5 Crear conceptos de diseño.....</b>	<b>58</b>
<b>3.5.1 Matriz morfológica.....</b>	<b>58</b>
<b>3.5.2 Concepto de solución .....</b>	<b>60</b>
<b>3.5.2.1 Concepto de solución 1.....</b>	<b>60</b>
<b>3.5.2.2 Concepto de solución 2.....</b>	<b>61</b>
<b>3.5.2.3 Concepto de solución 3.....</b>	<b>62</b>
<b>3.5.3 Evaluación técnico-económico.....</b>	<b>62</b>
<b>3.5.3.1 Análisis técnico de los conceptos de solución “Xi” .....</b>	<b>62</b>
<b>3.5.3.2 Análisis económico de los conceptos de solución “Yi”.....</b>	<b>63</b>
<b>3.5.4 Análisis técnico-económico.....</b>	<b>64</b>
<b>3.6 Diseño.....</b>	<b>64</b>
<b>3.6.1 Consideraciones de diseño .....</b>	<b>64</b>
<b>3.6.2 Materiales .....</b>	<b>64</b>

3.6.3 Sistema de Trituración .....	66
3.6.3.1 Cálculo volumen de la tolva (A).....	67
3.6.3.2 Diseño de cuchillas (B).....	67
3.6.3.3 Cálculo de polea (C) .....	70
3.6.3.4 Cálculo Eje (D).....	74
3.6.4 Cálculo del sistema de extrusión (E).....	81
3.6.5 Cálculo de temperatura de fundición .....	84
3.6.6 Cálculo sistema hidráulico.....	85
<b>Capítulo IV .....</b>	<b>90</b>
<b>4.1 Resultados y discusión.....</b>	<b>90</b>
4.1.1 Modelamiento de cuchilla trituradora de botellas de plásticos PET .....	90
4.1.2 Modelamiento de eje de trituradora .....	92
4.1.3 Modelamiento de componentes de extrusora.....	93
4.1.4 Modelamiento de estructura del sistema hidráulico .....	94
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>98</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>98</b>
5.1 Conclusiones.....	99
5.2 Recomendaciones.....	99
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>105</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Generación de residuos sólidos en Junín. ....	19
Tabla 2. Clasificación de plásticos.....	26
Tabla 3. Propiedades mecánicas del plástico PET.....	29
Tabla 4. Propiedades térmicas del plástico PET.....	29
Tabla 5. Resistencia química del plástico PET.....	29
Tabla 6. Ensayo de flexión. ....	30
Tabla 7. Ensayo de compresión. ....	30
Tabla 8. Porcentaje de representación de residuos del cacao.....	32
Tabla 9. Tabla de temperatura de fundición del plástico.....	41
Tabla 10. Matriz morfológica. ....	61
Tabla 11. Análisis técnico de las posibles soluciones. ....	65
Tabla 12. Análisis económico de las posibles soluciones.....	65
Tabla 13. Resultado total del análisis técnico-económico. ....	66
Tabla 14. propiedades del acero ASTM A36.....	67
Tabla 15. Propiedades del acero AISI 1020. ....	67
Tabla 16. Tabla acero AISI 1045.....	67
Tabla 17. Dimensiones de botellas comerciales del plástico PET. ....	70
Tabla 18. Circunferencias interiores en banda en V estándar.....	73
Tabla 19. Interpolación.....	73
Tabla 20. Factor de corrección de longitud. ....	74
Tabla 21. Potencias nominales de bandas en V. ....	74
Tabla 22. Especificaciones técnicas. ....	86
Tabla 23. Características de resistencia tipo abrazaderas.....	86
Tabla 24. Fuerza teórica según cilindro. ....	87
Tabla 25. Sensibilidad a la muesca de aceros. ....	111
Tabla 26. Sensibilidad a la muesca de materiales sometidos a torsión inversa. ....	111
Tabla 27. Parámetros en el factor de condición superficial. ....	112
Tabla 28. Factores de concentración de esfuerzos $K_t$ y $K_{ts}$ . ....	112
Tabla 29. Selección de cuñas y tornillos prisioneros. ....	112

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Disposición de todos los residuos plásticos que se han generado.....	18
Figura 2. Producción de cacao en el mundo. ....	20
Figura 3. Principales regiones productores del cacao en el Perú.....	20
Figura 4. Reacción química del ácido tereftalato y etilenglicol para formación del PET .....	28
Figura 5. Botellas de plástico PET reciclado. ....	28
Figura 6. Mapa de zonificación del cultivo del cacao en la provincia de Satipo.....	30
Figura 7. Características del cacao. ....	31
Figura 8. Cacao criollo. ....	32
Figura 9. Cacao forastero.....	32
Figura 10. Cacao trinitario.....	34
Figura 11. Proceso de deformación del material .....	35
Figura 12. Diagrama de relación de poleas.....	36
Figura 13. Representación esquemática de una extrusora de un solo husillo.....	38
Figura 14. Zona de una extrusora y evolución de la presión.....	39
Figura 15. Motorreductor.....	43
Figura 16. Resistencia tipo abrazadera. ....	43
Figura 17. Prensa hidráulica cuello de cisne. ....	45
Figura 18. Prensa de montante recto. ....	46
Figura 19. Prensa de columna. ....	46
Figura 20. Diagrama de etapas y procesos de diseño adaptado a la norma VDI 2221 complementada con la VDI 2225.....	54
Figura 21. Modelo 3D del conjunto de extrusión.....	55
Figura 22. Máquina trituradora de plásticos que genera filamentos para impresión 3D.....	56
Figura 23. Vista isométrica de la planta de procesos. ....	57
Figura 24. Caja negra máquina recicladora de plásticos PET y cáscara de cacao.....	58
Figura 25. Diagrama de procesos máquina recicladora. ....	56
Figura 26. Caja blanca de la máquina recicladora de plásticos PET y cáscara de cacao. ....	60
Figura 27. Concepto de solución 1.....	63
Figura 28. Concepto de solución 2.....	63
Figura 29. Concepto de solución 3.....	64
Figura 30. Evaluación técnico-económico.....	64
Figura 31. Isométrico Sistema de trituración. ....	68
Figura 32. Geometría de tolva de alimentación.....	68
Figura 33. Geometría de cuchillas de trituración.....	70

Figura 34. Espesor de botella PET medido con un calibrador .....	71
Figura 35. Relación de poleas .....	71
Figura 36. Isométrico eje trituradora. ....	75
Figura 37. Fuerzas actuantes con el eje de trituración. ....	76
Figura 38. Diagrama de cuerpo libre. ....	76
Figura 39. Diagrama de fuerza cortante y momento flector en los ejes x-y con el <i>software</i> MD Solid. ....	77
Figura 40. Diagrama de fuerza cortante y momento flector en los ejes x-z con el <i>software</i> MD Solid. ....	78
Figura 41. Chumacera de pared. ....	81
Figura 42. Isométrico sistema de extrusión.....	81
Figura 43. Geometría de eje de extrusión. ....	82
Figura 44. Geometría de la estructura de la prensa hidráulica .....	87
Figura 45. Electrobomba escogida según catálogo.....	88
Figura 46. Modelo final de recicladora de plásticos PET y cáscara de cacao. ....	92
Figura 47. Tensión de Von Mises cuchilla. ....	92
Figura 48. Deformación máxima cuchillas .....	93
Figura 49. Factor de seguridad cuchillas .....	93
Figura 50. Deformación máxima del eje de trituradora. ....	94
Figura 51. Esfuerzo de Von mises eje.....	9
Figura 52. Factor de seguridad eje de trituradora. ....	95
Figura 53. Simulación temperatura extrusora. ....	95
Figura 54. Deformación de la estructura.....	96
Figura 55. Esfuerzo de Von Mises estructura.....	97
Figura 56. Factor de seguridad de la estructura.....	98

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los esfuerzos por reducir la contaminación ambiental ocasionada por el ser humano se basan en buscar nuevas alternativas de solución. En tal sentido, al abordar la problemática de la contaminación que originan los plásticos, es importante que se tome en cuenta que el conflicto radica en la cultura de uso y descarte que se lleva a cabo de forma desmedida, más que en el plástico en sí. Toda vez que el problema no es el material del plástico sino la forma en que se utiliza y se desperdicia, a ello se suma la falta de normas que regulen el uso indiscriminado, a eso se suma los incentivos para su uso adecuado, como la clasificación de los residuos de acuerdo a su origen y la escasa promoción del reciclaje.

Sin embargo, ante esta problemática se plantean importantes desafíos ambientales y alternativas sostenibles. Por ello se analiza el impacto ambiental para implementar estrategias y así mitigar los efectos negativos. Destacan las prácticas responsables con el medio ambiente.

Cada ciudadano genera 30 kg de plástico al año, por lo cual las municipalidades tienen un problema de reciclaje y recolección de los residuos generados diariamente. Los plásticos PET son comúnmente utilizados una sola vez, estos terminan en los basureros o relleno sanitario.

La cáscara de cacao es un subproducto de la obtención del cacao, este material es desechado y no es reaprovechado en la actualidad. Esta investigación plantea en el reaprovechamiento de materiales, el plástico PET y la cáscara de cacao se destacan como componentes esenciales para la creación de soluciones innovadoras como es las tejas híbridas. Con esta reutilización se quiere reducir la contaminación y fomentar el reciclaje.

El método se realizó haciendo uso de la metodología de enfoque tipo tecnológico, para ello se utilizó el VDI 2221, el cual se complementa con la VDI 2225, siendo estas quienes establecen los pasos necesarios para el desarrollo del diseño de una máquina que se encargue de reciclar.

La presente investigación presenta una propuesta de solución para poder reutilizar los plásticos PET y cáscara de cacao en la fabricación de tejas híbridas. Concluyendo, en que la investigación posee un propósito de promover e incentivar el reciclaje de PET, con la finalidad de contribuir con la disminución de la contaminación producido por el uso indiscriminado del plástico en nuestro entorno.

En cuanto al primer capítulo, se establece el planteamiento del problema, enfocado en el diseño de la máquina que recicla a partir del problema general y sus aspectos que son específicos. Teniendo como objetivo principal la de diseñar la máquina recicladora para reducir la contaminación de plásticos PET.

A su vez, el capítulo II desarrolla los antecedentes nacionales e internacionales relacionados a máquinas recicladoras como alternativa de solución. Se revisan las propiedades mecánicas del plástico PET y la cáscara de cacao, abordando los temas matemáticos y físicos que se van a utilizar para el correcto

diseño de la máquina.

En cuanto al capítulo tres, se aplicó la metodología de investigación cuantitativa, el no experimental, en donde se investigaron los métodos y materiales, además se realizaron una lista de exigencias. La caja negra y caja blanca sirven como parámetro durante el diseño. La matriz morfológica analiza la secuencia de pasos para el funcionamiento óptimo de la máquina. Y por último se desarrolla el análisis técnico-económico para obtener un concepto de solución eficiente y plasma los cálculos analíticos del diseño, de los tres sistemas triturado, fundido y prensado y su posterior selección de los elementos mecánicos, donde se validaron mediante las simulaciones en el *software* ANSYS.

Asimismo, el cuarto capítulo, se exponen los resultados hallados y se analiza el modelado de los principales componentes mecánicos de cada sistema de los equipos. Por último, se considera al quinto capítulo, donde considera a las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Planteamiento y Formulación del Problema

##### 1.1.1 Planteamiento del problema

Las industrias producen durante todo el año un promedio de 400 millones de toneladas de plástico en todo el mundo, lo que equivale a casi la mitad de los residuos plásticos que son generados en nuestro planeta tierra. La mayoría de estos plásticos se encuentran diseñados para un solo uso. Hasta la actualidad, se cuenta con un 79% de los desechos de plásticos terminaron en vertederos, aproximadamente el 12% fueron incinerados y solo el 9% fueron reciclados (1).



Figura 1. Disposición de todos los residuos plásticos que se han generado.  
Fuente: Plásticos de un solo uso (1).

Si la producción de los plásticos sigue incrementándose al mismo ritmo, se estima que para el año 2050 la industria del plástico podrá significar el 20% del consumo global de petróleo (1).

La demanda del tereftalato de polietileno (PET) en la industria del embotellado y el embalado está creciendo principalmente en la fabricación de envases, botellas y la producción de fibras textiles. Las botellas PET constituyen la segunda categoría más grande de envases de plásticos y se prevé que crezca más (2). Asimismo, las botellas PET, por su durabilidad, presentan larga duración, una botella puede tardar cientos de años en degradarse convirtiéndose en una preocupación ambiental (2).

Se debe saber que el PET es un polímero derivado del petróleo que presenta una baja de la degradabilidad cuando se realiza la liberación en el medio terrestre debido a la filtración de los desechos plásticos. A nivel global, este material representa el 12 % del total de los residuos (3).

*Tabla 1. Generación de residuos sólidos en Junín.*

Nº	Provincia	Generación municipal anual (t/día)	Generación municipal diaria (t/día)	Generación municipal per cápita (Kg./Hab./día)
1	Chanchamayo	32 480.14	88.99	0.79
2	Chupaca	7 842.77	21.49	0.55
3	Concepción	7 257.74	19.88	0.53
4	Huancayo	155 852.91	426.99	0.76
5	Jauja	16 845.90	46.15	0.67
6	Junín	2 663.87	7.30	0.41
7	Satipo	21 517.14	58.95	0.70
8	Tarma	17 388.88	47.64	0.71
9	Yauli	9 615.88	26.34	0.73
	<b>Total</b>	<b>271 465.23</b>	<b>743.74</b>	<b>0.73</b>

*Fuente: Adaptado de Dirección general de gestión de residuos sólidos (4).*

Se sabe que la producción global de cacao (*Theobroma cacao* L.) aumentó de 3.3 millones de toneladas métricas en el año 2000 a 5.8 millones durante el año 2020, representando un crecimiento del 72 %. Nuestro país Perú ocupa el noveno lugar entre los productores a nivel mundial y el tercero en Latinoamérica, con un 3 % de la producción total. En las últimas dos décadas, la producción mundial de cacao ha crecido a una tasa del 2.8 % anual, posicionando a Perú como el segundo país con mayor incremento en la producción (5).

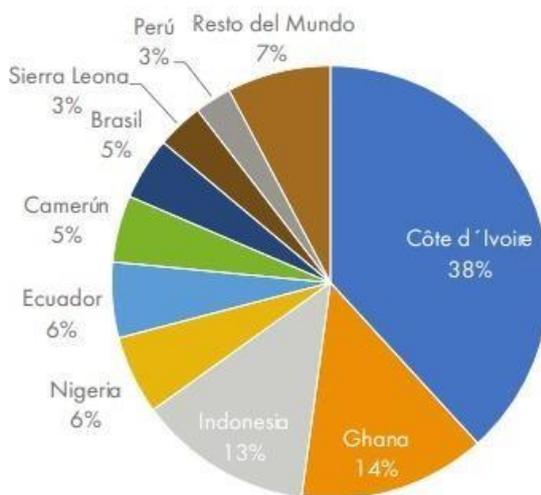


Figura 2. Producción de cacao en el mundo.  
Fuente: Reporte del cacao peruano (5).

La producción de cacao a nivel nacional en la región Junín es de 24 755T (18 %) de la producción total, mantiene el mejor rendimiento promedio con 1 192 kg/ha es el segundo productor más importante en el Perú (6).

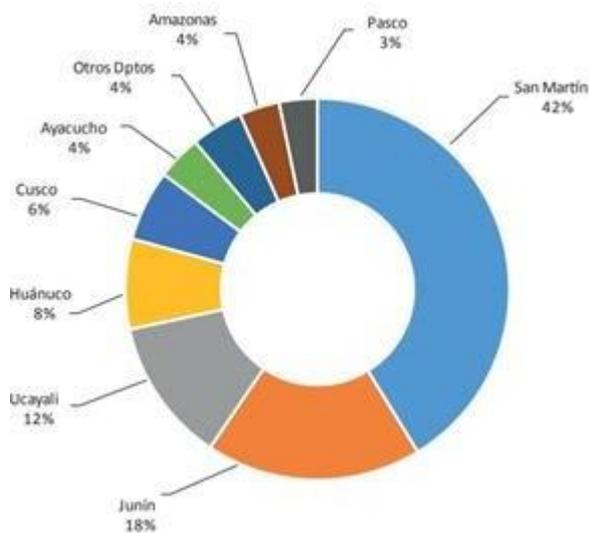


Figura 3. Principales regiones productoras del cacao en el Perú.  
Fuente: Ministerio de agricultura y riego (6).

Se conoce que solo el 33 % del cacao es usado para la elaboración de alimentos y productos a base de este fruto, mientras que el 67% restante viene hacer la cáscara. En muchos casos, luego de ser extraído no se cuenta con un adecuado uso para esta clase de residuos, conllevando a la pérdida de enormes toneladas cada año (7).

## **1.1.2 Formulación del Problema**

### **1.1.2.1 Problema general**

¿Cómo diseñar la máquina recicladora de plásticos PET reforzados con cáscara de cacao para la producción de tejas híbridas en la provincia de Satipo, 2025?

### **1.1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cómo diseñar el mecanismo de trituración para los plásticos PET y la cáscara de cacao?
- ¿Cómo diseñar el mecanismo de mezclado para los plásticos PET y la cáscara de cacao?
- ¿Cómo diseñar el mecanismo de prensado para los plásticos PET y la cáscara de cacao?
- ¿A qué temperatura se debe mezclar el plástico PET y la cáscara de cacao para tener una mezcla uniforme?
- ¿Cómo seleccionar los elementos mecánicos de la máquina recicladora de plásticos PET y la cáscara de cacao?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Diseñar la máquina recicladora de plásticos PET reforzados con cáscara de cacao para la producción de tejas híbridas en la provincia de Satipo, 2025.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Diseñar el mecanismo de trituración para los plásticos PET y la cáscara de cacao.
- Diseñar el mecanismo de mezclado para los plásticos PET y la cáscara de cacao.
- Diseñar el mecanismo de prensado para los plásticos PET y la cáscara de cacao.
- Determinar a qué temperatura se debe mezclar el plástico y la cáscara de cacao para tener una mezcla uniforme.
- Seleccionar los elementos mecánicos de la máquina recicladora de plásticos PET y la cáscara de cacao.

### **1.3 Justificación**

#### **1.3.1 Justificación teórica**

El presente estudio se realizó con el objetivo de promover al conocimiento existente en cuanto al reciclaje de los plásticos PET y cáscara de cacao, para la reutilización de los desechos acumulados en la provincia de Satipo. Lo cual se realizan cálculos que aportarán con el diseño, también se verificarán los modelos utilizados en distintas máquinas de reciclaje. Con el *software* ANSYS se validarán las simulaciones de los sistemas que componen la máquina recicladora de plásticos PET.

#### **1.3.2 Justificación práctica**

La presente investigación es importante porque se está promoviendo el reciclaje de los plásticos PET y la cáscara de cacao a través de la máquina recicladora, la cual contará con tres sistemas: triturado, fundido y prensado. Esto contribuirá a la disminución de la contaminación producido por el uso de los plásticos, de esta manera mejora la calidad de vida de las personas de la provincia de Satipo. La máquina recicladora será aprovechada por las personas que se dedican a realizar tejas artesanales como innovación de producto.

#### **1.3.3 Justificación metodológica**

Para llevar a cabo los objetivos planificados se realizará con el método de aplicación práctica en el área científica, también cuenta con la documentación técnica como el diseño, montaje y operaciones. Brindando información necesaria para poder ser construida con el propósito de entregar un servicio de buena calidad a la población de Satipo, junto con la investigación técnica e informes realizados por la INEI y el MA, donde se utilizará las estadísticas nacionales y regionales, también se utilizará artículos científicos relacionados a los plásticos PET, reciclaje y fibras vegetales.

### **1.4 Delimitación de la presente investigación**

La delimitación de espacio demográfico abarcado en su estudio inicial se trabajará con pequeñas muestras y en diferentes puntos de la ciudad, para observar el óptimo rendimiento de la innovación y los puntos más sensibles de Satipo donde urge la implementación de este. La delimitación de información de la presente investigación requiere trabajar con datos actualizados.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes del Problema

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

En el artículo científico “Diseño de máquina extrusión de alimentador de doble tornillo para reciclaje de residuos plásticos” se tiene como objetivo en producir una herramienta de diseño de máquina extrusora con alimentador de doble tornillo para reciclaje de residuos y conocer los resultados de rendimiento del diseño de reciclaje de residuos plásticos PET. El método que se utilizó fue la metodología VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 2221. Las etapas de esta investigación se llevaron a cabo para conocer desde diseño y construcción utilizando cuatro etapas, que incluyen lo siguiente: aclaración de la tarea, diseño conceptual, concepto de realización y diseño de detalles las técnicas de recolección de datos utilizadas son observación, entrevistas, documentación y cuestionarios. Esta investigación produce una máquina extrusora con alimentador de doble tornillo con variaciones en las características de temperatura, velocidad de RPM y tiempo. Los resultados del desempeño de la máquina extrusora con alimentador de doble tornillo utilizando variaciones de temperatura de 280°C, 270°C, 260°C, variaciones de velocidad de RPM de 35, 40, 45 y variaciones de tiempo de 30 minutos, 45 minutos, 60 minutos. El peso del material utilizado es de 1 kg, los mejores resultados experimentales se obtienen a una temperatura de 280°C con un rendimiento en masa fundida de 12,28 gr (8).

La tesis sobre el uso de la cáscara de la mazorca de cacao que sirve como la materia prima para realizar la fabricación de los tableros aglomerados, el cual fue planteado como una de las alternativas de sostenibilidad para la disminución del impacto ambiental, a través del aprovechamiento de los residuos agroindustriales que pertenece a la variedad CCN-51. El cual se elaboró mediante un análisis morfológico que es utilizado a través de la microscopía electrónica de barrido (SEM), evidenciando una microestructura a través de abundantes microporos y la presencia de paredes de células en la superficie. Esta caracterización de inicio permite definir aquellas variables para la fase de producción de los tableros, estos fueron elaborados con diversas proporciones de la resina urea – formaldehído: 5%, 10%, 15% y 20%. Estas propiedades físicas se evaluaron la absorción de la humedad, la densidad y el hinchamiento, indicando estos que fueron de alta densidad de acuerdo a la norma ASTM D1554-10, los cuales tienen bajos niveles de absorción e hinchamiento, en especial en aquellos tableros que tienen un 20% de resinas que alcanzan un módulo de ruptura de 7.21 MPa y el módulo de Elasticidad (MOE) de 1021, 92 MPa. Luego, estas propiedades fueron integrados a un modelo de elementos finitos en el software SolidWorks, con la finalidad de conocer cómo se comporta mecánicamente los tableros al momento de su aplicación industrial. Y al realizar el análisis estático se observó la existencia de mínimas deformaciones en puntos que son críticos del modelo, todas estas dentro de un límite permisible, confirmando de esta manera un potencial uso de los tableros que se encuentran aglomerados desde la cascara de cacao, los cuales fueron

alternativas viables para ser sustituidos por la madera (9).

El artículo científico sobre el diseño y simulación del funcionamiento de las maquinas extrusoras para obtener agregados mediante la utilización de botellas de plásticos y neumáticos que son reciclados bajo la norma ASTM E11. La metodología usada fue el diseño y cálculo teóricamente y haciendo uso del programa informático SolidWorks, asimismo se realizo el análisis de esfuerzos, deformaciones con la ayuda del software ANSYS. Concluyendo en que es conveniente hacer uso de la maquina extrusora para poder obtener agregados a base de botellas reciclaje de plástico y que es sostenible para las futuras construcciones civiles (10).

En el artículo científico “Construcción y diseño de un prototipo de máquina que se encarga de reciclar botellas PET”, el objetivo fue diseñar una maquina recicladora de botellas de plástico, para ello es importante que la máquina extrusora pueda capaz de generar una temperatura de 30°C y 20°C para que de esta manera pueda tener un excelente funcionamiento y utilidad. El método utilizado para desarrollar el presente estudio, estuvo compuesto por cuatro fases, los cuales sirvieron para una correcta manipulación y uso de la maquina trituradora de productos PET. Para una buena selección de cuchillas de trituración, se tiene que saber la potencia necesaria de trabajo para realizar el triturado, para lo que se considera una granulometría de 60mm de área (11).

El artículo científico “Análisis experimental en trituradora para reciclar termoplásticos utilizando moldes de inyección” tiene como objetivo analizar el rendimiento de trituradoras de plásticos diseñados y fabricados como alternativa a las trituradoras de impacto tradicionales. El mecanismo de uso de la máquina de inyección combinada con la trituradora consta de dos fases: cortar el plástico con una cuchilla de doble filo, luego cargar el plástico triturado en la tolva y presionarlo contra el molde deseado. Para un diseño más seguro, las aspas se diseñaron con base en materiales PET , ya que tienen una mayor resistencia a la tracción.(61,61 MPa) en comparación con otros materiales plásticos. El tiempo necesario para triturar el plástico fue directamente proporcional al espesor del material plástico y al tipo producto elaborado a base de plástico utilizado. Para trabajar con polietileno con espesores de 0,25 mm y 1,5 mm, el tiempo de corte requerido por la trituradora fue de 11 s y 21 s, respectivamente. La fuerza de corte calculada y el par del eje por hoja parecieron ser de 7,22 N y 108,3 Nm, respectivamente. Se observó que el torque requerido para cortar el plástico con esta trituradora era menor que el de la trituradora de impacto. Como resultado, se reduce la complejidad mecánica general y el coste del rectificado (12).

El artículo científico “Elaboración de bioplásticos a base de cascara de cacao, el cual es residuo de la industria chocolatera” tiene como objetivo en obtener a partir un biopolímero biodegradable, el polihidroxitirato (PHB). Es un polímero que se acumula naturalmente en diferentes macroorganismos, esta clase de polímero se puede utilizar como una alternativa a la utilización de los plásticos sintéticos, ya que posee buenos elementos químicos. Los residuos de cascara de cacao, son muy utilizados para el proceso de fermentación para obtener PHB. El PHB extraído y purificado se podrá utilizar como materia prima en la obtención de plásticos convencionales. Pueden ser utilizados en diferentes sectores (farmacia,

medicina e industria). Los estudios realizados por una compañía denominado Grupo de tecnología de bioprocesos Reactores de una universidad en España, utilizaron cáscara de cacao como sustrato de fermentación. Los hallazgos fueron muy significativos y prometedores, ya que beneficia enormemente el uso y manejo de la cascara de cacao para poder fermentación del PHB. Esta nueva aplicación va contribuyendo a la reducción de la contaminación por plásticos (13).

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

La tesis titulada “Fabricación de plásticos que son biodegradables a partir de la utilización de la cascara de cacao”, la finalidad de dicho estudio fue estudiar el manejo y uso de la cascara de cacao, de la variedad de criollo, el cual permitirá fabricar plásticos que son biodegradables, para ello se tiene que evaluar sus propiedades morfológicas y el tiempo que se tendrá que degradar a partir de la mazorca de cacao. Se inicio el proceso con la obtención de cascara de cacao se tuvo que someter en un 65°C durante 24 horas hasta poder convertirlo en harina. Para ello se usó diversos materiales y componentes como son el almidón de maíz, la cascara de cacao de harina, para ello se adiciono glicerol y vinagre. Para ello se formularon cinco tratamientos, donde se conocieron sus componentes fisicoquímicos. Los resultados encontrados del T3, T4 y T5, fueron quienes presentaron mejores características morfológicas a diferencia del plástico comercial en comparación con el plástico biodegradable, teniendo como resultado un plástico ecológico para el uso de la sociedad en general (14).

La tesis Diseño de máquina que tritura botellas PET. Tiene por objetivo diseñar un prototipo de maquina que se encargue de moler botellas de plástico. La metodología utilizada fue hacer uso de una fuerza suficiente para cortar 0.6 mm de grosor de una botella de plástico PET, para ello se realiza una evaluación del tamaño y de los componentes de la maquina y de la fuerza en que se encuentra sometido a la hora de realizar el esfuerzo en el corte, para ello las cuchillas serán elaborados por cuchillas de acero AISI D2. Concluyendo en que se evaluaron los parámetros de esfuerzo de 3880 N y una velocidad equivalente a 78 RPM, para se necesita contar con un motor eléctrico de 5HP, además se conoció que los parámetros de seguridad tienen que ser  $> 2$ , teniendo como esfuerzo máximo: tensión = 42 MPa y la Tensión = 105 Mpa (15).

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Definición del plástico**

El plástico es un material sintético que es utilizado en gran variedad de productos, consiste en aquellos materiales que son orgánicos y para su producción es derivado de una materia prima que no es renovable como son el petróleo, carbón, y otros. Significando el termino plástico maleabilidad, plasticidad y en el proceso de elaboración estos materiales le permiten ser prensados, fundidos (16).

#### **2.2.1.1 Clasificación de los plásticos**

Posee una clasificación del tipo conjunto para poder identificar a cada envase. La clasificación en

codificación ayuda fundamentalmente para el reciclaje a nivel industrial.

Tabla 2. Clasificación de plásticos.

CLASIFICACIÓN DEL PLASTICO				
NOMBRE	SÍMBOLO	FORMULA QUÍMICA	PROPIEDADES	APLICACIONES
<b>Poliétileno Tereftalato (PET).</b>		$(C_{10}H_8O_4)_n$	Es un material reciclable, duro y resistente a altas temperaturas.	Se usa para artículos de hogar como: Botellas de agua mineral, fundas de alimento, frascos de medicina, fibras de alfombra, ropas y cuerdas.
<b>Poliétileno de alta densidad (HDPE).</b>		$(C_2H_4)_n$	Es un material desechable, tiene una alta densidad molecular.	Comúnmente se usa en: botellas de detergente, botellas de jabón líquido y champú.
<b>Cloruro de polivinilo (PVC).</b>		$C_2H_3Cl_n$	Es un material muy estable, rígido y duro. Frecuentemente reciclado, no se debe reciclar.	Este tipo de plástico se usa comúnmente para la fabricación de artículos de plomería como: tuberías, azulejos, revestimiento y aislante.
<b>Poliétileno de Baja Densidad (LDPE).</b>		$(C_2H_4)_n$	Es un material flexible, resistente y duradero. Buena transparencia, reutilizable, su reciclaje es frecuente.	Estos plásticos se utilizan comúnmente en: fundas de sándwich, botellas exprimibles, revestimiento de pisos, discos duros de pc.
<b>Polipropileno (PP).</b>		$(C_3H_6)_n$	Resistente a altas temperaturas, translucido y robusto. Su reciclaje no es muy frecuente.	Son aplicables en envases de margarina, botellas de sirope, botellas de yogurt, muebles, juguetes, fibras y filamentos.
<b>Poliestireno (PS).</b>		$(C_8H_8)_n$	Comúnmente reciclado, quebradizo y de alta calidad.	Son utilizados para cajas de comida, vasos y utensilios de comida. Son buenos aislantes de calor. La mayoría de estos plásticos son desechables.
<b>Otros.</b>			De tipos no reciclados, este código se usa para representar diferentes tipos de plásticos distintos a los anteriores.	Estos tipos de plásticos no son reciclables y estos son algunos ejemplos: Jeringas de uso médico biberones y CD.

Fuente: Diseño y construcción de una máquina trituradora (17).

### 2.2.2 Tereftalato de polietileno PET

Es una de la clase de plástico más utilizado, el cual es usado en industrias grandes, debido a la diferente textura, forma que puede poseer, siendo uno de los materiales más utilizados en la industria automotriz, medicina alimentos, bebidas, entre otros sectores (18).

Considerado un material del tipo polímero, obtenido del paraxileno y etileno, es utilizado en diferentes procesos para poder transformarlo como la inyección, termoformado. Al tener una estructura lineal es muy duro y resistente, estas características lo convierten en el material más usado y reciclado (19).

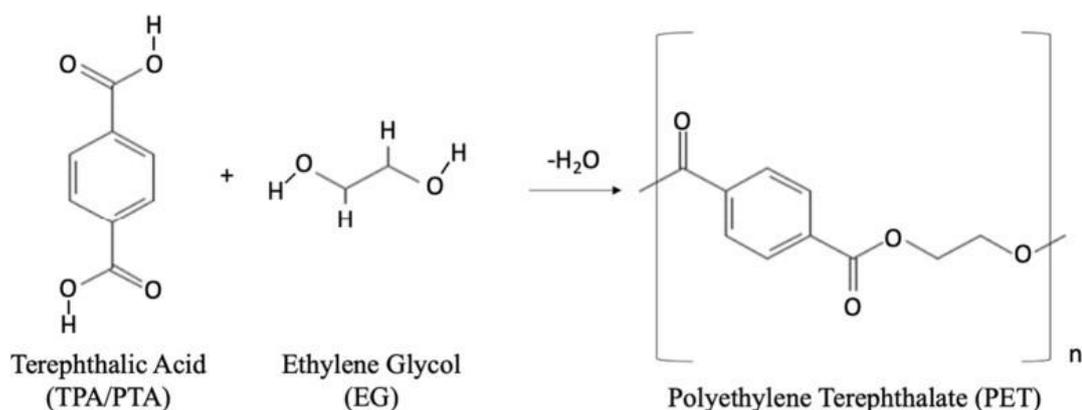


Figura 4. Reacción química del ácido tereftalato y etilenglicol para formación del PET.  
Fuente: Polyethylene terephthalate (PET) (3).

El reciclaje eficiente de las botellas PET requieren absolutamente una clasificación y limpieza para ser recolectadas (20).

La tecnología de reciclaje se ha desarrollado como una alternativa para mitigar la contaminación plástica, siendo el método más utilizado el reciclaje mecánico que consiste en clasificar el plástico, lavar, secar y posteriormente se trituran (3).



Figura 5. Botellas de plástico PET reciclado.  
Fuente: Pulso ambiental (21).

### 2.2.3 Propiedades del PET

Entre las propiedades tenemos que poseen excelentes propiedades mecánicas, también tiene alta resistencia química, indeformabilidad térmica y es liviano; en la siguiente tabla se da a conocer las siguientes propiedades (22).

### 2.2.3.1 Propiedades mecánicas del PET

Tabla 3. Propiedades mecánicas del plástico PET.

Propiedad	Unidad	Valores
Peso específico	gr/cm <sup>3</sup>	1.39
Resistencia a la tracción (fluencia/rotura)	kg/cm <sup>3</sup>	900/--
Resistencia a la compresión (1 y 2 % def.)	kg/cm <sup>3</sup>	260/480
Resistencia a la flexión	kg/cm <sup>3</sup>	1450
Resistencia al choque sin entalla	kg.cm/cm <sup>2</sup>	>50
Alargamiento a la rotura	%	15
Módulo de elasticidad (tracción)	kg/cm <sup>3</sup>	37000
Dureza	Shore D	85-87

Fuente: PTFE (22).

### 2.2.3.2 Resistencia térmica

Tabla 4. Propiedades térmicas del plástico PET.

Propiedad	Unidad	Valores
Calor específico	Kcal/kg °C	0.25
Temperatura de flexión B/carga (18.5kg/cm <sup>2</sup> )	°C	75
Temperatura de uso continuo en aire	°C	-20 a 110
Temperatura de fusión	°C	240-255
Coef. De dilatación lineal de 23 a 100°C	por °C	0.00008
Coef. De conducción térmica	Kcal/m.h.°C	0.25

Fuente: PTFE (22).

### 2.2.3.3 Resistencia química

Tabla 5. Resistencia química del plástico PET.

Propiedad	Observaciones
Resistencia a hidrocarburos	Buena
Resistencia a ácidos débiles a temperatura ambiente	Buena
Resistencia a álcalis débiles a temperatura ambiente	Buena
Aprobado para contacto con alimentos	Sí
Comportamiento a la combustión	Arde con media dificultad
Propagación a la llama	Mantiene la llama

Fuente: PTFE (22).

### 2.2.3.4 Propiedades mecánicas de la cáscara de cacao

Se realizó el secado de la cáscara de cacao en 14.17 % de humedad y resultó satisfactorio para

los ensayos en las probetas. El material para realizar los ensayos es de 1kg, donde se realiza el triturado y tamizado de 2,3mm-2,4mm, y se obtuvo 927.77 Gr. Para cada probeta se utilizó 20Gr de material y se completó con Colbon-MR-60 (7).

Tabla 6. Ensayo de flexión.

Name	Max_Force	Max_Displacement	Max_Stress	Max_Strain
Parameter				
Units	N	mm	N/mm2	%
Pro1-50%Ca	13,3578	1,488	3,27247	2,24874
Pro2-50%Ca	9,5375	2,7175	2,37571	4,11396
Pro3-50%Ca	10,9438	1,518	2,54113	2,37377
Mean	11,2797	1,90783	2,72977	2,91216
Standard Deviation	1,93217	0,70135	0,47721	1,04267
Pro4-70%Ca	22,4469	2,007	4,69651	3,30402
Pro5-70%Ca	24,0703	2,43	4,50784	4,20998
Pro6-70%Ca	26,2219	3,438	4,91437	5,98212
Mean	24,2464	2,625	4,70624	4,49871
Standard Deviation	1,89365	0,73516	0,20344	1,3622
Pro7-90%Ca	23,0656	1,383	3,91646	2,49977
Pro8-90%Ca	24,4578	2,044	4,0907	3,78651
Pro9-90%Ca	29,4766	3,0455	4,28155	6,06435
Mean	25,6667	2,1575	4,09624	4,11688
Standard Deviation	3,37213	0,83704	0,18261	1,80511
Total Mean	20,3976	2,23011	3,84408	3,84258
Total Standard Deviation	7,19824	0,72983	0,91861	1,43686

Fuente: *Uso de la Cáscara de Cacao Como Fuente Primaria Para la Obtención de Materiales Aplicado a la Ingeniería Mediante el Estudio de las Propiedades Mecánicas* (7).

Nota: se realizaron los ensayos dando como resultado que el 90 % de las probetas que contienen cáscara de cacao muestran esfuerzos de 4.28 MPa. Lo máximo de masa que puede soportar es de 2.05 kg (7).

Tabla 7. Ensayo de compresión.

Name	Max_Force	Max_Displacement	Max_Stress	Max_Strain
Parameter				
Units	N	mm	N/mm2	%
Pro1-50%Ca	362,5	9,1295	4,10777	18,0211
Pro2-50%Ca	351,094	8,0025	3,83253	15,8277
Pro3-50%Ca	535,469	14,726	5,86688	30,5582
Mean	416,354	10,6193	4,60239	21,469
Standard Deviation	103,314	3,60084	1,10369	7,94751
Pro4-70%Ca	425	10,7765	4,42373	22,7065
Pro5-70%Ca	421,25	13,8025	4,36889	28,3652
Pro6-70%Ca	402,656	9,001	4,29145	18,1655
Mean	416,302	11,1933	4,36136	23,0791
Standard Deviation	11,9656	2,42774	0,06646	5,11005
Pro7-90%Ca	415	11,54	4,46376	22,0103
Pro8-90%Ca	298,281	9,766	3,12166	19,8174
Pro9-90%Ca	371,406	10,169	3,98753	20,081
Mean	361,562	10,4917	3,85765	20,6362
Standard Deviation	58,9788	0,92998	0,68041	1,19725
Total Mean	398,073	10,7681	4,2738	21,7281
Total Standard Deviation	65,7547	2,2441	0,72779	4,882

Fuente: *Uso de la Cáscara de Cacao Como Fuente Primaria Para la Obtención de Materiales Aplicado a la Ingeniería Mediante el Estudio de las Propiedades Mecánicas* (7).

Nota: se realizaron los ensayos dando como resultado que el 70 % del uso de tubos de ensayo que contienen la cáscara del cacao, tienden a soportar mayor compresión. Teniendo como máximo de soporte de peso de 40 kg (7).

### 2.2.4 Cacao (*Theobroma Cacao* L.)

El cacao en el Perú es considerado como aquellos productos más demandados en nuestro país. Para ello se indica a la provincia de Satipo, el cual forma parte del Departamento de Junín, encontrándose en 12°10' de latitud sur y a los medianos 74°40' de longitud oeste, limitante con las regiones Pasco, Cusco y Ayacucho (23).

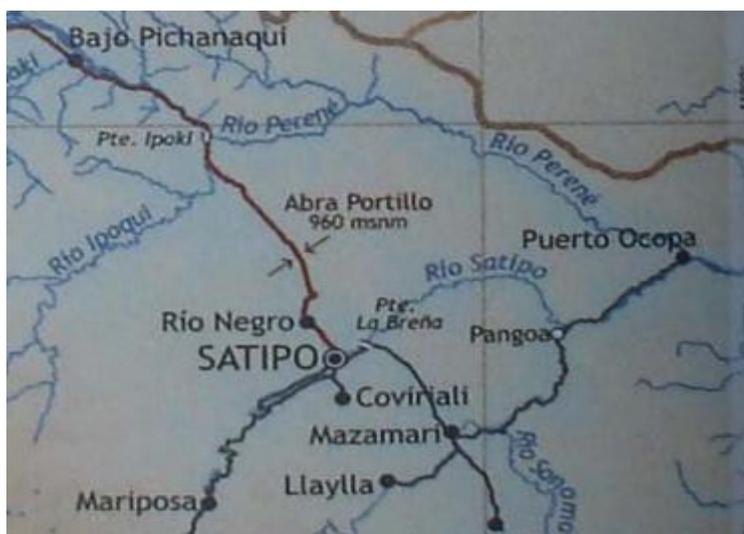


Figura 6. Mapa de zonificación del cultivo del cacao en la provincia de Satipo.  
Fuente: Región Junín – Satipo (23).

En los últimos años se viene impulsando el cultivo de cacao en la provincia debido a las buenas condiciones edafoclimáticas del cacao. El cultivo principalmente se encuentra distribuido entre los 300 hasta los 1000 m s. n. m. Teniendo un promedio del 65% de plantas de cacao que poseen una antigüedad de más de 35 años, mientras que el 15% posee de 12 a 17 años y solo el 20% se realizaron una plantación nueva (23).

El cacao denominado (*Theobroma cacao* L.) es un árbol que desarrolla un fruto leñoso, ovalada, amarillenta, puntiaguda. La cáscara es conformada por tres partes: exocarpio, mesocarpio y endocarpio.

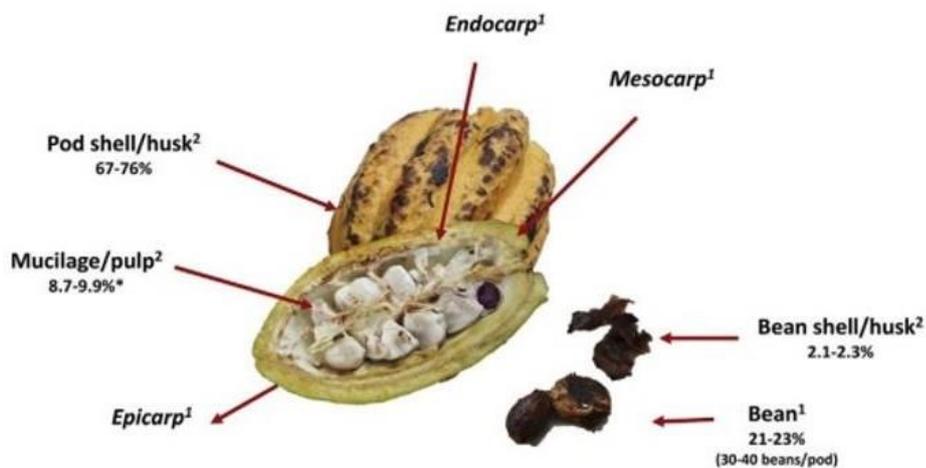


Figura 7. Características del cacao.  
Fuente: Uso de cáscara de cacao (7).

El 70-75 % de la fruta es la cáscara del cacao (mazorca), siendo el principal residuo seguido la cascarilla o endocarpio, como se ve en la tabla 5 (22).

Tabla 8. Porcentaje de representación de residuos del cacao.

Residuos	%	de	Componentes
			<b>representación</b>
Cáscara de mazorca	70-75		Fibras, pectina,
Cascarilla o endocarpio	14.7		lignina,
	35.7		celulosa.

Fuente: Bioplásticos a partir de residuos de cacao (24).

## 2.2.5 Variedades del cacao

Forma parte de la familia de las esterculiáceas, teniendo una clasificación botánica de *Theobroma cacao* L. clasifican en lo siguiente:

### 2.2.5.1 Criollo

Son aquellos arboles de crecimiento débil, crecimiento muy despacio o lento, teniendo un rendimiento bajo, son más propensos a las enfermedades y plagas, produciendo un sabor de chocolate más dulce y menor amargor, haciéndolo de un producto de mayor calidad y por ende tiene mayor demanda (25).



*Figura 8. Cacao criollo.*

*Fuente: Estudio del cacao en el Perú y el mundo (25).*

### **2.2.5.2 Forastero**

Este tipo de cacao es amargo y fuerte, ligeramente ácido y tiene una gran potencia aromática. Sin embargo, tiene un gran rendimiento, árbol vigoroso, resistente a enfermedades y se puede cosechar precozmente (25).



*Figura 9. Cacao forastero.*

*Fuente: Estudio del cacao en el Perú y el mundo (25).*

### **2.2.5.3 Trinitario**

Es una variedad de cacao, más cercano al forastero y el criollo, el cual es representado del 12% al 17% de toda la producción a nivel mundial. Teniendo un rango alto de sabor, siendo perfumado y afrutado (25).



Figura 10. Cacao trinitario.

Fuente: Estudio del cacao en el Perú y el mundo (25).

## 2.2.6 Sistema de trituración

### 2.2.6.1 Diseño de tolva

De acuerdo con el sistema de alimentación, este comprende una entrada manual y por gravedad, en cuanto al encargado de recepcionar el plástico PET cuenta con una tolva de depósito de forma rectangular, continuando con el proceso el transporte del plástico será gradual hacia las cuchillas para el triturado.

$$V1 = Vt - V2 - V3 - V4 - V5 - V6 \quad (1)$$

Es un equipo de almacenamiento temporal, tiene un parte convergente ubicado en el parte inferior denominado boquilla, teniendo la forma rectangular o cónica, teniendo una sección vertical superior que viene hacer una especie de tolva, siendo esta donde se almacena la mayor cantidad de guardado del cacao (26).

$$T = V\rho_c \quad (2)$$

$$\rho_c = (1 - Fev)\rho_m \quad (3)$$

Donde:

$T$  = Capacidad, Kg.

$V$  = Volumen de la tolva, m<sup>3</sup>.

$\rho_c$  = Densidad corregida. Kg/m<sup>3</sup>.

$\rho_m$  = Densidad plástico PET. Kg/m<sup>3</sup>.

$Fev$  = Factor de espacios en vacío.

### 2.2.6.2 Fuerza de corte para botella PET

Considerado como la externa fuerza, el cual es aplicado en planos que son paralelos, realizando el corte a través de la fuerza en las cuchillas. Para realizar el corte se tiene que cumplir con tres pasos, para realizar una ruptura: deformación, penetración y fractura (17).

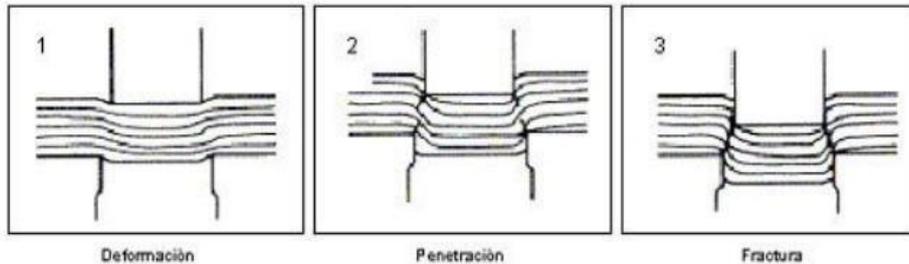


Figura 11. Proceso de deformación del material.

Fuente: Aspectos analíticos y tecnológicos del proceso de punzado de chapa (27).

El PET que se va a cortar, moler, triturar posee una fuerza de resistencia al momento del cizallamiento, iniciándose cuando las cuchillas empiezan a girar. Para ello se tiene en cuenta la ecuación siguiente (17).

$$t_B = 0.8x\sigma_B \quad (4)$$

Donde:

$t_B$ = Resistencia a la cizalladura.

$\sigma_B$ = Resistencia a la rotura.

En la siguiente fórmula es el resultado de la fuerza necesaria para poder triturar las botellas.

$$F_H = t_B x L x s \quad (5)$$

$F_H$ = Fuerza de corte.

$\sigma_B$ = Resistencia a la cizalladura.

$L$ = Longitud de cizallamiento.

$s$  = Espesor a cortar.

$As$  = Sección de cizallado.

Se tiene la formula siguiente, el cual resulta de realizar una multiplicación de la longitud y el espesor que tiene el material.

$$F_H = t_B x As \quad (6)$$

$$As = L x s \quad (7)$$

### 2.2.6.3 Selección de polea y correas de transmisión

Son sistemas muy utilizados en la industria, estos componentes mecánicos transmiten movimiento mediante poleas, como motriz y conducida.

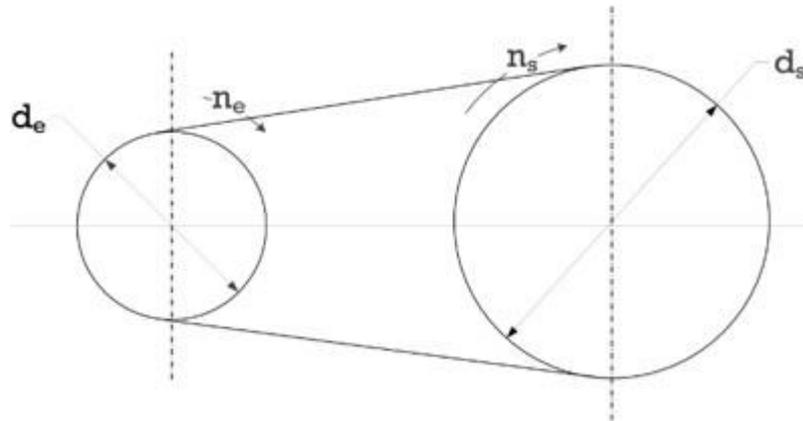


Figura 12. Diagrama de relación de poleas.  
Fuente: *Sistemas de polea* (28).

$$L_p = 2 * C + \frac{(D + d)}{2} + \frac{(D + d)^2}{4 * C} \quad (8)$$

$L_p$ : Longitud de la correa

$D$ : Diámetro de polea mayor

$d$ : Diámetro de polea menor

$C$ : Distancia entre ejes

### 2.2.6.4 Selección de eje

Para realizar el cálculo de los diámetros de los ejes se tiene que contar con los valores de Von Mises y los medios esfuerzos, donde se cuenta con una alternativa de promedio con una tensión flexión o axial. Es a través de las cargas que se producen torsiones y las flexiones, estos se llevan a cabo en su mayoría en las zonas críticas.

Para conocer los valores es necesario realizar el cálculo del eje de diámetro el cual se muestra en la fórmula siguiente:

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi S_y} \left[ 4(K_f M)^2 + 3(K_{fs} T)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (9)$$

Siendo  $q$  el factor denominado sensible a la muesca y  $k$  es un factor que indica la concentración de las tensiones estático (dependiente únicamente de la geometría y del tipo de carga). Como normalmente los ejes están cargados con momento flector, momento torsión y fuerza axial, el factor  $K_f$  debe calcularse por separado para cada tipo de carga (29).

Para conocer los niveles de concentración de las tensiones para conocer la fatiga  $K_f$ , siendo esta validada con la siguiente ecuación:

$$K_f = 1 + q(K_q - 1) \quad (10)$$

$$K_{fs} = 1 + qc(K_{ts} - 1) \quad (11)$$

## Fatiga

Aquellos factores que se encargan de modificar los límites de resistencia a la fatiga.

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e \quad (12)$$

$K_a$  = Factor de modificación por condición.

$K_b$  = Factor de modificación de tamaño.

$K_c$  = Factor de modificación de carga.

$K_d$  = Factor de modificación por la temperatura.

$K_e$  = Factor de confiabilidad.

$K_f$  = Factor de modificación por efector varios.

$S'_e$  = Límite de resistencia a la fatiga.

$S_e$  = Límite de resistencia a la fatiga ubicación crítica.

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[ 4 \left( \frac{K_f x Ma}{S_e} \right)^2 + 3 \left( \frac{K_{fs} x Ta}{S_e} \right)^2 + 4 \left( \frac{K_f x Mm}{S_y} \right)^2 + 3 \left( \frac{K_{fs} x Tm}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3} \quad (13)$$

## 2.2.7 Sistema de extrusión

### 2.2.7.1 Extrusora

En una definición la extrusión es una secuencia para la creación de objetos mediante el perfil de sección de forma transversa, el cual es fijado mediante el material que se tiene que empujar para producir una sección transversal de forma constante. En la parte de extracción, el plástico PET es alimentado de manera sólida y esto sale de la parte extrusora que se encuentra fundido. A veces el plástico es fundido con otros materiales para crear nuevas propiedades (30).

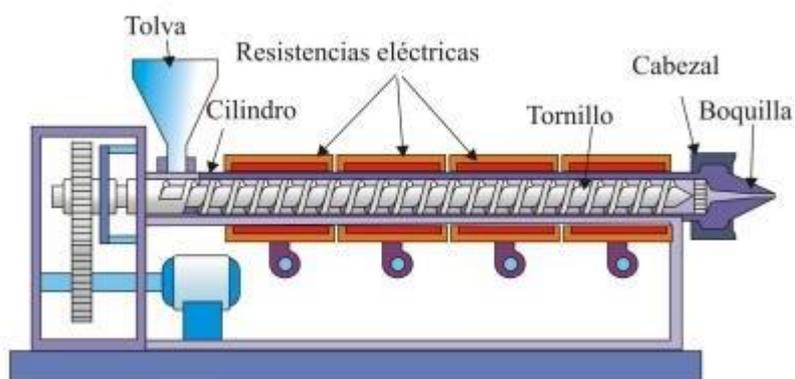


Figura 13. Representación esquemática de una extrusora de un solo husillo.  
Fuente: Extrusión (31).

En el sistema se aprecia que la tolva es la más usada como fuente de alimentación, asimismo el material a procesar es usado en forma de pallet o de polvo. El equipo que se encarga de fusionar, mezclar, plastificar este fabricado por tornillo de Arquímedes y que se encuentra en rotación dentro del cilindro que se encuentra calentado, mezclando, calentando y generalmente por resistencia de electricidad (31).

Las extrusoras, está clasificada en 3 partes, tal como se visualiza en la figura 14, en la sección de alimentación es donde el polímero y la cáscara de cacao ingresan sin fundir, en sección de compresión los elementos se guardan con cada rotación que se realiza en el husillo y en la zona de dosificación es donde se homogeniza la masa fundida que es transportada hacia el dado de salida (30).

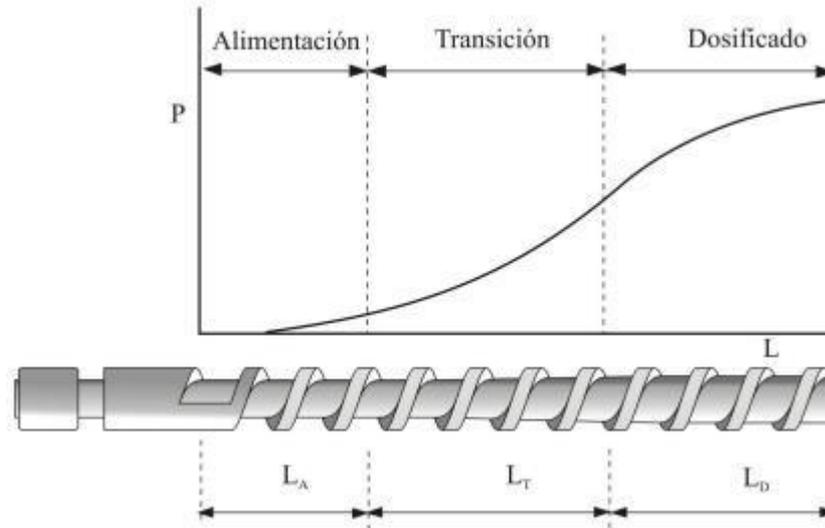


Figura 14. Zona de una extrusora y evolución de la presión.  
Fuente: Extrusión (31).

### 2.2.7.2 Diámetro de cilindro

Todas las extrusoras poseen un diámetro que se encuentra comprendido de 2 y 90 cm, y sirve para realizar el cálculo del tamaño del husillo, para ello se utiliza la ecuación siguiente, que consiste de la relación de diámetro y longitud siendo de 20:1 (32).

$$D = \frac{L}{d} \quad (14)$$

### 2.2.7.3 Número de filetes

Los filetes son encargados de transportar el material fundido de un extremo al otro. El número de filetes se conoce en la ecuación siguiente (30).

$$N^{\circ} \text{ filetes} = \frac{L}{D} \quad (15)$$

### 2.2.7.4 Ángulo de hélice

Es el ángulo de los filetes respecto al eje del tornillo, lo que permite que arrastre el material fundido.

$$\varnothing = \tan^{-1} \frac{1}{\pi} \quad (16)$$

### 2.2.7.5 Tolerancia tornillo/cilindro

Es el espacio de la superficie interior y la cresta del filete de la cámara del cilindro, hace que no interfiera entre elementos.

$$\delta = 0.002D \quad (17)$$

### 2.2.7.6 Ancho de filete

Se aprecia las dimensiones del ancho del filete, el cual calculado en la ecuación.

$$e = 0.12D \quad (18)$$

### 2.2.7.7 Paso husillo

Es el tamaño que existe entre punta a punta desde la cresta de la hélice, en la ecuación siguiente se explica el paso a paso.

$$t = \pi D \tan \emptyset \quad (19)$$

### 2.2.7.8 Longitud de zonas del husillo

La extrusora tiene tres zonas, en donde los tamaños no son igual, ya que en cada uno de ellas tiene cambios (32).

**Zona de alimentación:**

$$l_1 = \frac{L}{2} \quad (20)$$

**Zona de compresión:**

$$l_2 = \frac{L}{4} \quad (21)$$

**Zona de dosificación:**

$$l_3 = \frac{L}{4} \quad (22)$$

### 2.2.7.9 Profundidad el canal

Es la longitud que tiene la parte superior de la cresta hasta el pie del eje del husillo. Esta longitud es de suma importancia para determinar la cantidad de material fundido que pueda extruir (32).

$$H = 0.15D \quad (23)$$

### 2.2.7.10 Cálculo revoluciones del husillo

Para determinar las revoluciones se debe determinar la velocidad de cobertura " $\gamma$ ", pudiendo ser aplicado en la extrusión y sus pasos para desarrollarlo. Según Saugorondy el intervalo de velocidad va de 100 a 1000 (Hz, 1/s), se toma como dato correspondiente el mínimo, la cual es la más recomendada porque

conserva las propiedades químicas y físicas del material (32).

$$n = \frac{\gamma h_2 1s}{\pi D} \quad (24)$$

### 2.2.7.11 Flujo de arrastre

Es la capacidad de arrastre del material fundido hacia la boquilla de salida. Como el diseño de la máquina tiene un solo canal “m=1” tenemos la siguiente ecuación (32).

$$\alpha = \frac{[\pi D h (t - e) \cos^2 \varphi]}{2} \quad (25)$$

Donde:

$D$  = Diámetro de husillo.

$h$  = Profundidad de canal en la zona de bombeo.

$\varphi$  = Ángulo de hélice.

$\cos \varphi$  = Ángulo de hélice.

$e$  = Anchura de la creta de filete.

### 2.2.7.12 Flujo de presión

Con la siguiente ecuación determinamos el tipo de flujo.

Donde:

$L$  = Longitud de husillo.

$$\beta_2 = \frac{h^3 (t - e) \operatorname{sen} \varphi \cos \varphi}{12L} \quad (26)$$

### 2.2.7.13 Flujo de filtración

Con la siguiente ecuación determinamos el flujo.

$$\gamma = \frac{\pi^2 D^2 \delta^2 \tan \varphi}{(10eL)} \quad (27)$$

Donde:

$\delta$  = Holgura de filete.

### 2.2.7.14 Constante total cabezal

Para determinar la constante  $K$  tendremos la siguiente fórmula para un canal cilíndrico.

$$k_1 = \frac{\pi r^4}{128L_c} \quad (28)$$

Donde:

$r$  = Radio del canal del dado.

$L_c$  = Longitud del canal.

Para conocer de forma constante la sumatoria de las resistencias que son experimentados es necesario utilizar la formula.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_n}} \quad (29)$$

### 2.2.7.15 Flujo volumétrico

Es el resultado de los diversos flujos son tres diferentes. Para conocer los componentes, que son originados por el giro de los husillos, teniendo el flujo de presión que se opone al flujo de los sistemas y el flujo de la filtración, es aquella que disminuye la producción debido a la perdida de los materiales entre las falencias del husillo (32).

$$Q = \left( \frac{\alpha k}{k + \beta + \gamma} \right) n \quad (30)$$

Donde:

$\alpha$  = Flujo de arrastre.

$\beta$  = Flujo de presión.

$\gamma$  = Flujo de filtración.

$k$  = Constante de cabezal

### 2.2.8 Selección de motorreductor

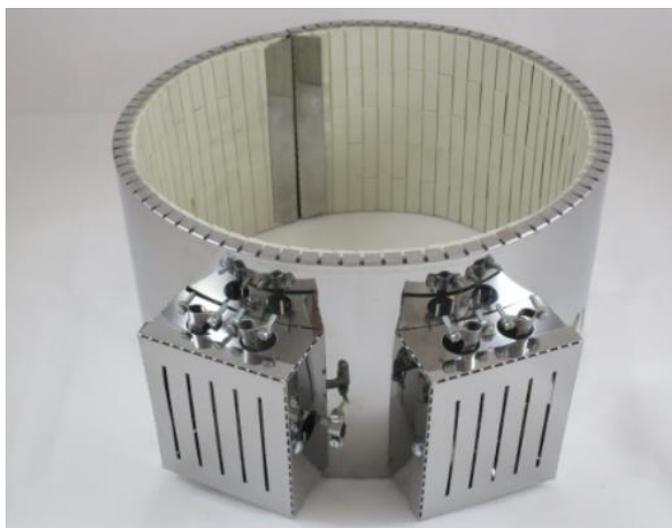
Es aquella parte homogénea o la unidad compacta, el cual es formada a través de un motor y un reductor, cuya función importante lo realiza el reductor con sus fases, donde las partes son caracterizadas por la fuerza que proporciona el motor y se encuentra centrada en la salida, teniendo que tomar la función de reductor de velocidad y de par.



*Figura 15. Motorreductor.  
Fuente: Sew Eurodrive (33).*

### **2.2.9 Resistencia tipo abrazadera**

Es a través de este dispositivo que se realiza la transferencia de energía desde una materia a otra, este proceso tiene que llevarse a cabo para conseguir la fundición del plástico. Para la fabricación del prototipo se consideró la base de una camisa que se contaba y que además cuenta con un sistema de calentamiento (resistencia). En la siguiente figura se puede apreciar algunas de estas resistencias y que cuentan con especificaciones básicas.



*Figura 16. Resistencia tipo abrazadera.  
Fuente: Sitio web resistencia (34).*

### **2.2.10 Cálculo temperatura de fundición plástico**

La zona de transporte sólido, el cual se dispersa desde que finaliza la tolva hasta la raíz del tornillo, siendo esta parte donde comienza a expandirse, para proveer una cantidad necesaria del material para que pueda alimentar las otras zonas. Por ello se conoce que el plástico PET se funde en 240°C-260°C y su moldeo es de 80°C-120°C. la temperatura inicial es de 200°C, al centro de 300°C y salida de 100°C. Para un buen prensado del material ya que está en el rango de moldeo (35).

Tabla 9. Tabla de temperatura de fundición del plástico.

Tipos de plástico	Rango de fusión	Rango de moldeo
Polietileno (PE)	105°C-135°C	20°C-60°C
Polipropileno (PP)	160°C-170°C	20°C-50°C
Polivinilo (PVC)	75°C-85°C	30°C-60°C
Poliestireno (PS)	240°C-250°C	40°C-70°C
Polietileno (PET)	240°C-260°C	80°C-120°C
Policarbonato (PC)	220°C-230°C	80°C-120°C

Fuente: Boyi technology (36).

Para poder hallar la temperatura del fluido, se utiliza la siguiente fórmula.

$$Tf = \frac{Te+Ti}{2} \quad (31)$$

Donde:

$Tf$ = Temperatura del fluido

$Te$ =Temperatura a la salida  $T = 100^\circ\text{C}$

$Ti$ =Temperatura interna  $T = 300^\circ\text{C}$

## 2.2.11 Sistema hidráulico

### 2.2.11.1 Hidráulica

Hace uso de los fluidos hidráulicos, como instrumentos de presión, para que de esa manera se pueda hacer mover los pistones de todos los cilindros, todo esto a causa de la energía que proporciona el sistema hidráulico, por medio de una bomba, el tanque de almacenamiento y un conjunto de tuberías. Dentro de los sistemas están los motores hidráulicos que tienen una velocidad de 0.5 min a 10 000 rpm, y un torque equivalente a 1 torque de 1 Nm hasta 20000 Nm (37).

### 2.2.11.2 Prensa hidráulica

Es aquella máquina que genera la comprensión de fuerza por medio de un cilindro hidráulico, este tipo de prensas es ampliamente utilizado en los procesos industriales. La preense hidráulica está basado en la ley de Pascal, la presión que se aplica para ejercer un fluido que se encuentra encerrado y es transmitido de forma uniforme en todas las direcciones (36).

### 2.2.11.3 Prensa según forma de bastidor

#### De cuello de cisne

El cuello de cisne se caracteriza por tener una estructura curva que se extiende por la parte

superior de la zona de trabajo, es especialmente útil para moldear o enderezar piezas (38).

Una de las desventajas de este tipo de prensa es por su diseño, debido a que puede presentar falta de rigidez a altas presiones.



*Figura 17. Prensa hidráulica cuello de cisne.  
Fuente: Prensas hidráulicas (38).*

### **De montantes rectos**

La prensa de montantes rectos tiene un bastidor tipo H debido a sus columnas laterales que realiza la función de proporcionar mayor rigidez, por esta razón puede alcanzar dimensiones hasta ocho metros entre montante y su fuerza puede alcanzar entre 40 a 500 toneladas.



*Figura 18. Prensa de montante recto.  
Fuente: YangLi Group Corporation Ltd (39).*

### **De columnas**

La prensa de cuatro columnas ofrece un diseño de estructura optimizado, garantiza un mantenimiento eficiente. Esta prensa es una herramienta apropiada para el plegado, troquelado y también se puede usar para el proceso de formado de plásticos y productos pulverizados (40).



*Figura 19. Prensa de columna.  
Fuente: prensas hidráulicas (40).*

#### **2.2.11.4 Elementos de una prensa hidráulica**

Los elementos principales que conforman para el buen funcionamiento de la prensa hidráulica son el cilindro hidráulico y la electrobomba, que necesita de un fluido hidráulico. A continuación, muestra las características fundamentales de cada elemento.

#### **2.2.11.5 Cilindro hidráulico**

Se utilizan donde la fuerza para empujar y se produzca el movimiento de los pistones son elevados (37). Consta del cuerpo, la cabeza posterior y el otro anterior de tal manera que se permita el movimiento del cabezal anterior. El cilindro cuenta con dos piezas el vástago y el émbolo quienes hacen posible la transmisión de la posición del embolo exterior.

#### **2.2.11.6 Electrobomba**

Una electrobomba, viene hacer los circuitos que se encuentran formados por motobombas, cuyo desplazamiento son elevados (37).

#### **2.2.11.7 Presión**

En los sistemas hidráulicos básicamente se convierte en energía mecánica. El fluido hidráulico es un medio de transporte que se puede regular de acuerdo con el diseño o formas del sistema.

$$P = \frac{F}{A} \quad (32)$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (33)$$

Donde:

$P$  = Presión. [MPa]

$F$  = Fuerza. [Nm]

$A$  = Área. [m<sup>2</sup>]

### 2.2.11.8 Bomba hidráulica

Para poder seleccionar la bomba hidráulica.

$$Presión = \frac{Potencia. 600}{Q} \quad (34)$$

Se procederá a calcular las características necesarias primero se procederá a calcular el área del pistón  $A_p$ , del vástago  $A_v$  y la anular  $A_a$  (41).

### 2.2.11.9 Área del pistón

$$A_p = \frac{\pi D_p^2}{4} \quad (35)$$

Donde:

$A_p$  = Área del pistón. [mm<sup>2</sup>]

$D_p$  = Diámetro del pistón. [mm]

### 2.2.11.10 Área del vástago

$$A_v = \frac{\pi D_v^2}{4} \quad (36)$$

Donde:

$A_v$  = Área del vástago. [mm<sup>2</sup>]

$D_v$  = Diámetro del vástago. [mm]

### 2.2.11.11 Área anular

$$A_a = \frac{\pi(D_p^2 - D_v^2)}{4} \quad (37)$$

Donde:

$A_a$  = Área anular. [mm<sup>2</sup>]

### 2.2.11.12 Velocidad de entrada y salida

Es importante conocer la velocidad de salida y entrada del vástago de tal manera que se logre alcanzar la prensa hidráulica pueda funcionar de manera eficiente. Si en caso que la velocidad de la prensa pueda ser demasiado lento, esto pueda ocasionar un deterioro de la capacidad de la prensa y si es bastante rápida se puede correr el riesgo de ocasionar lesiones o accidentes (42).

#### Cálculo de velocidad de empuje del vástago

$$V_s = \frac{Q \cdot 1000}{A_p \cdot 60} \quad (38)$$

Donde:

Q= Caudal. [l/min]

$V_s$  = Velocidad de empuje del vástago. [m/s]

#### Cálculo de velocidad de regreso del vástago

$$V_t = \frac{Q \cdot 1000}{A_a \cdot 60} \quad (39)$$

Donde:

$V_t$  = Velocidad de retroceso del vástago. [m/s]

### 2.2.11.13 Cálculo de los volúmenes del cilindro

Es esencial calcular el volumen del cilindro, se tiene volúmenes máximos denominados  $V_{o1}$  cuando el cilindro esté totalmente extendido y  $V_{o2}$  cuando el cilindro esté totalmente contraído (42).

$$V_{o1} = A_p C \quad (40)$$

Donde:

$V_{o1}$  = Volumen del cilindro cuando está totalmente extendido. [cm<sup>3</sup>]

$C$  = Carrera del vástago. [cm]

$$V_{o2} = A_a C \quad (41)$$

Donde:

$V_{o2}$  = Volumen del cilindro cuando está totalmente contraído. [cm<sup>3</sup>]

### 2.2.11.14 Cálculo de tiempo de avance y retroceso del vástago

Es esencial el cálculo del tiempo de carrera del cilindro para que se pueda garantizar la eficiencia y la productividad del equipo hidráulico como es la prensa (42).

Hallamos el caudal de entrada con la siguiente fórmula.

$$Q_i = V_s \cdot A_p \quad (42)$$

Se reemplaza en la fórmula siguiente para conocer el tiempo de avance.

$$T_{avance} = \frac{V_{o1}}{Q_i} \quad (43)$$

Donde:

$Q_i$  = Caudal de entrada. [cm<sup>3</sup>/s]

$T_{avance}$  = Tiempo de avance pistón. [seg]

Hallamos el caudal de salida con la siguiente fórmula.

$$Q_s = V_t \cdot A_a \quad (44)$$

Se reemplaza en la fórmula para identificar el tiempo de retroceso.

$$T_{retroceso} = \frac{V_{o2}}{Q_s} \quad (45)$$

Donde:

$Q_s$  = Caudal de salida. [cm<sup>3</sup>/s]

$T_{retroceso}$  = Tiempo de retroceso del vástago. [seg]

## **2.3 Definición de Términos Básicos**

### **Triturado**

Es procesar un material, implica a la reducción de tamaño de algún material o elemento existente, moliendo sus partículas a pequeñas partes.

### **Prensado**

Apretar o comprimir algún material con una prensa u otro proceso que realice esta acción, para dar forma, tersura o uniformidad como resultado de la prensa.

### **Fundición**

Acción de derretir o licuar materiales como metales, plásticos u otros cuerpos sólidos y dar forma al material fundido, también consiste en fabricar nuevas piezas del material fundido y dar forma en algún recipiente o molde.

### **Temperatura**

Es la magnitud que se representa a través de la física, el cual mide la cantidad de calor en un ambiente o cuerpo que rodea, esta magnitud está vinculada al frío menor temperatura y caliente mayor temperatura.

### **Diseño**

Es el resultado final cuyo objetivo es poder dar solución idónea a algún tipo de problemática específica, tratando de ser práctico y estético a la misma vez.

### **Softwares**

Conjunto de programas que tienen instrucciones y cuenta con reglas informáticas que realizan distintos tipos de tareas en una computadora.

### **ANSYS**

*Software* utilizado por las industrias dedicadas al diseño, su desempeño es en el modelamiento de diferentes elementos mecánicos y estructuras.

### **Teja híbrida**

Teja fabricada mediante la unión de distintos componentes.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Método y tipo de investigación**

##### **3.1.1 Método de investigación**

El método al que se adapta y sigue la presente investigación es de enfoque cuantitativa no experimental, ya que se enfoca a la indagación de conocimientos con la finalidad de construir u obtener una invención con algún proceso o maquinarias, para poder obtener un beneficio económico para satisfacer algunas necesidades también es de tipo descriptivo, para especificar las propiedades y características importantes de nuestro compuesto híbrido realizado en la investigación, se define la correlación de una variable con otra y cómo estas están relacionadas (43). Debido a que se va a realizar la elaboración del diseño de la máquina que se basa a un procedimiento analítico donde se incluye un proceso numérico, lo cual los resultados mostraran aproximaciones o suposiciones razonables, también se caracteriza por determinar una serie de etapas donde tiene como inicio la observación del problema de estudio y por consecuencia el planteamiento del problema de estudio, análisis mediante el marco teórico, realizando la comprobación de la dicha metodología que se propone para la presente investigación, realizando las simulaciones para el trabajo de tipo tecnológico y poder conocer como funciona un equipo, para después realizar conclusiones de forma objetiva, clara y concreta.

##### **3.1.2 Tipo de investigación**

El estudio desarrollado es del tipo tecnológico, toda vez que tiene un fin de generar un nuevo producto con procesos y maquinarias para ser insertadas en el mercado, para así poder obtener beneficios económicos y satisfacer necesidades (43).

La investigación tiene por finalidad construir un equipo o maquinaria que sirva como recicladora de plásticos PET a base de la cáscara de cacao. El plástico PET y cáscara de cacao serán introducidos manualmente a la tolva para su trituración en fragmentos pequeños, donde los dos materiales serán tamizados por una malla mediante vibración de la propia máquina recicladora, en seguida pasará por la tolva de la extrusora llegando al tornillo sin fin y transportado por la cámara de fundición, donde los dos materiales se fundirán y harán un solo material, por último serán llevados a una prensadora para darle forma de las tejas híbridas que se deseó, luego se tiene que realizar el diseño y la simulación para poder evaluar los resultados que se tiene planificado y poder así ejecutar los objetivos trazados, se requiere conocimientos y habilidades en los temas de transferencia de calor y masa, elemento de máquinas, turbomáquinas, mecánica de fluidos, etc. Debido a esto se aplicarán los conocimientos mencionados para realizar un estudio sobre una máquina recicladora de plásticos PET a base de cáscara de cacao.

## **3.2 Población y Muestra**

### **3.2.1 Población**

Estudio de máquinas recicladoras de materia orgánica e inorgánica para producción y tratamiento de plásticos PET y cáscara de cacao.

### **3.2.2 Muestra**

Maquina recicladora de plásticos PET y cáscara de cacao para la producción de tejas híbridas.

## **3.3 Materiales y métodos**

### **3.3.1 Metodología aplicada para el desarrollo de máquina recicladora de plásticos PET a base de cáscara de cacao**

La investigación presentada se rige a la metodología VDI 2221 creada en Alemania por “La sociedad de ingenieros profesionales”, desarrolla 4 etapas y plantea 7 fases o tareas con ello obtener la información concisa para el proceso del desarrollo de la problemática en un enfoque sistemático, complementada con la VDI 2225 aplicado al concepto solución y análisis técnico económico para que cumpla todos los requerimientos del diseño de la máquina que se encargue de triturar plásticos y que será elaborado a base de cáscara de cacao para la producción de tejas híbridas.

Las etapas de la metodología VDI 2221 son las siguientes: planificación, concepción, proyecto y desarrollo. En cada una de estas se desarrollan las fases de la metodología en la que muestran las secuencias de procesos para identificar la información concisa y práctica para desarrollar un producto nuevo.

Siendo muy importante incluir el estado del arte, pese a que la metodología VDI 2221 no lo considere, ya que este permite orientar el estado tecnológico de una máquina y a partir de ello mejorar la máquina.

### 3.3.2 Metodología VDI 2221

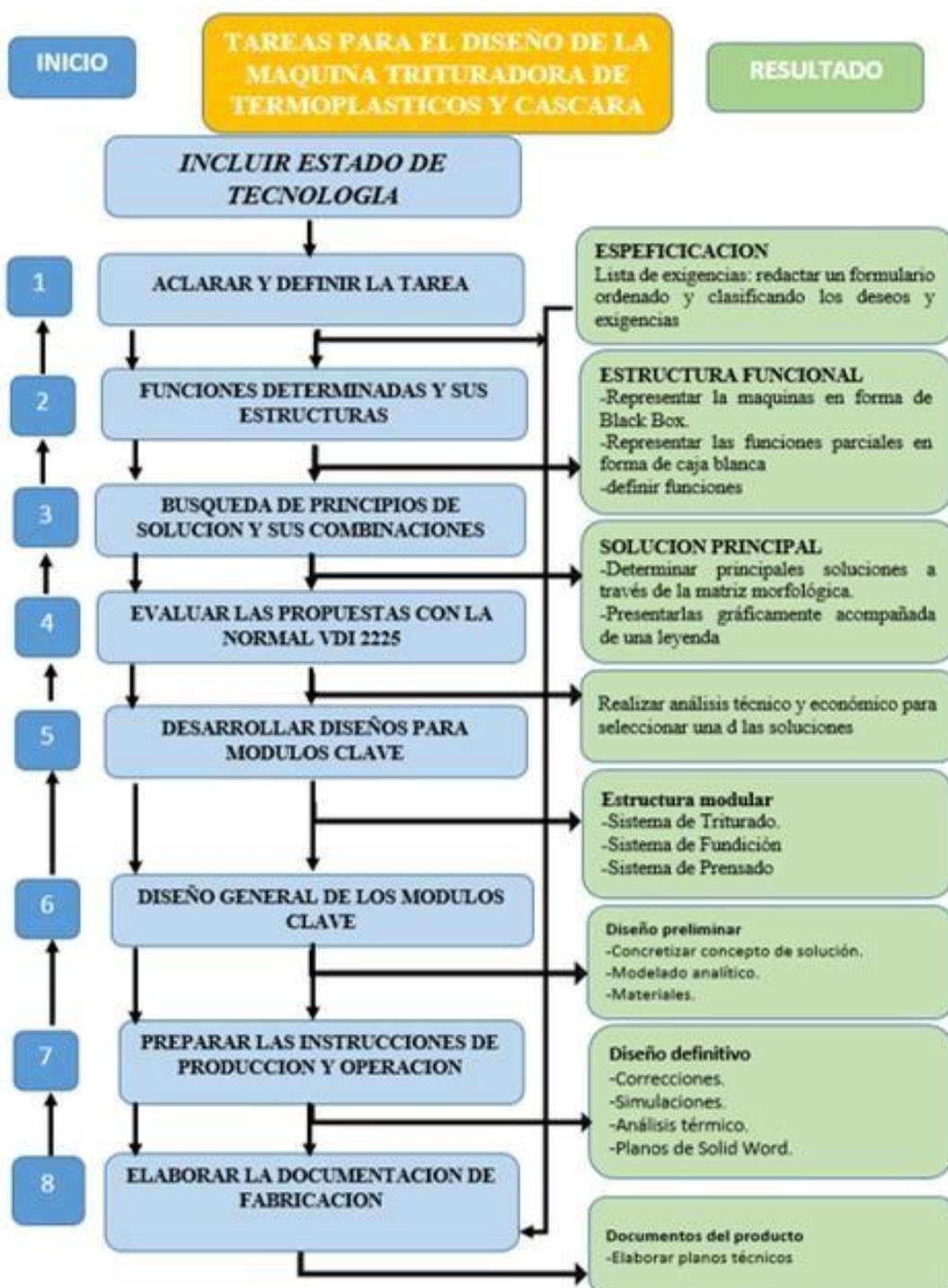


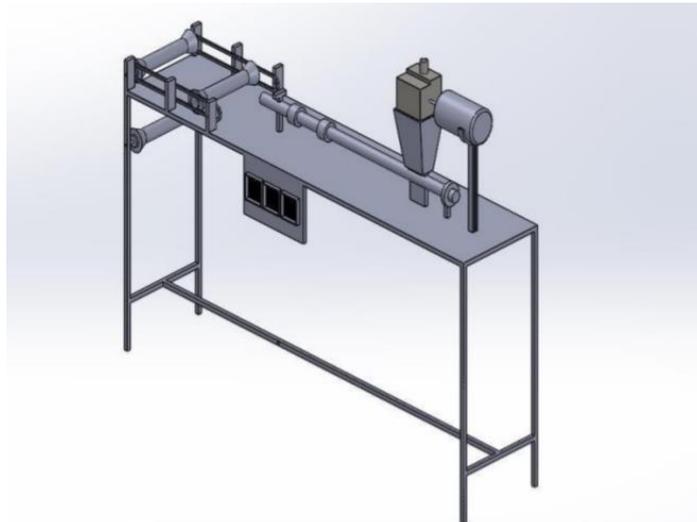
Figura 20. Diagrama de etapas y procesos de diseño adaptado a la norma VDI 2221 complementada con la VDI 2225.

Fuente: Metodología de diseño de máquinas (44).

### 3.4 Definir Especificaciones

#### 3.4.1 Estado de tecnología

En el prototipo de la maquinaria de extrusión, la varilla roscada se hace girar usando un motor a bajas revoluciones y la cámara del cilindro se calienta mediante un calentador cerámico para un rango de temperatura de 230 a 250 C. Las hojuelas de PET a medida que pasa a través de la varilla roscada se calientan y se funden, y finalmente se extruyen. Se establece un perfil de calentamiento para el barril en el que hay tres zonas de calentamiento que aumentan gradualmente la temperatura de baja a alta. El motor más importante utilizado en esta máquina son los motores de CC. Este motor puede girar en sentido anti horario o sentido horario, con la ayuda de comandos dados a los motores. Pueden generar un torque de tres a cinco veces en situaciones de emergencia. El rendimiento óptimo se obtiene cuando la temperatura oscila entre 230 y 250 °C (45).



*Figura 21. Modelo 3D del conjunto de extrusión.*

*Fuente: Design and fabrication of extrusion machine for recycling plastic (45).*

En la realización de la presente tesis se tiene por objetivo diseñar un equipo que sea capaz de triturar botellas de plástico para obtener pequeños residuos plásticos, de tal manera que permita a las personas dedicadas a la industria del reciclaje obtener residuos que tenga autorización y además pueda tener gran uso para disminuir la contaminación producido por la cantidad de plástico. Para el desarrollo del diseño se utilizó el *software* SolidWorks para la parte mecánica que conforma la máquina Trituradora y a la vez se contará con una función automatizada, gracias a la ayuda del software Arduino I, y de esta manera se impulse su programación en una de sus placas. Se concluye que la máquina trituradora de plástico funciona eficientemente, esto confirmaría que el uso de este sistema ayudará a reducir la contaminación generada por el plástico, ya que al triturar las botellas de plástico permite reciclarlas más rápido que el reciclaje tradicional. Se concluye que el uso de cuchillas metálicas es lo suficientemente fuerte para triturar botellas de plástico, inicialmente se consideraron cuchillas de plástico para la trituradora, pero no pudieron triturar las botellas de plástico (46).

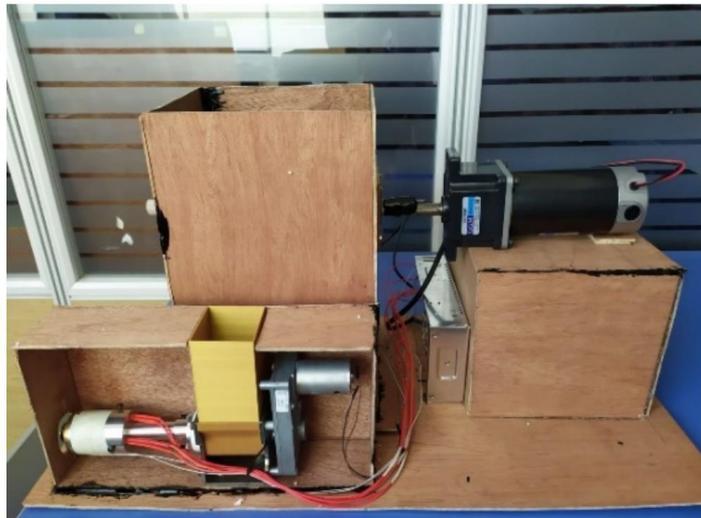
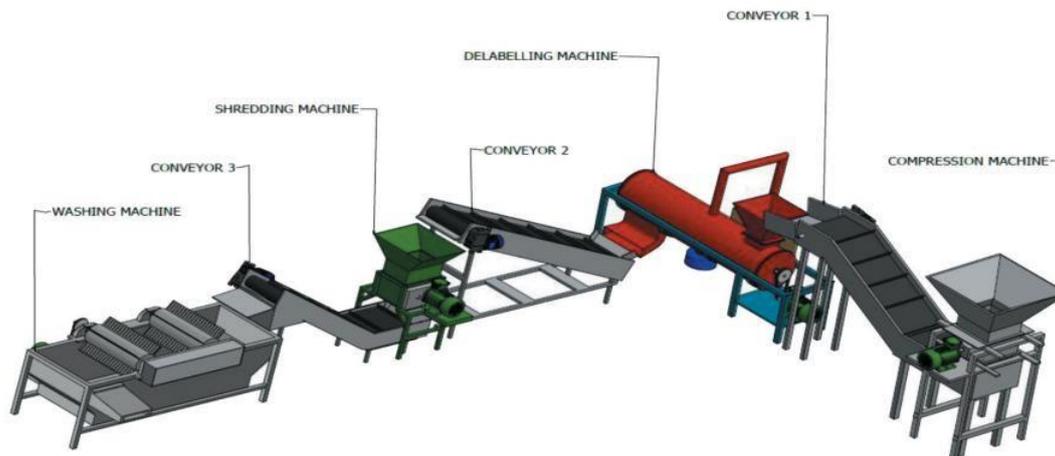


Figura 22. Máquina trituradora de plásticos que genera filamentos para impresión 3D.

Fuente: *Design of a plastic shredding machine to obtain small plastic waste* (46).

En el diseño y se encuentra basado en los elementos finitos de las plantas que contribuye al reciclaje de botellas PET presenta el diseño conceptual de una planta de proceso para reciclar las botellas de tereftalato de otros productos que son plásticos utilizables. Se presentó un diseño analítico completo de los diversos elementos de la máquina y se llevó a cabo un análisis estructural de los componentes críticos de la máquina utilizando el método de elementos finitos en el *software* Autodesk Inventor para evaluar su integridad estructural. El análisis de elementos finitos predijo un esfuerzo máximo de 1,503 MPa, 10,48 MPa, 11,82 MPa y 17,69 MPa para los marcos de la máquina de compresión, máquina desetiquetadora, trituradora y baño de lavado, respectivamente. Además, el esfuerzo máximo previsto para el tornillo y el eje de lavado debido al momento de giro es de 126,9 MPa y 41,2 MPa, respectivamente. Este resultado indicó que las tensiones máximas previstas experimentadas por los componentes de la máquina son significativamente menores que los límites elásticos de los diversos materiales seleccionados para el diseño (47).



*Figura 23. Vista isométrica de la planta de procesos.*

*Fuente: Design and finite element method based structural analysis (47).*

### **3.5 Análisis de solución**

#### **3.5.1 Caja negra**

Es un sistema cuyo funcionamiento interno se desconoce, pero en la entrada recibe señal, energía o material para ser transformada y emitir en la salida señal, energía o materia.

A continuación, se representa la caja negra donde se supone ocurre el proceso técnico en líneas generales la transformación de las magnitudes básicas que son señal, energía y material. Cabe precisar que en este proceso se desconoce el proceso interno de máquina.

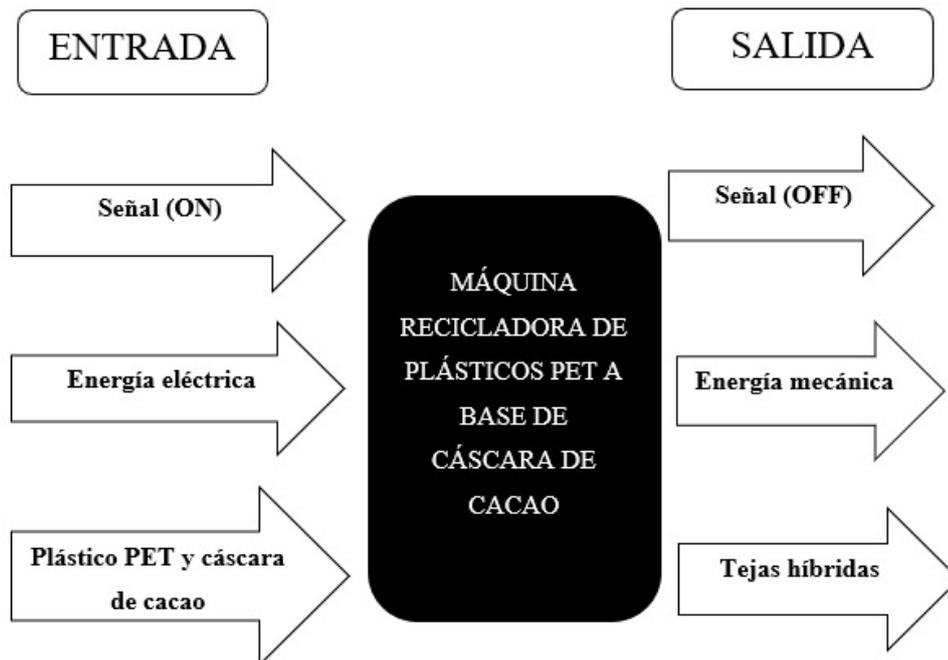


Figura 24. Caja negra máquina recicladora de plásticos PET y cáscara de cacao.  
Fuente: Elaboración propia.

### Entrada

Señal: Señal ON para iniciar el proceso del motor eléctrico.

Energía: Potencia necesaria para el accionamiento del sistema.

Materia: Ingreso del plástico PET y cáscara de cacao.

### Salida

Señal: Señal OFF para finalizar el proceso del motor eléctrico.

Energía: Potencia necesaria para el accionamiento del sistema.

Materia: Tejas híbridas.

### 3.5.2 Detalle de secuencia de operaciones

En las operaciones de secuencias se detallan las funciones requeridas por el diseño y se establece según el orden de proceso. Para observar los procesos o funciones de la máquina se diseña un flujograma.

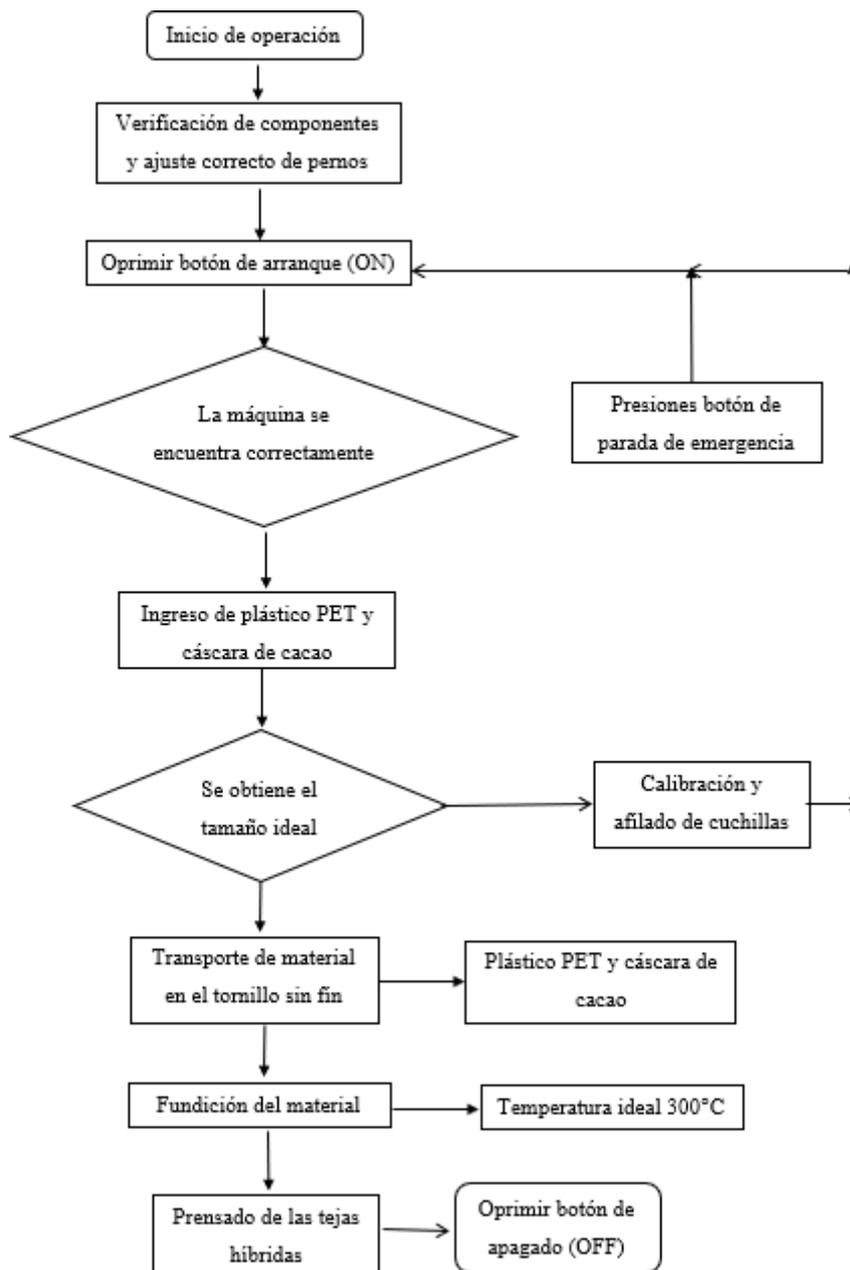


Figura 25. Diagrama de procesos máquina recicladora.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.3 Caja blanca

Se representa a las funciones internas de la máquina, está estructurada según los procesos que se realizan en la caja negra.

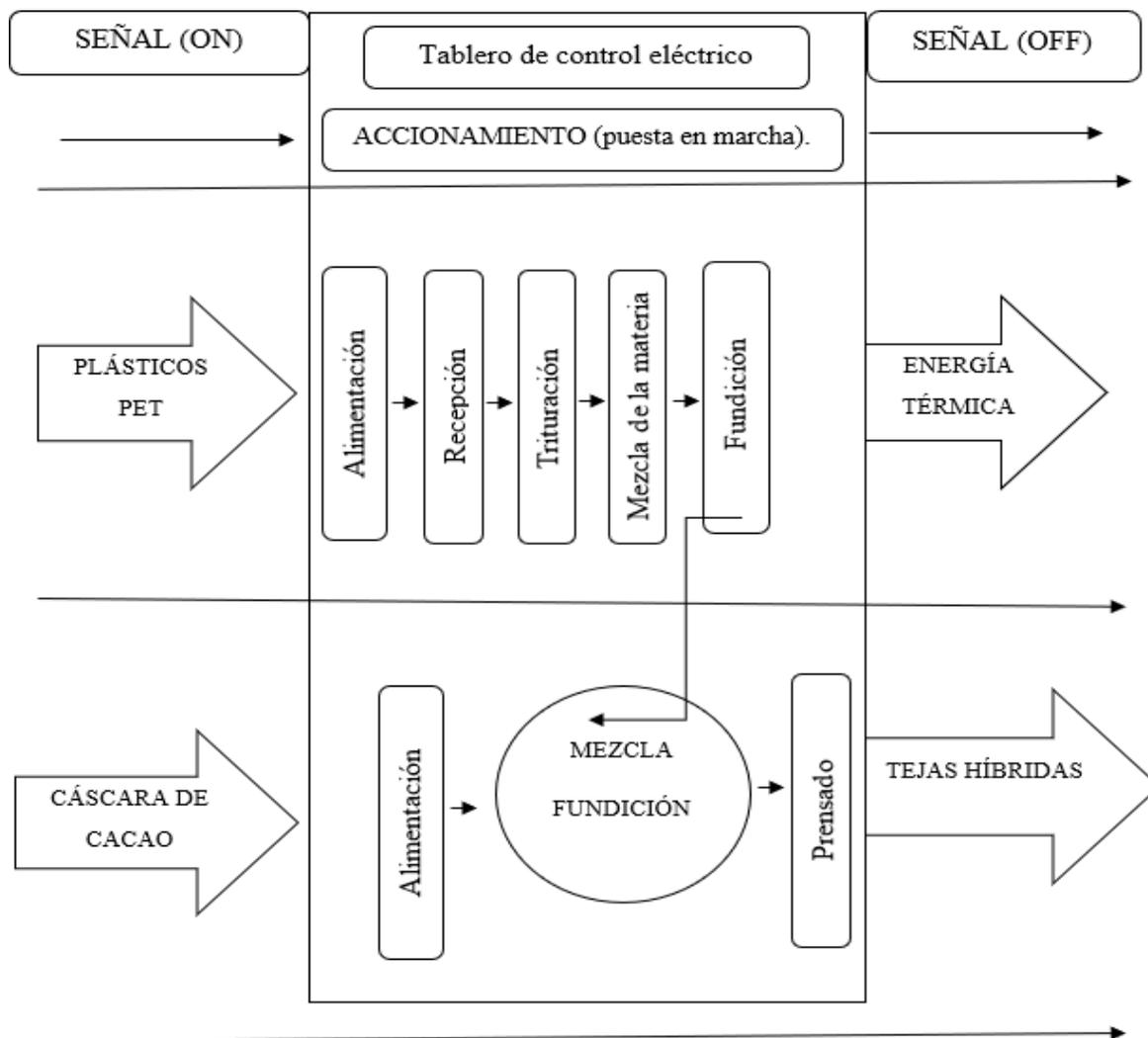


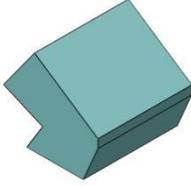
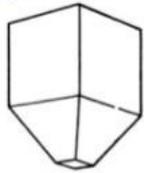
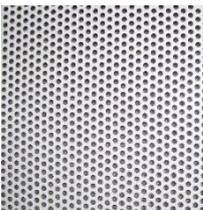
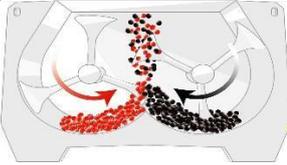
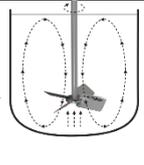
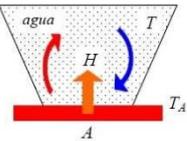
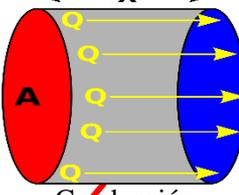
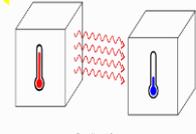
Figura 26. Caja blanca de la máquina recicladora de plásticos PET y cáscara de cacao.  
Fuente: Elaboración propia.

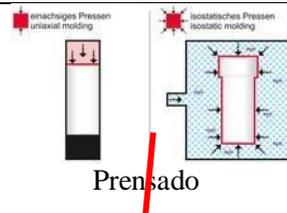
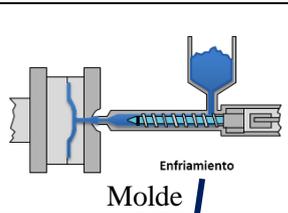
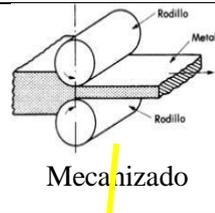
### 3.6 Crear conceptos de diseño

#### 3.6.1 Matriz morfológica

Se identifica diferentes conceptos de solución en bases a las funciones parciales que hace uso la maquina y se muestra, a continuación, en la tabla 10.

Tabla 10. Matriz morfológica.

FUNCIONES PARCIALES	PORTADORES DE FUNCIONES (características principios de solución)		
	1	2	3
ALIMENTACIÓN DE PET	 De forma manual	 Banda transportadora	 Brazo hidráulico
RECEPCIÓN DEL MATERIAL	 Tolva cónica	 Tolva rectangular	 Tolva piramidal
ACCIONAMIENTO	 Pulsador de paro y marcha	 Interruptor	 Potenciómetro
TRITURACIÓN DE PETS	 Cuchillas circulares	 Rodillos dentados	 Cuchillas planas
TAMIZADO	 Vibración	 Manual	 Circular
MEZCLA DE LA MATERIA	 Tornillo sin fin	 De paletas	 Por impulsor
FUNDICIÓN	 Convección <small>Figura 14.6. Proceso de convección.</small>	 Conducción	 Radiación

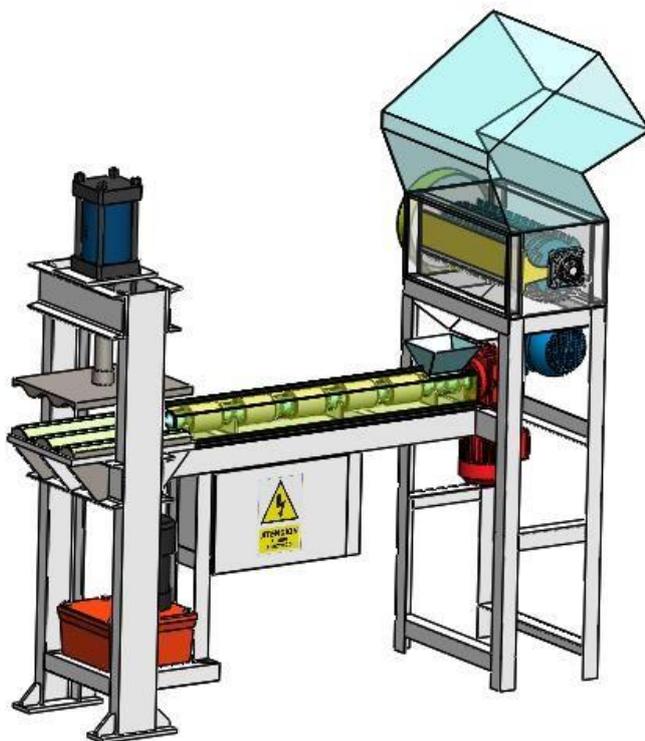
ACABADO	 <p>Uniaxial pressing (uniaxial molding) and isostatic pressing (isostatic molding) diagrams.</p> <p>Prensado</p>	 <p>Molde</p>	 <p>Mecanizado</p>
PRENSADO	 <p>Prensa tipo H</p>	 <p>Prensa cuello de cisne</p>	 <p>Prensa de montante rectos</p>
TIPO DE TEJA	 <p>Teja rectangular híbrida</p>	 <p>Teja cuadrada</p>	 <p>Teja parabólica</p>
CONCEPTOS DE SOLUCIÓN	C.S.1	C.S.2	C.S.3

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.2 Concepto de solución

#### 3.6.2.1 Concepto de solución 1

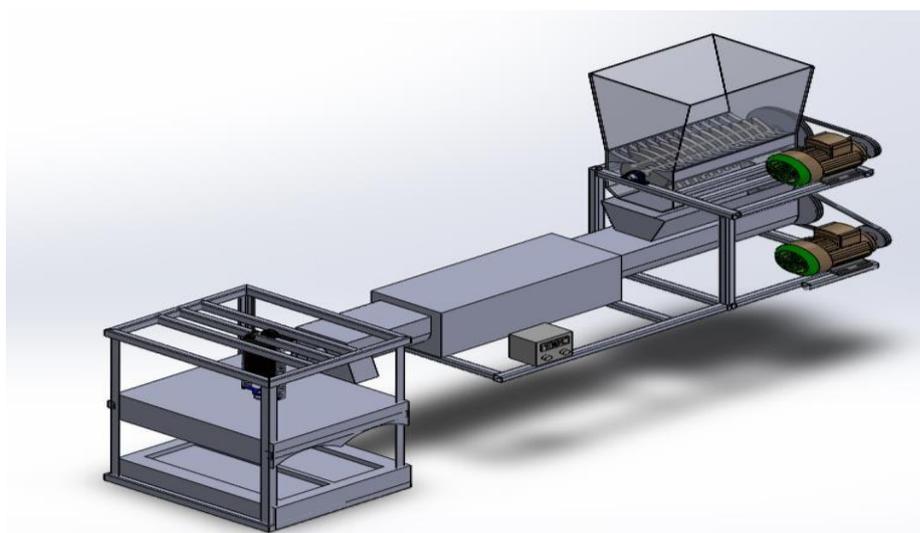
La solución mostrada, se introduce los plásticos PET y cáscara de cacao de forma manual, donde la tolva se encargará de recepcionar y acomodar los materiales para ser triturados, donde el mecanismo de la trituración trabaja con cuchillas de 4 puntas y el eje simple accionada por un motor eléctrico 2HP mediante correas de transmisión, el cual con la ayuda de un rejilla será tamizado para ser recepcionado en la tolva de la extrusora, los dos materiales triturados serán transportados por un tornillo sin fin que será impulsado por un motorreductor de 3 HP por la cámara de fundición, dentro de la cámara de la extrusora se fundirá el plástico PET y la cáscara de cacao a una temperatura de hasta 300°C, todo este sistema es accionado por un motorreductor, una vez obtenida la fusión de los dos materiales es trasladado a la máquina de prensado hidráulico donde dará la forma de tejas híbridas deseadas.



*Figura 27. Concepto de solución 1.  
Fuente: Elaboración propia.*

### 3.6.2.2 Concepto de solución 2

El concepto de solución mostrado, se realizará por la recepción termoplásticos mediante una tolva para luego ser triturados mediante cuchillas accionados por un motor de 3hp, y se trasladarán mediante un tornillo sin fin a 60 RPM, hacia la extrusora para su fundición a 300 C° posteriormente para ser prensado en placas de 20cm x 20cm y de grosor de 3cm.



*Figura 28. Concepto de solución 2.  
Fuente: Elaboración propia.*

### 3.6.2.3 Concepto de solución 3

El concepto de solución 3 mostrado consta de 8 cuchillas distribuidas 4 en cada eje, serán de acero SISA A2 y ejercerán una fuerza de 6,46kg. El eje es de material AISI 1015 que será accionado con un motor de 1HP, con motorreductor de 2,14 HP, con 1750 RPM para un corte uniforme de los plásticos PET. Contará con un engranaje de 30 dientes. Este prototipo y diseño costará \$7112.00, con una producción de 25 kg/hora.

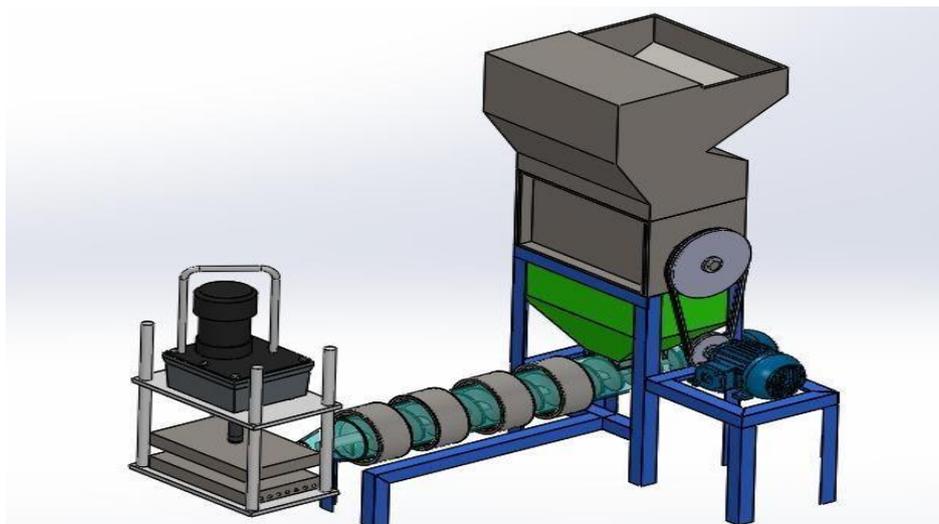


Figura 29. Concepto de solución 3.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.3 Evaluación técnico-económico

#### 3.6.3.1 Análisis técnico de los conceptos de solución “Xi”

Este análisis ayuda a poder determinar la viabilidad del trabajo de investigación, dar una solución óptima que se adecue al diseño en desarrollo con los criterios estudiados de la lista de exigencia.

Tabla 11. Análisis técnico de las posibles soluciones.

Diseño de una máquina recicladora de plásticos PET a base de cáscara de cacao para la producción de tejas híbridas en la provincia de Satipo- Junín											
P: Puntaje de 0 a 4 0: No satisface 1: Aceptable 2: Regular 3: Bien 4: Muy bien											
Variantes del concepto/proyecto				S1		S2		S3		SI	
N.º	Criterio de evaluación	g	p	g*p	p	g*p	p	g*p	p	g*p	
01	Función	0.2	4	0.8	3	0.6	3	0.6	4	0.8	
02	Seguridad	0.15	3	0.45	3	0.45	3	0.45	4	0.6	
03	Contaminación	0.1	3	0.30	2	0.20	2	0.20	4	0.4	
04	Material	0.15	3	0.45	3	0.45	3	0.45	4	0.6	
05	Ensamble	0.15	4	0.6	3	0.45	2	0.30	4	0.6	
06	Ergonomía	0.15	3	0.45	2	0.30	3	0.45	4	0.6	
07	Mantenimiento	0.1	3	0.3	2	0.2	3	0.30	4	0.4	
Puntaje máximo		1	3.35		2.65		2.75		4		
<b>Valor Técnico</b>			<b>0.83</b>		<b>0.66</b>		<b>0.68</b>		<b>1</b>		

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.3.2 Análisis económico de los conceptos de solución “Yi”

El análisis económico determina la viabilidad del trabajo de investigación evaluando los costos de la fabricación y mantenimiento, brindando la solución óptima bajo el parámetro del puntaje de la norma VDI-2225.

Tabla 12. Análisis económico de las posibles soluciones.

Diseño de una máquina recicladora de plásticos PET a base de cáscara de cacao para la producción de tejas híbridas en la provincia de Satipo- Junín											
P: Puntaje de 0 a 4 0: No satisface 1: Aceptable 2: Regular 3: Bien 4: Muy bien											
Variantes del concepto/proyecto				S1		S2		S3		SI	
N.º	Criterio de evaluación	g	p	g*p	p	g*p	p	g*p	p	g*p	
01	Costo material	0.30	3	0.90	3	0.90	3	0.9	4	1.2	
02	Costo fabricación	0.20	4	0.80	2	0.40	2	0.40	4	0.8	
03	C. Ensamble	0.25	3	0.75	3	0.75	2	0.50	4	1	
04	C. Mtto	0.25	3	0.75	2	0.50	3	0.75	4	1	
Puntaje máximo		1	3.2		2.55		2.55		4		
<b>Valor Técnico</b>			<b>0.80</b>		<b>0.63</b>		<b>0.63</b>		<b>1</b>		

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.4 Análisis técnico-económico

Luego de realizar la evaluación de los resultados hallados se conoció que estos son mayores a un 62%. Estos datos obtenidos deben estar cerca de la unidad que sería la solución ideal.

Tabla 13. Resultado total del análisis técnico-económico.

	C.S.1	C.S.2	C.S.3	S. I
<b>VALOR TÉCNICO</b>	0.83	0.66	0.68	1
<b>VALOR ECONÓMICO</b>	0.80	0.63	0.63	1

*Fuente: Elaboración propia.*

Para que se pueda determinar adecuadamente los dos factores, tanto económicos y técnicos es importante considerar la figura 30, en la que se puede saber la opción que mas nos conviene es aquella alternativa que se acerca más a la línea transversal, esa es la solución que se debe tomar en cuenta.

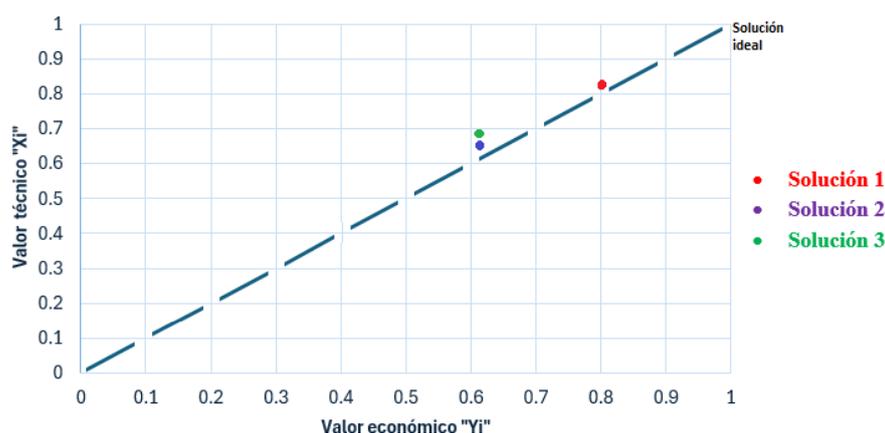


Figura 30. Evaluación técnico-económico.

*Fuente: Elaboración propia.*

## 3.7. Diseño

### 3.7.1. Consideraciones de diseño

El estudio se enfoca con mayor precisión en el diseño de un equipo que se encargue de reciclar plásticos PET para lograr la fabricación de tejas híbridas reforzadas con cáscara de cacao, cuenta con los siguientes requisitos.

### 3.7.2. Materiales

Para la fabricación del producto se utilizará como materia prima a la clase de acero ASTM A36, señalado en la Tabla 14, cuchillas con acero AISI 1020 (tabla 15), acero eje cuchillas 1045 (tabla 16).

Tabla 14. propiedades del acero ASTM A36.

<b>Propiedad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>
<b>ASTM A36</b>		
Módulo de elasticidad	GPa	200
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	7850
Esfuerzo a la fluencia	MPa	248.2
Resistencia a la tracción	MPa	400-550
Dureza Brinell	HB	119-159
Límite elástico	MP	250
Coefficiente de Poisson		0.26

*Fuente: Adaptado a base a la investigación realizada-Anexo 1.*

Tabla 15. Propiedades del acero AISI 1020.

<b>Propiedad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>
<b>AISI 1020</b>		
Módulo de elasticidad	GPa	205
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	7870
Resistencia a la tracción	MPa	420
Dureza Brinell	HB	120-220
Límite elástico	MPa	350
Coefficiente de Poisson		0.29

*Fuente: Adaptado a base a la investigación realizada-Anexo 2.*

Tabla 16. Tabla acero AISI 1045.

<b>Propiedad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>
<b>AISI 1045</b>		
Módulo de elasticidad	GPa	205
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	7850
Resistencia a la tracción	MPa	625
Dureza Brinell	HB	193
Límite elástico	MPa	530
Coefficiente de Poisson		0.29

*Fuente: Adaptado a base a la investigación realizada-Anexo 3.*

### 3.7.3. Sistema de Trituración

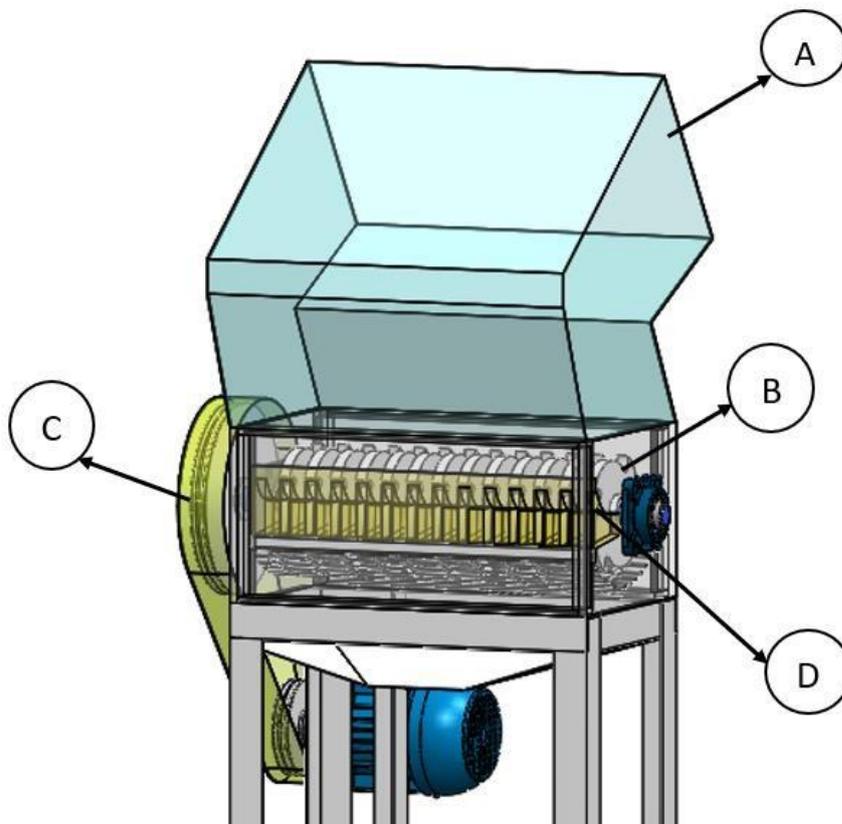


Figura 31. Isométrico Sistema de trituración.  
Fuente: Elaboración propia.

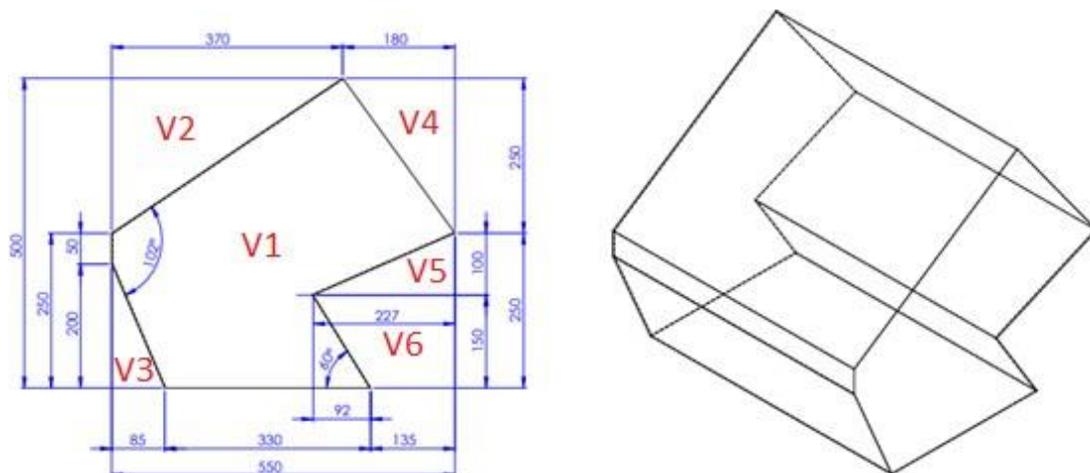


Figura 32. Geometría de tolva de alimentación.  
Fuente: Elaboración propia.

La tolva por su diseño rectangular y con inclinación para evitar que el material triturado evite salpicar hacia el exterior. Considerando que la densidad del plástico PET es 1.39 kg/cm<sup>3</sup> ver tabla 3.

### 3.7.3.1. Cálculo volumen de la tolva (A)

$$\begin{aligned} V1 &= Vt - V2 - V3 - V4 - V5 - V6 \\ V1 &= 0.08 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (1)$$

Para poder determinar los espacios que se encuentran vacíos y deben ser hallados según las características del material (26).

Para tolva de agregados gruesos se considera 40 % ( $Fev = 0.4$ )

Para tolva de agregados finos se considera 20 % ( $Fev = 0.2$ )

$$\rho_c = (1 - Fev)\rho_m \quad (3)$$

$$\rho_c = (1 - 0.2)1.39 \text{ Kg/cm}^3 \left(\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}\right)^3$$

$$\rho_c = 111.2 \text{ Kg/m}^3$$

$$T = V\rho_c \quad (2)$$

$$T = 0.08 \times 111.2$$

$$T = 8.9 \text{ Kg}$$

La tolva será alimentada manualmente cada minuto en toda su capacidad para poder determinar el valor que ingresa por hora.

$$T = 8.9 \text{ Kg} \times 60 \text{ min}$$

$$T = 534 \text{ Kg/h}$$

Conclusión: la tolva tiene una capacidad de 534kg/h ingreso. Se utilizó el acero ASTM A36 que sirve para la fabricación de la tolva.

### 3.7.3.2. Diseño de cuchillas (B)

Para realizar el diseño de las cuchillas se necesita usar un acero AISI 1020 que tiene alta resistencia al desgaste debido a las condiciones de trabajo, que tengan un grosor de 16mm, sirviendo como guía para el patrón de las cuchillas.

El número de puntas que tendrá la cuchilla son 4, así como se muestra en la figura 33, indica el diseño que pueda tener la cuchilla.

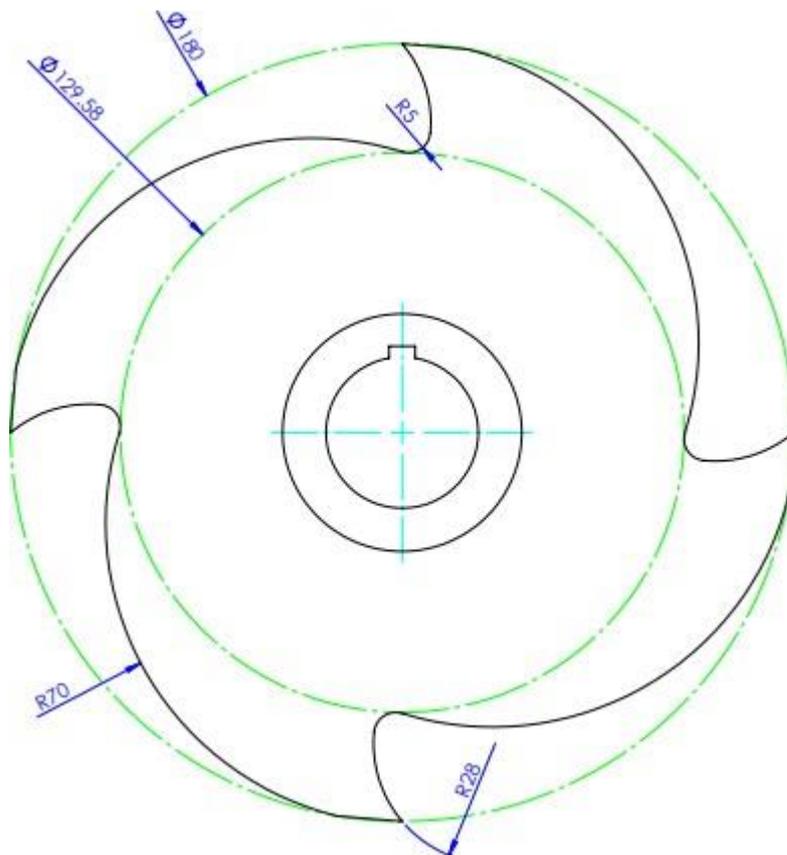


Figura 33. Geometría de cuchillas de trituración.  
Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el prototipo de la cuchilla, es necesario tomar como referencia aquellas botellas estándar que son usadas con mayor frecuencia en el mercado local.

Tabla 17. Dimensiones de botellas comerciales del plástico PET.

Volumen	Diámetro	Alto
600 ml	50.6 mm	350 mm
1l	67.6 mm	250 mm
2l	79.4 mm	350 mm

Fuente: Análisis numérico del mecanismo de un trituradora (48).

Para poder diseñar la máquina se considerará aquellas botellas que se encuentren limpias y de plásticos. En la figura 34, se observa un grosor de más longitud para moler.



Figura 34. Espesor de botella PET medido con un calibrador.  
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla 3, se aprecia las propiedades mecánicas que posee la botella PET, el cual será de mucha ayuda para calcular el espesor de la botella y realizar el proceso de trituración.

#### Cálculo fuerza de corte

Seguidamente se muestra el proceso de cálculo para conocer la fuerza que se necesita para el cizallado de la botella de plástico. La resistencia a la tracción es de 900 kg/cm<sup>2</sup>.

$$t_B = 0.8 \times \sigma_B \quad (4)$$

$$t_B = 0.8 \times 900 \text{ Kg/cm}^2 \times \left(\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}\right)^2$$

$$t_B = 72 \times 10^5 \text{ Kg/m}^2$$

En el cálculo se encuentra con el tamaño y fuerza para realizar el corte, tomándose como referencia para la trituración de 7mm, el espesor más crítico es donde enrosca la tapa siendo 3mm. Se realiza el cálculo de fuerza que se va a requerir para realizar el corte de plástico PET.

Donde:

L= 7mm S=3mm

$$F_H = t_B \times L \times s \quad (5)$$

$$F_H = 7200000 \text{ Kg/m}^2 \times 7 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$$

$$F_H = 151.2 \text{ Kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F_H = 1483.27N$$

Conclusión: Se seleccionó un acero 1020 para las cuchillas con un espesor de 16mm que conllevan 4 puntas de corte. La fuerza de corte es 1483.27N.

### 3.7.3.3. Cálculo de polea (C)

La relación entre polea motriz y polea de eje de trituradora es de 2:1.

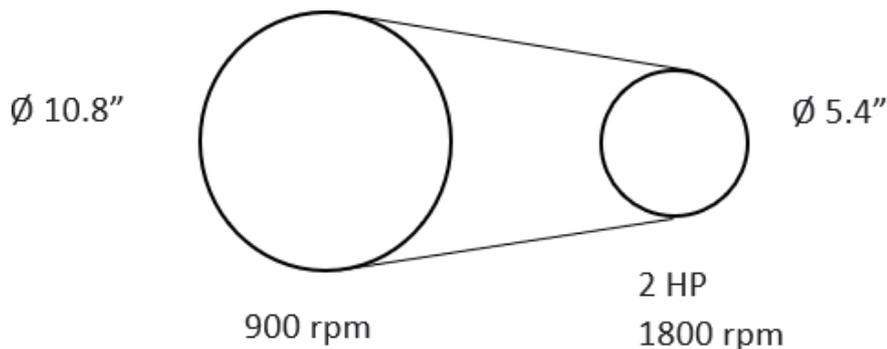


Figura 35. Relación de poleas.  
Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

$$C = 200 \text{ mm} = 7.874''$$

$$d_{men} = 5.4''$$

$$rt = \frac{1800}{900} = \frac{2}{1}$$

$$D_{may} = 10.8''$$

Hallamos la longitud aproximada según la siguiente fórmula.

$$L_p = 2 * C + \frac{(D + d)}{2} + \frac{(D + d)^2}{4 * C} \quad (8)$$

$$L_p = 2 * 7.874 + \frac{(10.8 + 5.5)}{2} + \frac{(10.8 + 5.5)^2}{4 * 7.874}$$

$$L_p = 42.12''$$

Con la longitud se procede seleccionar la circunferencia interior de la banda según la siguiente tabla 18.

Tabla 18. Circunferencias interiores en banda en V estándar.

Sección	Circunferencia, pulg
A	26, 31, 33, 35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 66, 68, 71, 75, 78, 80, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128
B	35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 65, 66, 68, 71, 75, 78, 79, 81, 83, 85, 90, 93, 97, 100, 103, 105, 112, 120, 128, 131, 136, 144, 158, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica, Shigley (29).

La información obtenida se escogió una banda de tipo V, B-42 de acuerdo con la longitud de paso  $Lp = 42.12''$

Seguidamente se empieza a realizar el cálculo del factor de seguridad y la cantidad de banda con las siguientes fórmulas.

Potencia permitida.

$$Ha = k1 * k2 * Htab \quad (46)$$

$$k1 = \frac{D - d}{C}$$

$$k1 = \frac{10.8 - 5.4}{7.874} = 0.69$$

Interpolamos los valores entre 0.60 y 0.70 y se obtiene el valor  $K1 = 0.89$

Tabla 19. Interpolación.

$\frac{D-d}{C}$	$\theta$ , grados	K1	
		VV	Plana en V
0.00	180	1.00	0.75
0.10	174.3	0.99	0.76
0.20	166.5	0.97	0.78
0.30	162.7	0.96	0.79
0.40	156.9	0.94	0.80
0.50	151.0	0.93	0.81
0.60	145.1	0.91	0.83
0.70	139.0	0.89	0.84
0.80	132.8	0.87	0.85

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica, Shigley (29).

Según la tabla adjunta seleccionamos  $k2$ .

Tabla 20. Factor de corrección de longitud.

Factor de longitud	Longitud nominal de la banda, pulg				
	Bandas A	Bandas B	Bandas C	Bandas D	Bandas E
0.85	Hasta 35	Hasta 46	Hasta 75	Hasta 128	
0.90	38-46	48-60	81-96	144-162	Hasta 195
0.95	48-55	62-75	105-120	173-210	210-240

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica, Shigley (29).

$$k2 = 0.85$$

Hallamos la velocidad de la banda.

$$V = \frac{\pi * 5.4 * 1800}{12} = 2544.69$$

Interpolamos según los datos de la siguiente tabla 21.

Tabla 21. Potencias nominales de bandas en V.

Sección de la banda	Diámetro de paso de la polea, pulg	Velocidad de la banda, pie/min				
		1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
A	2.6	0.47	0.62	0.53	0.15	
	3.0	0.66	1.01	1.12	0.93	0.38
	3.4	0.81	1.31	1.57	1.53	1.12
	3.8	0.93	1.55	1.92	2.00	1.71
	4.2	1.03	1.74	2.20	2.38	2.19
	4.6	1.11	1.89	2.44	2.69	2.58
B	5.0 y mayor	1.17	2.03	2.64	2.96	2.89
	4.2	1.07	1.58	1.68	1.26	0.22
	4.6	1.27	1.99	2.29	2.08	1.24
	5.0	1.44	2.33	2.80	2.76	2.10
	5.4	1.59	2.62	3.24	3.34	2.82

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica, Shigley (29).

$$H_{tab} = 2.96$$

Reemplazamos para hallar la potencia permitida.

$$H_a = 0.89 * 0.85 * 2.96$$

$$H_a = 2.24$$

Hallamos la potencia de diseño.

$$H_b = H_{nom} * k_s * N_b$$

$$H_a = 2 * 1.5 * 1.3$$

$$H_a = 3.9$$

Con la siguiente fórmula hallamos el número de bandas y el factor de seguridad.

$$N_b = \frac{H_b}{H_a}$$

$$N_b = \frac{3.9}{2.24} = 1.7410$$

$$N_b = 2 \text{ Bandas}$$

$$F.S = \frac{H_a * N_b}{H_{nom} * k_s}$$

$$F.S = \frac{2.24 * 2}{2 * 1.5}$$

$$F.S = 1.5$$

Conclusión: Se seleccionó para la potencia de transmisión de nuestro diseño una banda de tipo B – 42 donde también se calculó que será de 2 bandas, con un diámetro de la polea motriz de 5.4” y la conducida de 10.8” con una potencia nominal del motor de 2 HP a 1800 rpm, dentro de un factor de seguridad de  $F.S = 1.50$ .

### 3.7.3.4. Cálculo Eje (D)



Figura 36. Isométrico eje trituradora.  
Fuente: Elaboración Propia.

Para el cálculo se va a utilizar un motor de 2HP.

$$Pot = T \times \omega \quad (47)$$

$$T_e = \frac{2Hp \left( \frac{745w}{1Hp} \right) \left( \frac{1Nm}{1w} \right)}{900 \frac{rev}{min} \left( \frac{2\pi rad}{1rev} \right) \left( \frac{1min}{60seg} \right)}$$

$$T_e = 15,80Nm$$

$$P = \frac{15,80Nm}{127 \times 10^{-3}}$$

$$P = 124,40Nm$$

Fuerzas actuantes en la polea que actúan con el eje de trituración.

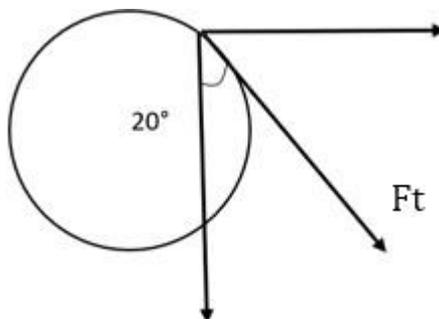


Figura 37. Fuerzas actuantes con el eje de trituración.  
Fuente: Elaboración Propia.

$$F_{tz} = F_t \times \sin 20^\circ \quad (48)$$

$$F_{tz} = 124,40 \text{ Nm} \times \text{sen}20^\circ$$

$$F_{tz} = 42,54 \text{ Nm}$$

$$F_{ty} = F_t \times \text{cos}20^\circ$$

(49)

$$F_{ty} = 124.40 \text{ Nm} \times \text{cos}20^\circ$$

$$F_{ty} = 116.89 \text{ Nm}$$

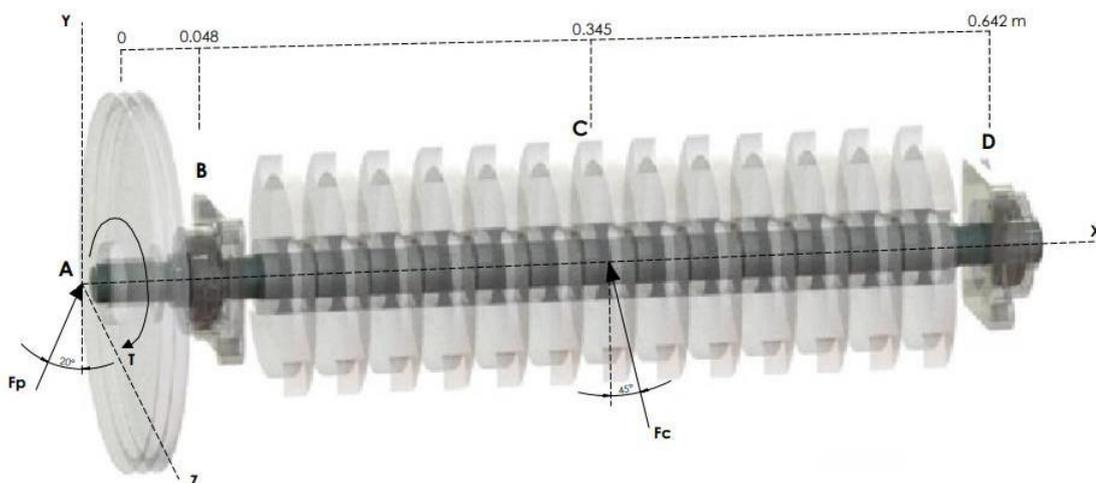
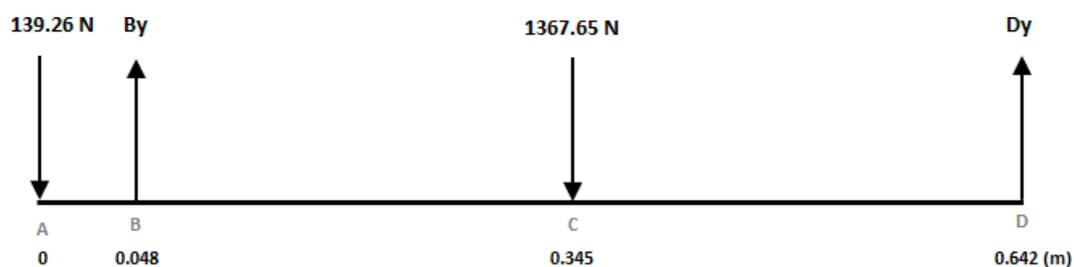


Figura 38. Diagrama de cuerpo libre.  
Fuente: Elaboración Propia.

Se halla los esfuerzos en los ejes “Y-X”



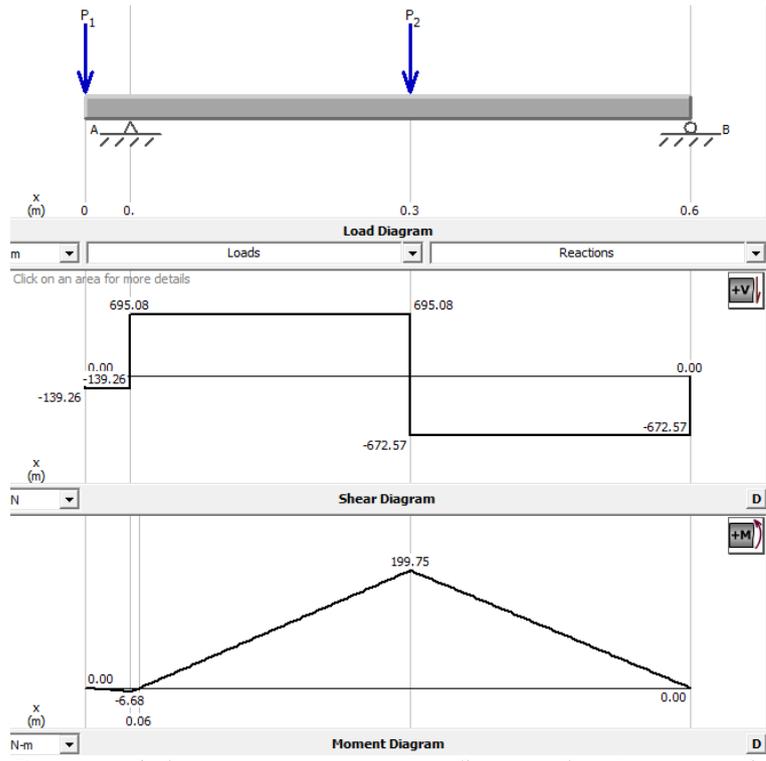
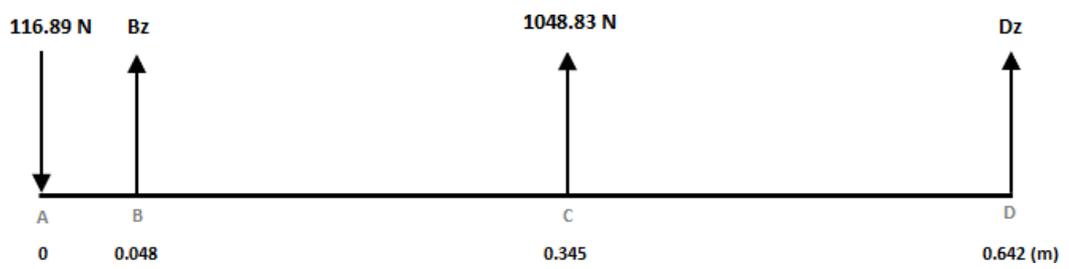


Figura 39. Diagrama de fuerza cortante y momento flector en los ejes x-y con el software MD Solid.  
Fuente: Elaboración Propia.

Conociendo los esfuerzos en los ejes "X-Z"



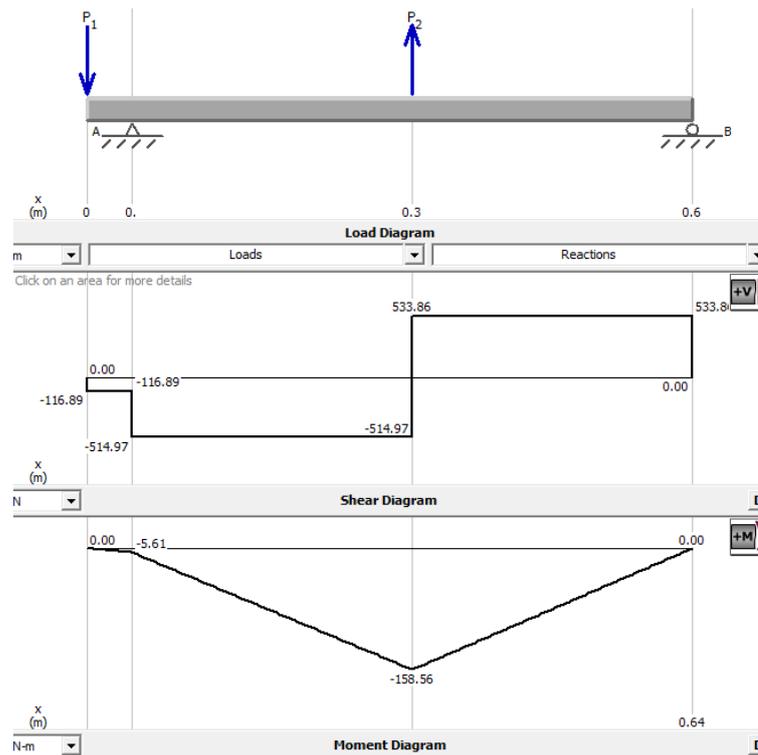


Figura 40. Diagrama de fuerza cortante y momento flector en los ejes x-z con el software MD Solid.

Fuente: Elaboración Propia.

Tiempo resultante.

$$M \text{ máx} = \sqrt{(M_{xy})^2 + (M_{xz})^2} \quad (50)$$

$$M \text{ máx} = \sqrt{119,75^2 + 158,56^2}$$

$$M \text{ máx} = 255,03 \text{ Nm}$$

### Hallando el diámetro y material de los ejes de triturado.

Material: Acero AISI 1045

$S_u = 570 \text{ MPa}$

$S_y = 310 \text{ MPa}$

$H_b = 163$

Calculamos los indicadores que sirven para conocer los esfuerzos de concentración.

La flexión

diámetro = 2,5 mm

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad (10)$$

$$K_f = 1 + 0.8(1.62 - 1)$$

$$K_f = 1.496$$

Torsión

diámetro = 2,5 mm

$$\begin{aligned} Kfs &= 1 + q(Kts - 1) \\ Kfs &= 1 + 0.85(1.42 - 1) \\ Kfs &= 1.357 \end{aligned} \quad (11)$$

Con la siguiente ecuación para concentrar los esfuerzos ELÍPTICA – ASME para calcular el diámetro de los ejes.

Asumimos un factor de seguridad

$$F.S = 2$$

$$\begin{aligned} d &= \left\{ \frac{16n}{\pi S_y} \left[ 4(K_f \times M)^2 + 3(K_{fs} \times T)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3} \\ d &= 29 \text{ mm} \end{aligned} \quad (9)$$

Cálculo del límite de resistencia a la fatiga:

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S'_e \quad (12)$$

Resistencia a la fatiga

$$\begin{aligned} S'_e &= 0.5xS_{ult} \\ S'_e &= 0.5x570 \\ S'_e &= 285 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Los factores que sirven para modificar la condición superficial.

$$\begin{aligned} a &= 4.51 \\ b &= 0.265 \\ K_a &= a * S_{ult}^b \\ K_a &= 451 * 570^{-0.256} \\ K_a &= 0.84 \end{aligned}$$

Factor de modificación de tamaño.

$$\begin{aligned} K_b &= 1.24 * d^{-0.265} \\ K_b &= 1.24 * 29^{-0.265} \\ K_b &= 0.864 \\ K_c, K_d, K_f &= 1 \end{aligned}$$

Reemplazando

$$Se = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S'_e$$

$$Se = 0.84 * 0.864 * 1 * 285$$

$$Se = 206.84 MPa$$

Cálculo del diámetro.

$$F.S = 2$$

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[ 4 \left( \frac{Kf \times Ma}{Se} \right)^2 + 3 \left( \frac{Kfs \times Ta}{Se} \right)^2 + 4 \left( \frac{Kf \times Mm}{Sy} \right)^2 + 3 \left( \frac{Kfs \times Tm}{Sy} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3} \quad (13)$$

$$d = 28 \text{ mm}$$

En conclusión: teniendo como diámetro de 28 mm mediante cálculos para el buen funcionamiento de la trituradora, teniendo en consideración que la medida se encuentra en el mercado local.

### Selección de chaveta

El tamaño de la chaveta depende de las dimensiones del eje, se halla de la longitud, el alto y el ancho (W) y la selección del tipo de material. Según la tabla 26. Se obtiene.

Con la siguiente fórmula se calculan las dimensiones de la chaveta.

Falla al corte

$$L = \frac{2 * T * n}{0,5 * d * Sg * w} \quad (51)$$

$$L = \frac{2 * 15,80 * 3}{0,5 * 0,028 * 310 * 10^6 * 0,008}$$

$$L = 2.7 \text{ mm}$$

Falla al contacto

$$L = \frac{4 * T * n}{d * Sg * h} \quad (52)$$

$$L = \frac{4 * 15,80 * 3}{0,028 * 310 * 10^6 * 0,008}$$

$$L = 2.7 \text{ mm}$$

Conclusión: Para fijar el eje con la polea motriz, se utilizarán unas chavetas planas ( $w = 8 \text{ mm}$ ,  $h = 7 \text{ mm}$  y  $L = 26 \text{ mm}$ ) de un acero SAE-1045.

### Selección de chumacera

Según el diámetro interior 30 mm para las chumaceras, de la lista de SKF (Anexo N° 6) se conoció la chumacera de pared con las especificaciones requeridas para el diseño. Las especificaciones se conocen en la siguiente tabla 19.

*Tabla 22. Especificaciones técnicas.*

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Diámetro de eje	30mm
Capacidad de carga dinámica básica	19.5 kN
Capacidad de carga estática básica	11.2kN
Velocidad limite	6300 r/min
Cantidad de tornillos de fijación	4

*Fuente: Catálogo SKF (49).*



*Figura 41. Chumacera de pared.  
Fuente: SKF (49) .*

### 3.7.4. Cálculo del sistema de extrusión (E)

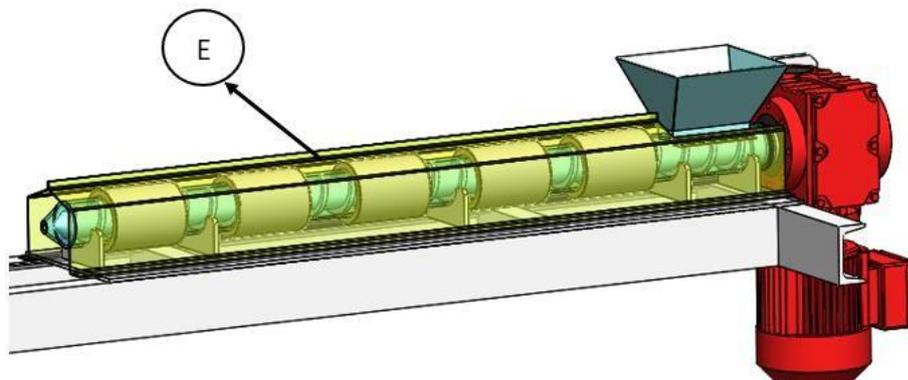


Figura 42. Isométrico sistema de extrusión.  
Fuente: Elaboración propia.

#### Diámetro de cilindro

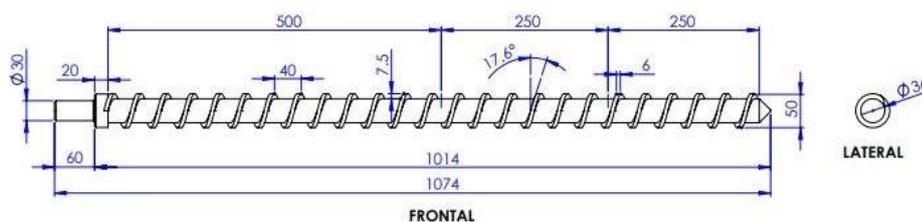


Figura 43. Geometría de eje de extrusión.  
Fuente: Elaboración propia.

La extrusoras posee un diámetro que va desde 2 hasta 90 cm, por recomendaciones de extensión del husillo es de 1 A 1.4 m, la relación de longitud es de 20:1.

$$D = \frac{L}{d} \quad (14)$$

$$D = \frac{1}{20}$$

$$D = 0.05m$$

#### Número de filetes

$$N^{\circ} \text{ filetes} = \frac{L}{D} \quad (15)$$

$$N^{\circ} \text{ filetes} = \frac{1}{0.05}$$

$$N^{\circ} \text{ filetes} = 20$$

#### Ángulo de hélice

$$\theta = \tan^{-1} \frac{1}{\pi} \quad (16)$$

$$\emptyset = 17.6^\circ$$

### Tolerancia de cilindro

$$\begin{aligned}\delta &= 0.002D \\ \delta &= 0.002(0.05) \\ \delta &= 0.0001m\end{aligned}\tag{17}$$

### Ancho de filete

$$\begin{aligned}e &= 0.12D \\ e &= 0.12(0.05) \\ e &= 0.006m\end{aligned}\tag{18}$$

### Paso del husillo

$$\begin{aligned}t &= \pi D \tan \emptyset \\ t &= \pi 0.05 \tan 17.6^\circ \\ t &= 0.04m\end{aligned}\tag{19}$$

### Longitud husillo

Se determinó la longitud total de 1 m, la medida se encuentra en los valores permitidos según recomendaciones de diseño.

### La zona de alimentación

Esta zona es la que se encuentra más cerca a la tolva de alimentación donde ingresa el plástico triturado junto con la cáscara de cacao que su finalidad es llegar a compactar los residuos en estado sólido para ser transportados a la siguiente zona.

$$\begin{aligned}l_1 &= \frac{L}{2} \\ l_1 &= 0.5m\end{aligned}\tag{20}$$

### Zona de compresión

Conforme los sólidos se van comprimiendo, inicia el proceso de fundición entre ambos materiales.

$$\begin{aligned}l_2 &= \frac{L}{4} \\ l_2 &= 0.25m\end{aligned}\tag{21}$$

### Zona de dosificación

En esta zona es la parte final donde el material fundido es homogenizado, luego es forzado a través de presión hacia la boquilla de salida.

$$\begin{aligned}l_3 &= \frac{L}{4} \\ l_3 &= 0.25m\end{aligned}\tag{22}$$

**Profundidad del canal**

$$H = 0.15D \quad (23)$$

$$H = 0.15(0.05)$$

$$H = 0.0075m$$

**Revoluciones del husillo**

$$n = \frac{\gamma h_2 1s}{\pi D} \quad (24)$$

$$n = \frac{100 \times 0.003 \times 1s}{\pi \times 0.05}$$

$$n = 1.90 \text{ rev/s} \times 60 \text{ s/min}$$

$$n = 114 \text{ rpm}$$

**Flujo de arrastre**

$$\alpha = \frac{[\pi D h (t - e) \cos^2 \varphi]}{2} \quad (25)$$

$$\alpha = \frac{[\pi \times 0.05 \times 0.009 (0.04 - 0.006) \cos^2 17.6^\circ]}{2}$$

$$\alpha = 21.83 \text{ cm}^3$$

**Flujo de presión**

$$\beta_2 = \frac{h^3 (t - e) \text{sen} \varphi \cos \varphi}{12L} \quad (26)$$

$$\beta_2 = \frac{0.009^3 (0.04 - 0.006) \text{sen} 17.6^\circ \cos 17.6^\circ}{12(1)}$$

$$\beta_2 = 5.953 \times 10^{-4} \text{ cm}^3$$

**Flujo de filtración**

$$\gamma = \frac{\pi^2 D^2 \delta^2 \tan \varphi}{(10eL)} \quad (27)$$

$$\gamma = \frac{\pi^2 \times 0.05^2 \times 0.0001^2 \times \tan 17.6^\circ}{(10 \times 0.006 \times 1)}$$

$$\gamma = 1.304 \times 10^{-3} \text{ cm}^3$$

**Constante de cabezal**

$$k_1 = \frac{\pi r^4}{128L} \quad (28)$$

$$k_1 = \frac{\pi \left(\frac{0.019}{2}\right)^4}{128(0.04)}$$

$$k_1 = 7.99 \times 10^{-2} \text{ cm}^3$$

### Caudal

$$Q = \left( \frac{\alpha k}{k + \beta + \gamma} \right) n \quad (30)$$

$$Q = \left( \frac{21.83 \times 7.99 \times 10^{-2}}{7.99 \times 10^{-2} + 5.953 \times 10^{-4} + 1.304 \times 10^{-3}} \right) 114$$

$$Q = 2430.83 \text{ cm}^3 / \text{min}$$

### Producción del tornillo

Se obtiene la producción del tornillo, se toma en consideración la densidad del plástico PET 0.0009 Kg/cm<sup>3</sup>, se tiene.

$$P_t = \text{densidad} \times Q$$

$$P_t = 0.0009 \times 2430.83$$

$$P_t = 131.26 \text{ Kg/h}$$

Conclusión: Se seleccionó un eje de 50mm para el tornillo sin fin con una longitud de 1m que girara a 114 RPM. Con 20 filetes para el buen funcionamiento y eficacia.

### Selección de motorreductor

Conociendo la revolución de funcionamiento del husillo de 114 rpm. De acuerdo a los datos seleccionados un equipo motorreductor de marca Sew Eurodrive de serie S de 2.2 kW, 60 Hz, mayores especificaciones son presentados en Anexo 4. Comprobándose que el dispositivo cumple con las exigencias que necesita una máquina.

### Selección de resistencias tipo abrazaderas

Conociendo la temperatura de fundición del plástico PET que es de 260°C a 270°C. Se seleccionó las resistencias de bandas aisladas con cerámica, lo cual nos dará un buen funcionamiento y eficacia.

Tabla 23. Características de resistencia tipo abrazaderas.

características	Unidad	Valores
Peso específico	kg	1,5
Diámetro	Pulg.	2-15
Ancho	Pulg.	½-1
Temperatura	°C	875°C
Potencia	W/Pulg	45
Tensión	Voltios	220,440

Fuente: Adaptado de Polimex.

### 3.1.1 Cálculo de temperatura de fundición

$$k_1 = \frac{T_e + T_i}{2} \quad (31)$$

Reemplazamos

$$T_f = \frac{100^\circ\text{C} + 300^\circ\text{C}}{2}$$

$$T_f = 200^\circ\text{C}$$

### 3.7.5. Cálculo sistema hidráulico

El factor principal que calcula la precisión y la calidad de una prensa hidráulica, cuando se tiene un producto terminado como las tejas híbridas. Se aplica una precisión igual a 65 kPa a 70 kPa(50). Según las dimensiones de la teja híbrida es de 0.4m x 0.3m en un área de contacto de 0.12m<sup>2</sup>.

Para conocer el cálculo de la fuerza necesaria se va a manejar para la compactación del material fundido, se tiene en cuenta la presión y el área a manejar.

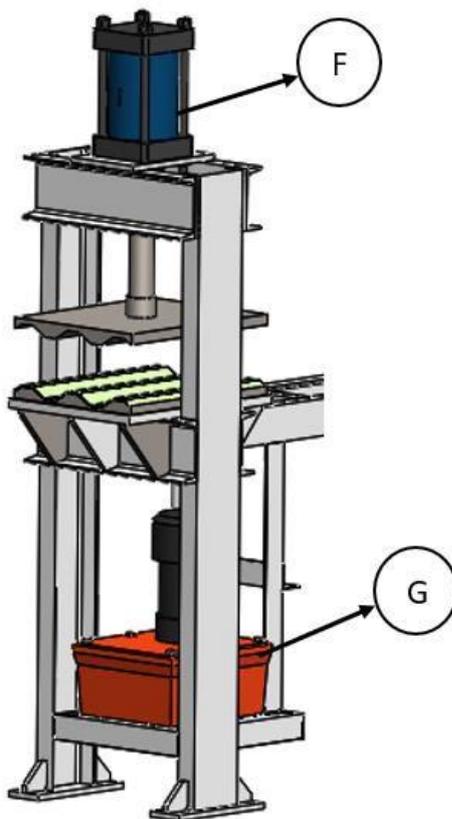


Figura 44. Geometría de la estructura de la prensa hidráulica.  
Fuente: Elaboración propia.

$$P = \frac{F}{A} \quad (32)$$

$$F = 65\text{kPa} \times 0.12\text{m}^2$$

$$F = 7.8\text{ kN}$$

$$F = 795.10\text{ kgf}$$

### Selección del sistema hidráulico

Conociendo la fuerza y precisión de los cilindros se eligió un sistema de válvula, motor eléctrico, el depósito por el catálogo Hi-Force de modelo HEP207122 y el sistema de bomba, los que son especialistas en componentes hidráulicos. Ver anexo 5.

### Bomba hidráulica (G)

Al igual que el tanque y el motor, se tuvo que realizar una búsqueda en el medio local. Al adquirirse y estar todo unido en conjunto el modelo, las características más resaltantes son que tienen 7 L/min con 25 litros de almacenamiento y un motor de 1.5 kW.



Figura 45. Electrobomba escogida según catálogo.  
Fuente: Catálogo de Hi-Force (51).

$$Presión = \frac{Potencia \cdot 600}{Q} \quad (34)$$

$$Presión = \frac{1.5 \text{ kW} \cdot 600}{7 \text{ L/min}}$$

$$Presión = 128.57 \text{ bar}$$

### Selección del cilindro hidráulico (F)

Para la elección del cilindro, se decide elegir de acuerdo al tonelaje que se necesita. En la tabla 24, muestra las medidas correspondientes.

Tabla 24. Fuerza teórica según cilindro.

Pistón Piston Ø mm	Vástago Rod Ø mm	Área trabajo / working area		50 bar**		100 bar**		150 bar**		200 bar**	
		Empuje Push	Tracción Pull	Empuje Push	Tracción Pull	Empuje Push	Tracción Pull	Empuje Push	Tracción Pull	Empuje Push	Tracción Pull
		cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN*	daN*	daN*	daN*	daN*	daN*	daN*	daN*
32	16	8,04	6,03	402	302	804	603	1.206	905	1.608	1.206
	22		8,77		438		877		1.315		1.753
40	28	12,57	6,41	628	320	1.257	641	1.885	961	2.513	1.282
	28		13,48		674		1.348		2.022		2.695
50	36	19,64	9,46	982	473	1.964	946	2.945	1.408	3.927	1.891
	36		20,99		1.050		2.099		3.149		4.199
63	45	31,17	15,27	1.559	763	3.117	1.527	4.676	2.290	6.235	3.054
	45		34,36		1.718		3.436		5.154		6.872
80	56	50,27	25,64	2.513	1.282	5.027	2.564	7.540	3.845	10.053	5.127
	56		40,06		2.003		4.006		6.008		8.011
100	70	78,54	53,91	3.927	2.695	7.854	5.391	11.781	8.086	15.708	10.782
	70		40,06		2.003		4.006		6.008		8.011
125	90	122,72	84,23	6.136	4.212	12.272	8.423	18.408	12.635	24.544	16.847
	90		59,10		2.955		5.910		8.865		11.820
160	110	201,06	137,45	10.053	6.872	20.106	13.745	30.159	20.617	40.212	27.489
	110		106,03		5.301		10.603		15.904		21.206
200	140	314,16	219,13	15.708	10.956	31.416	21.913	47.127	32.869	62.832	43.826
	140		160,22		8.011		16.022		24.033		32.044
250	180	490,88	336,94	24.544	16.847	49.088	33.694	73.631	50.540	98.176	67.387
	180		236,41		11.820		23.641		35.461		47.281

Fuente: Hydpa (41).

Conclusión. Se selecciona un pistón que tiene un tamaño de diámetro igual a 100mm de fuerza = 150 bar, de vástago=56 mm de diámetro con una longitud de carrera 197 mm según catálogo.

Con esta información se empieza a realizar el cálculo de las características que se necesita para conocer el tamaño del pistón  $A_p$ , también del vástago  $A_v$  y la anular  $A_a$  (41).

$$A_p = \frac{\pi D_p^2}{4} \quad (35)$$

$$A_p = \frac{\pi 100^2}{4}$$

$$A_p = 7853.98 \text{ mm}^2$$

Calculado el tamaño que posee el pistón, se comienza a calcular el vástago

$$A_v = \frac{\pi D_v^2}{4} \quad (36)$$

$$A_v = \frac{\pi 56^2}{4}$$

$$A_v = 2463 \text{ mm}^2$$

Por último, se calcula el área anular.

$$A_a = \frac{\pi(D_p^2 - D_v^2)}{4} \quad (37)$$

$$A_a = \frac{\pi(100^2 - 56^2)}{4}$$

$$A_a = 5390.97 \text{ mm}^2$$

### Cálculo de la velocidad de entrada y salida del vástago

Conocer la salida y la entrada de velocidad del vástago es fundamental para el buen funcionamiento de manera eficiente.

$$V_s = \frac{Q \cdot 1000}{A_p \cdot 60} \quad (38)$$

$$V_s = \frac{7l/min \cdot 1000}{7853.98 \times 60}$$

$$V_s = 0.0148 \text{ m/s}$$

$$V_t = \frac{Q \cdot 1000}{A_a \cdot 60} \quad (39)$$

$$V_t = \frac{7l/s \cdot 1000}{5390.97 \times 60}$$

$$V_t = 0.021 \text{ m/s}$$

### Cálculo de los volúmenes del cilindro

$$V_{o1} = A_p C \quad (40)$$

$$V_{o1} = 78.53 \times 18.9$$

$$V_{o1} = 1484.21 \text{ cm}^3$$

$$V_{o2} = A_a C \quad (41)$$

$$V_{o2} = 53.90 \times 18.9$$

$$V_{o2} = 1018.71 \text{ cm}^3$$

### Cálculo de tiempo de avance y retroceso del vástago

$$Q_i = V_s \cdot A_p \quad (42)$$

$$Q_i = 1.48 \times 78.58$$

$$Q_i = 116.29 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$T_{avance} = \frac{V_{o1}}{Q_i} \quad (43)$$

$$T_{avance} = \frac{1484.21}{116.29}$$

$$T_{avance} = 12.76 \text{ s}$$

$$Q_s = V_t \cdot A_a \quad (44)$$

$$Q_s = 2.1 \times 53.90$$

$$Q_s = 113.19 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$T_{retroceso} = \frac{1018.71}{113.19} \quad (45)$$

$$T_{retroceso} = 9 \text{ s}$$

Conclusión: El vástago tipo HYDBA realizará un tiempo de avance de 12,76s y un tiempo de retroceso de 9s. con una presión de 25bar.

## Capítulo IV

### Resultados y discusión

#### 4.1 Presentación de resultados

Para realizar el modelamiento en software CAD se realizó tomando datos que se ha conseguido a través de los cálculos para ser validados. Se analizaron aquellos componentes que son importantes con el manejo del programa informático que permite conocer que piezas son las que van a soportar dichas cargas que se ha calculado y de esta manera contar con un funcionamiento correcto.

Seguidamente se muestra una simulación de los componentes de la máquina, de los valores a considerar son de Von Mises, desplazamiento y el coeficiente de seguridad.

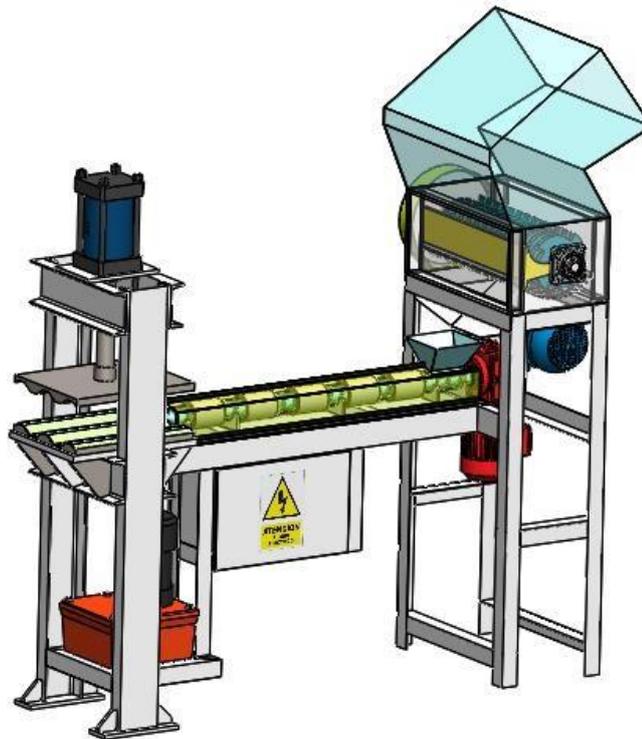


Figura 46. Modelo final de recicladora de plásticos PET y cáscara de cacao.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1 Modelamiento de cuchilla trituradora de botellas de plásticos PET

A través del programa ANSYS se procederá aplicar fuerza para que de esa manera se produzca el corte que se calculó anteriormente y de esta manera comprobar las cuchillas aguantan la mencionada carga, que se encuentra en la Fig. 47, donde se muestra la tensión de Von Mises que soporta el corte que posee la cuchilla, para saber en que parte sufrirá un quiebre o rotura, indicándose que la máxima tensión es 94.76 MPa siendo este resultado inferior al límite de fluencia de dicho material.

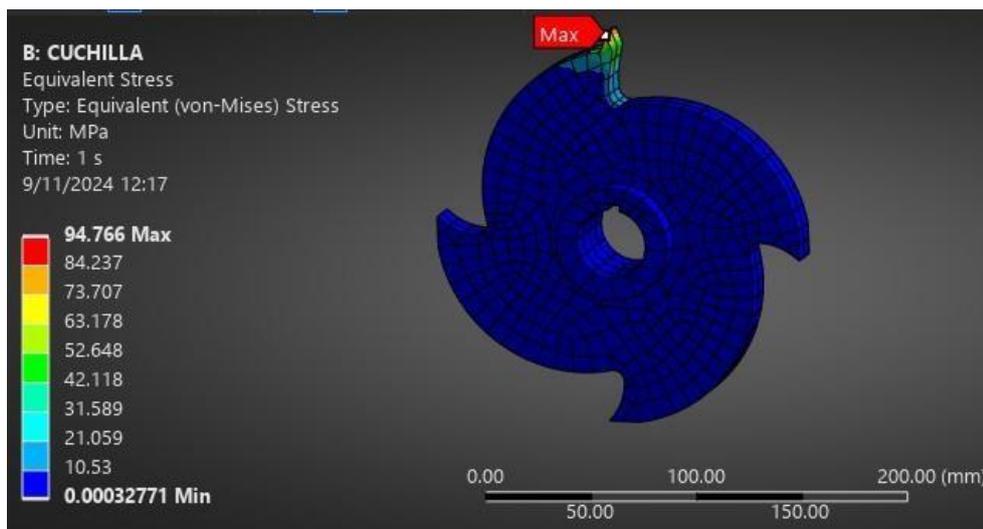


Figura 47. Tensión de Von Mises cuchilla.  
 Fuente: Elaboración propia.

### Deformación

En cuanto al desplazamiento se debe de tomar en cuenta que el mínimo desplazamiento para evitar que pierda su filo y que triture la materia de forma adecuada. En la fig. 48 se aprecia el máximo desplazamiento que es de 0,014mm el cual es mínima y no sufrirá ningún inconveniente al momento de tritura las botellas PET.

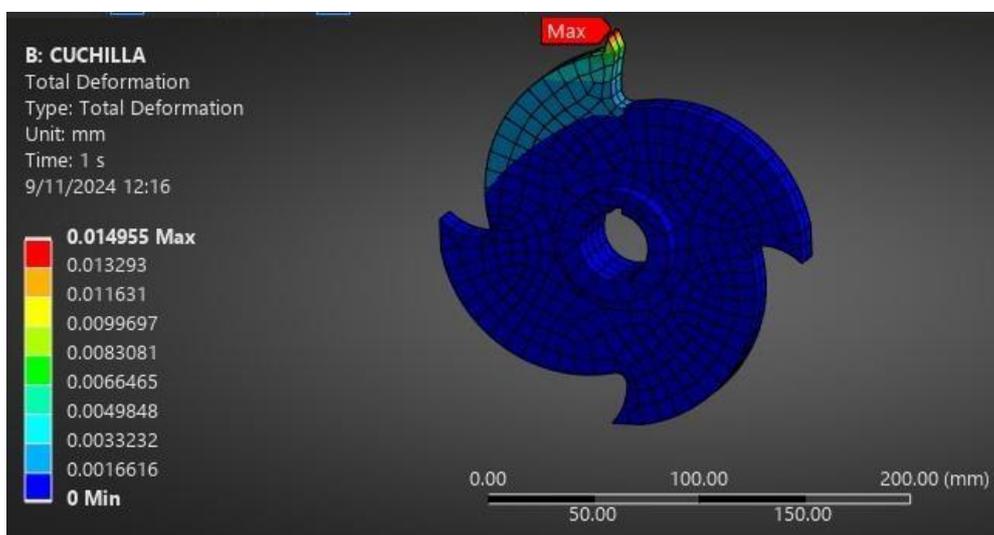


Figura 48. Deformación máxima cuchillas.  
 Fuente: Elaboración propia.

### Factor de seguridad

En la Fig. 49, se da a conocer el valor de seguridad = 3,6, encontrándose entre los parámetros donde las cuchillas no tengan inconvenientes o sufra alguna fractura.

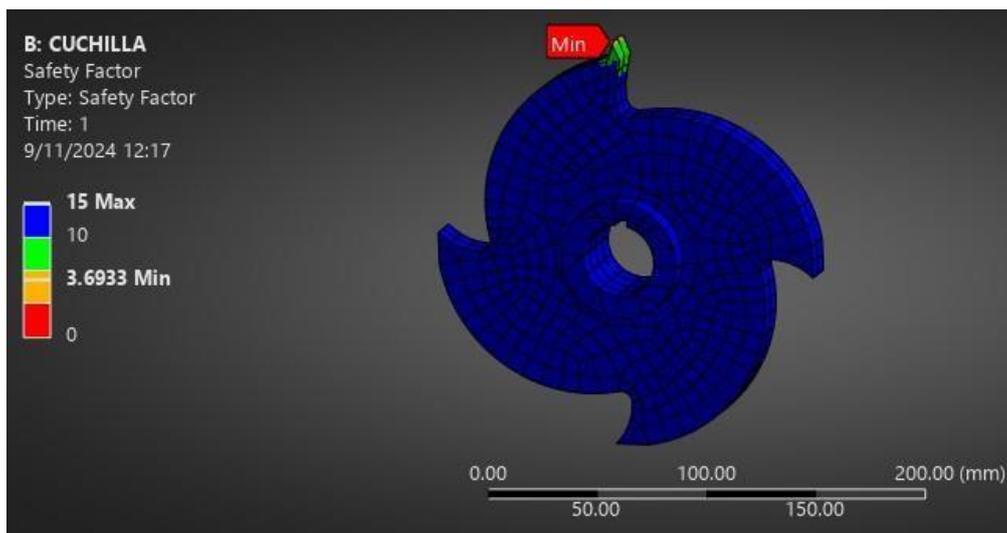


Figura 49. Factor de seguridad cuchillas.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2 Modelamiento de eje de trituradora

##### Deformación

Para el eje de 28 mm, se obtuvo la siguiente deformación máxima con un valor de 0.06 mm en el centro del eje, apreciándose que dicha deformación es mínima para realizar el trabajo. Como se muestra en la figura 50 entre más se aleja del centro menor es la deformación.

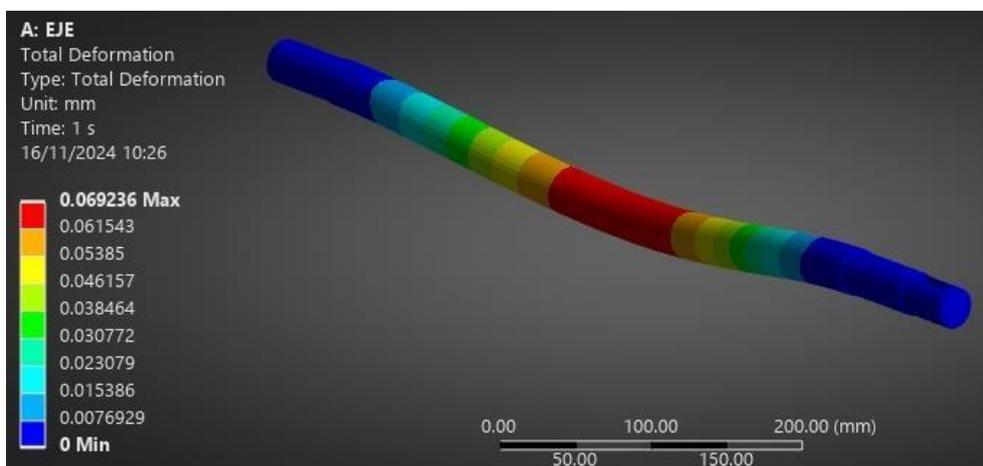


Figura 50. Deformación máxima del eje de trituradora.  
Fuente: Elaboración propia.

##### Esfuerzo máximo

Se obtuvo lo siguiente el esfuerzo máximo con un valor de 116.85MPa mm y se encuentra al medio del eje, observando que es mínimo el esfuerzo para el trabajo a realizar. Como se muestra en la figura 51 entre más se aleja del centro menor es la deformación.

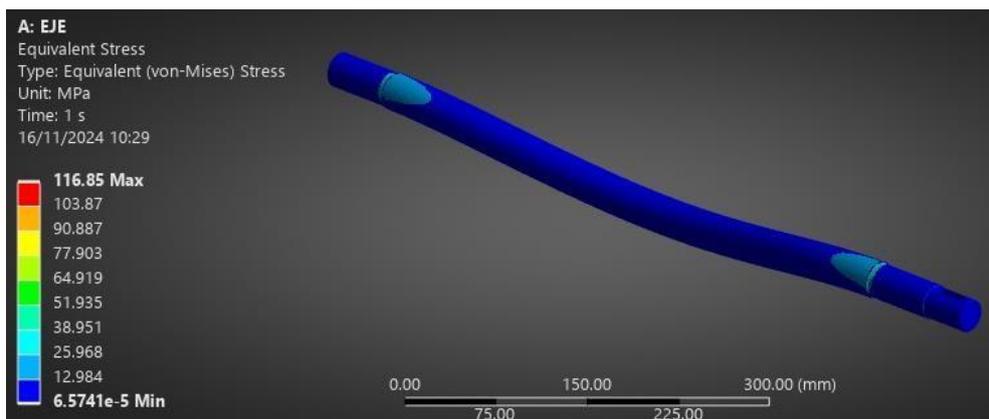


Figura 51. Esfuerzo de Von mises eje.  
 Fuente: Elaboración propia.

### Factor de seguridad

La simulación es de 4.5, se encuentra dentro de los límites permitidos para ejes de trituradora lo que asegura el cumplimiento del objetivo de manera segura y fiable. En la figura 52 se puede visualizar en la escala de colores el factor mínimo.

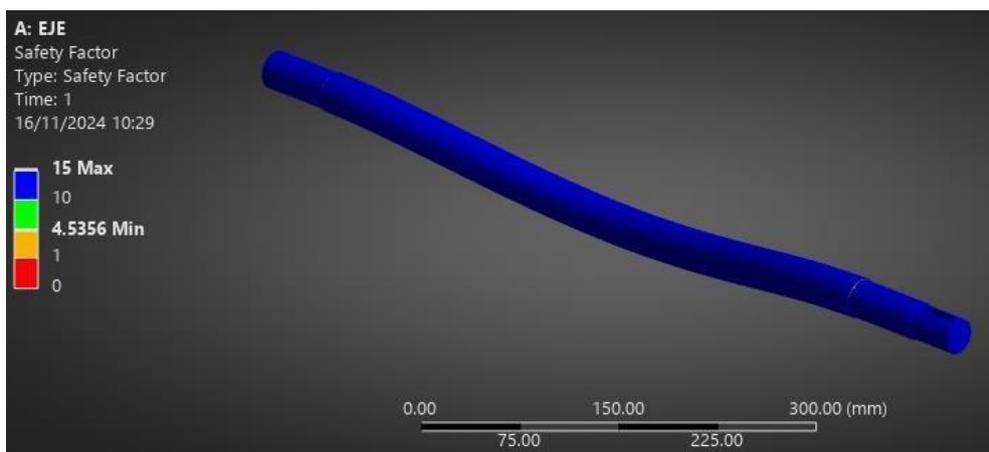


Figura 52. Factor de seguridad eje de trituradora.  
 Fuente: Elaboración propia.

### 4.1.3 Modelamiento de componentes de extrusora

La mayor concentración de temperatura se encuentra en la zona de función con 300 °C el lado inicial se encuentra con temperatura de 202.09 °C y la zona final de 105.44 °C ideal para el prensado del plástico con la cáscara de cacao.

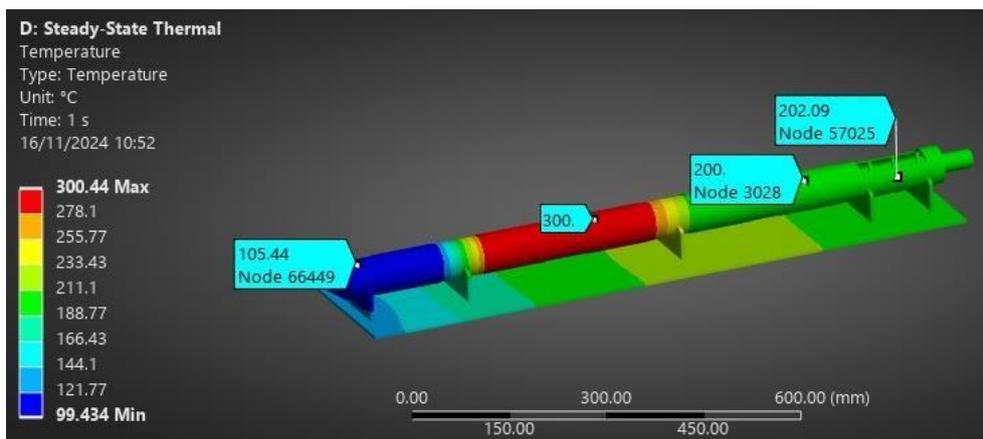


Figura 53. Simulación temperatura extrusora.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.4 Modelamiento de estructura del sistema hidráulico

##### Deformación

La mayor deformación de la estructura se ubica en el centro, donde está colocado el molde de la teja híbrida, con una deformación máxima de 0.035mm. Siendo observado en la Fig. 54.

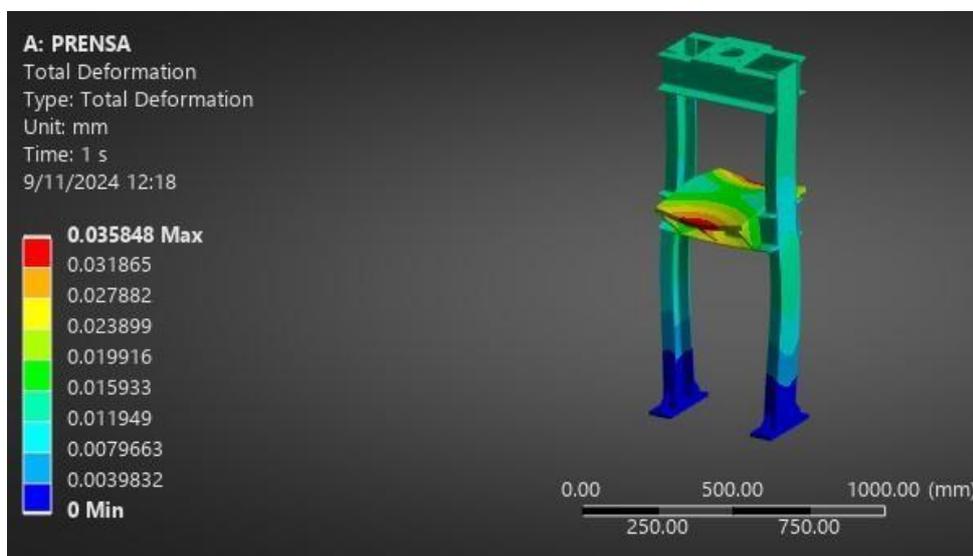


Figura 54. Deformación de la estructura.

Fuente: Elaboración propia.

##### Esfuerzo máximo

Esta se ubica en el centro, donde está colocado el molde de la teja híbrida, con una deformación máxima de 11.205MPa. Como se observa en la figura 55.

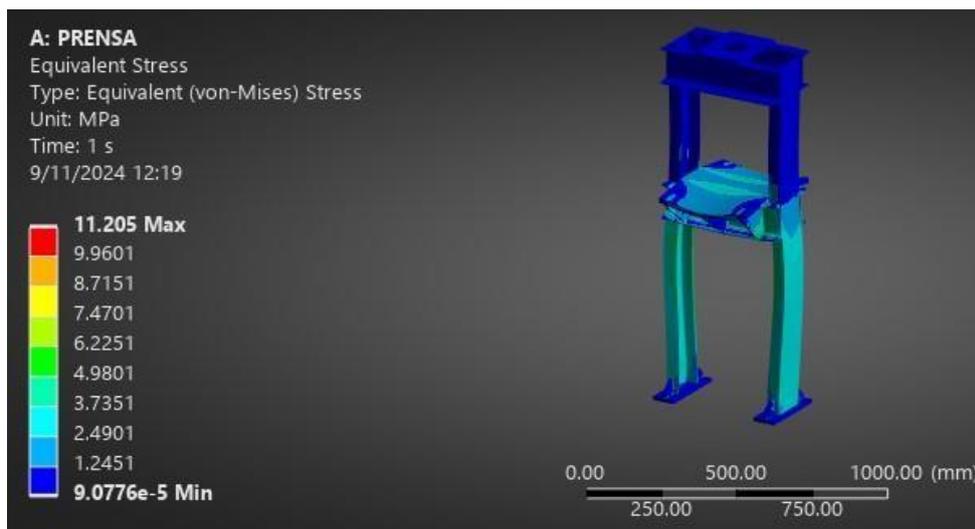


Figura 55. Esfuerzo de Von Mises estructura.  
 Fuente: Elaboración propia.

### Factor de seguridad

La estructura cuenta con un valor de 15, se encuentra dentro de los límites permitidos. En la figura 56, se puede visualizar en la escala de colores el factor mínimo.



Figura 56. Factor de seguridad de la estructura.  
 Fuente: Elaboración propia.

## 4.2 Resultados y Discusión

### 4.2.1 Discusión de Resultados: Diseño de una Máquina Recicladora PET-Cacao

El objetivo general fue diseñar la máquina recicladora de plásticos PET reforzados con cáscara de cacao para producir tejas híbridas en Satipo durante el año 2025. Donde consiste en reducir la contaminación de los plásticos PET y el reaprovechamiento de la cáscara de cacao. Obteniendo como resultados.

**Resultados:**

- Se diseñó exitosamente una máquina recicladora con tres sistemas: triturado, fundido y prensado.
- Se validó el diseño mediante modelado CAD y análisis por elementos finitos (ANSYS) para asegurar la resistencia y estabilidad de los componentes.
- Se determinó la temperatura óptima de mezclado y fundición (300°C) para lograr una mezcla uniforme del PET y la cáscara de cacao.
- Se seleccionaron los elementos mecánicos de la máquina, incluyendo la tolva, cuchillas, eje de trituración, extrusora, motorreductor, prensa hidráulica, y otros componentes, considerando la disponibilidad en el mercado local y la eficiencia del proceso.

**Discusión:**

- Objetivo 1. Diseñar el mecanismo de trituración: se diseñó un sistema de trituración con una tolva de 534 kg/h de capacidad, cuchillas de acero AISI 1020 con 4 puntas, y un eje de acero AISI 1045 de 28 mm de diámetro. Los resultados de las simulaciones en ANSYS mostraron que las cuchillas y el eje cumplen con los requisitos de resistencia y estabilidad.
- Objetivo 2. Diseñar el mecanismo de mezclado: se diseñó un sistema de mezclado con un tornillo sin fin de 50 mm de diámetro y 20 filetes, accionado por un motorreductor de 3 HP. Las simulaciones de temperatura en la extrusora demostraron que se alcanza la temperatura adecuada (300°C) para fundir el plástico PET y la cáscara de cacao de manera uniforme.
- Objetivo 3. Diseñar el mecanismo de prensado: se diseñó un sistema de prensado con una prensa hidráulica de 7,8 kN de fuerza, utilizando un pistón de 100 mm de diámetro, un vástago de 56 mm de diámetro, y una electrobomba de 1,5 kW. Las simulaciones en ANSYS demostraron que la estructura de la prensa es resistente y estable.
- Objetivo 4. Determinar la temperatura de mezcla: las simulaciones de temperatura en la extrusora demostraron que la temperatura óptima para la mezcla uniforme del PET y la cáscara de cacao es de 300°C.

- Objetivo 5. Seleccionar elementos mecánicos: se seleccionaron los elementos mecánicos de la máquina, considerando la disponibilidad en el mercado local y la eficiencia del proceso.

Por lo tanto, el trabajo de investigación logró cumplir con los objetivos establecidos, demostrando la viabilidad del diseño de una máquina recicladora de plásticos PET y cáscara de cacao para la producción de tejas híbridas. Los resultados obtenidos tienen un gran potencial para contribuir a la reducción de la contaminación plástica y reaprovechamiento de la cáscara de cacao y la promoción de la economía circular en la provincia de Satipo.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

1. Se obtuvo el diseño óptimo del sistema de triturado. La capacidad de la tolva es de 534 kg/h, se fabricó con un acero ASTM A36 que es accesible en el mercado nacional, consta con cuchillas de 4 puntas con una tensión máxima de 94.766 MPa y factor de seguridad de 3.6 con un acero 1020 que serán accionados con un motor de 2HP a una velocidad de 1800 Rpm y un eje de 29mm fabricado con acero 1045 con una deformación máxima de 0,06 mm, el esfuerzo máximo de 116,85MPa y factor de seguridad de 4,5.
2. Se determinó el diseño el sistema de fundición, cuenta con un tornillo sin fin que sirve para el arrastre del material y mezclado uniformemente. Se seleccionó un motorreductor de 3HP con velocidad de 114RPM para el accionamiento del eje, la cámara se desempeña a una temperatura de 300°C, donde el plástico PET y cáscara de cacao se fundirán uniformemente. Para la correcta temperatura se utilizará resistencias térmicas. Se sometió a un modelamiento en ANSYS para determinar las temperaturas a la que está expuesto.
3. Se determinó el diseño el sistema de prensado, se seleccionó un pistón de 100 Bar que es accionado por una electrobomba de 1.5KW. La estructura de la prensa será fabricada con un acero ASTM A36. La fuerza necesaria del prensado de las tejas híbridas es de 7,8KN. La estructura de la prensa se sometió a un modelamiento en ANSYS donde sufre una deformación máxima de 11.205MPa y un factor de seguridad de 15.
4. Se alcanzó la temperatura adecuada para fundición y el mezclado uniforme de las tejas híbridas que es de 300°C. Lo cual el plástico PET se funde a 260°C y su rango de moldeo es de 100°C.
5. Para la selección de materiales se hizo un estudio del mercado nacional. Para la estructura y tolva son fabricados con acero ASTM A36, con distinción de las cuchillas que serán fabricadas con un acero 1020 y los ejes con un acero 1045. Estos aceros son adecuados para el diseño

## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar el Spray Weicon Silicone para evitar que se adhiera el material al momento de ser prensado.
- Se recomienda revisar trimestralmente los tres sistemas, para su mantenimiento y prolongue su vida útil de la máquina.
- Se recomienda implementar aire a presión o agua para tener la temperatura óptima para prensar el plástico PET y cáscara de cacao.
- Se pueden realizar estudios adicionales para optimizar el proceso de mezclado y prensado de los materiales, buscando mejorar la calidad y resistencia de las tejas híbridas.
- Se podrían realizar ajustes en el diseño y la selección de componentes para una producción a mayor escala.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. *Single-use plastics, a roadmap for sustainability*. . 2018. ISBN 9789280737059.
2. PUDACK, C., STEPANSKI, M. and FÄSSLER, P. PET Recycling – Contributions of Crystallization to Sustainability. *Chemie-Ingenieur-Technik*. 1 April 2020. Vol. 92, no. 4, p. 452–458. DOI 10.1002/cite.201900085.
3. BENYATHIAR, Patnarin, KUMAR, Pankaj, CARPENTER, Gregory, BRACE, John and MISHRA, Dharmendra K. Polyethylene Terephthalate (PET) Bottle-to-Bottle Recycling for the Beverage Industry: A Review. *Polymers*. 1 June 2022. Vol. 14, no. 12. DOI 10.3390/polym14122366.
4. REPORTE ESTADÍSTICO DEPARTAMENTAL. Online. June 2021. [Accessed 18 March 2025]. Available from: [www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe)
5. FORO ECONÓMICO MUNDIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA TROPICAL FOREST ALLIANCE (TFA). *Cacao, Bosques y Diversidad: Reporte del Cacao peruano 2023* Online. Lima, 2023. [Accessed 4 September 2023]. Available from: <https://produccionsostenible.org.pe/actualidad/cacao-bosques-y-diversidad-reporte-del-cacao-peruano-2023/>
6. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO (MIDAGRI). Requerimiento Agroclimáticos de cultivo de cacao. Online. August 2019. [Accessed 1 September 2023]. Available from: <https://www.midagri.gob.pe/portal/informacion-agroclimatica/fichas-tecnicas-2019?download=15897:ficha-tecnica-cultivo-de-cacao>
7. ALEJANDRO, Jeison and PINZ, Molano. *Uso de la Cáscara de Cacao Como fuente Primaria Para la Obtención de Materiales Aplicado a la Ingeniería Mediante el Estudio de ls Propiedades Mecánicas*. . Universidad Nacional de Colombia, 2021.
8. WAHYUDI, Deni, ABIZAR, Haris and SUPRIYATNA, Deddy. Double screw feeder extrusion machine design for plastic waste recycling. *AIP Conference Proceedings*. 2023. Vol. 2671, no. March. DOI 10.1063/5.0115867.
9. DÍAZ, Andrés. *Aprovechamiento de la cáscara de mazorca de cacao para la elaboración de tableros aglomerados*. . Universidad de Pamplona, 2021.

10. BASTIDAS, FABIAN, et al. Diseño de una máquina extrusora para la obtención de agregados utilizando neumáticos y botellas recicladas siguiendo la norma ASTM E11. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional, ISSN-e 2550-682X, Vol. 7, N°. 7 (JULIO 2022), 2022, págs. 803-813*. Online. 2022. Vol. 7, no. 7, p. 803–813. [Accessed 20 September 2023]. DOI 10.23857/pc.v7i7.
11. Design and construction of a prototype of a PET plastic bottle recycling machine | ConcienciaDigital. Online. [Accessed 18 November 2024]. Available from: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/view/1585>
12. MUTHIAH, Essakkiappan, RATHANASAMY, Rajasekar, RAVICHANDRAN, Dharmaprakash, PALANICHAMY, Dhayananth and SIVARAJ, Santhosh. Experimental analysis on shredder for recycling thermoplastics using injection moulder. *Materials Today: Proceedings*. Online. 2022. Vol. 66, p. 797–803. DOI 10.1016/j.matpr.2022.04.353.
13. CORTIZO ALONSO, Candela. Obtención de biopolímeros (PHB) a partir de cascarilla de cacao mediante un proceso de fermentación empleando *Bacillus firmus*. Online. 2022. [Accessed 19 March 2025]. Available from: <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/69323>
14. SARA VIA, Lizinka. *Obtención de plástico biodegradables a partir de residuos de la mazorca de cacao (Theobroma cacao L.)*. . 2022.
15. LUQUE EDER. “*Diseño de un prototipo de máquina trituradora de botellas PET*.” . Universidad Tecnológica del Perú, 2019.
16. MONROY, German. *Prototipo de máquina trituradora para envases plásticos pos consumo para la fabricación de hojuelas*. . 2021.
17. CUSHICONDOR, LUIS, MONTANA, Víctor. *Diseño y construcción de un prototipo de una máquina trituradora para botellas plásticas PET reciclables con capacidad de 5 Kg/h*. Online. 2021. Available from: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20200/1/UPS - TTS351.pdf>
18. SNI and INSTITUTO DE ESTUDIOS ECONOMICOS Y SOCIALES. *Reporte Sectorial N° 04-2019: Fabricación de productos de plástico* Online. 2019. Available from: [https://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2019/07/Reporte-Sectorial-Plásticos\\_2019.pdf](https://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2019/07/Reporte-Sectorial-Plásticos_2019.pdf)
19. El reciclaje de plástico PET, esencial para proteger el medio ambiente - Reciclamos. Online. [Accessed 24 September 2024]. Available from: <https://reciclamos.eu/blog/reciclaje-plastico-pet/>

20. DILIXIATI, Dilinazi, SUZUKI, Shinya, YOSHIDA, Hyuji, LEEABAI, Nattapon, JIANG, Qiuhui and TAKAHASHI, Fumitake. An efficient recycling of PET bottles: “Participants screening” through the slightest unwillingness toward cap removal. *Resources, Conservation and Recycling*. Online. 2024. Vol. 211, no. July, p. 107847. DOI 10.1016/j.resconrec.2024.107847.
21. AMBIENTE, Fundación and NATURALES, Recursos. Pulso Ambiental. Online. 2023. Available from: [www.farn.org.ar](http://www.farn.org.ar)
22. PTFE Virgen Marca Teflon. Online. [Accessed 24 September 2024]. Available from: <https://www.jq.com.ar/info-pet.html#contenido-tecnico>
23. *Región Junín - Satipo (producción de cacao)*. 2016.
24. VERA EDUARDO, Lema, ESCOBAR NAJARY, Manzo and MENÉNDEZ MERCEDES, Moreira. Bioplásticos a partir de residuos del cacao, una alternativa para mitigar la contaminación por plástico. *Riinn*. Online. 2020. Vol. 1, no. 2. Available from: <https://orcid.org/0000-0002-6035-4922>
25. CÉSAR ARMANDO ROMERO. *Estudio del Cacao en el Perú y el Mundo*. Online. 2016. Available from: <https://bibliotecavirtual.minagri.gob.pe/index.php/analisis-economicos/estudios/2016/21-estudio-del-cacao-en-el-peru-y-en-el-mundo/file>
26. RAMIRO SUICE. Diseño de tolvas. In: *Junio*. Online. 2016. Available from: <https://www.slideshare.net/RamiroSIUCEBONIFACIO1/diseo-de-tolvas-63586969>
27. Aspectos analíticos y tecnológicos del proceso de punzonado de chapa (1ª parte) - Medición y control. Online. [Accessed 25 September 2024]. Available from: [https://www.interempresas.net/Medicion/Articulos/1825-Aspectos-analiticos-y-tecnologicos-del-proceso-de-punzonado-de-chapa-\(1-parte\).html](https://www.interempresas.net/Medicion/Articulos/1825-Aspectos-analiticos-y-tecnologicos-del-proceso-de-punzonado-de-chapa-(1-parte).html)
28. 4.2.- Sistemas de polea y correa. Online. [Accessed 18 November 2024]. Available from: [https://recursos.edu.xunta.gal/sites/default/files/recurso/1464947673/42\\_sistemas\\_de\\_polea\\_y\\_correa.htm](https://recursos.edu.xunta.gal/sites/default/files/recurso/1464947673/42_sistemas_de_polea_y_correa.htm)
29. RICHARD G. BUDYNAS, J Keith Nisbett. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. . Novena. Mexico D.F., 2008. ISBN 978-607-15-0771-6.
30. Procesos de Extrusión. Online. [Accessed 26 September 2024]. Available from:

<https://todoenpolimeros.com/procesos-de-extrusion/>

31. Extrusión. .
32. SAVGORODNY, V. K. *Transformación de Plásticos*. 1978. ISBN 84-252-0746-0.
33. Motorreductor | SEW-EURODRIVE. Online. [Accessed 7 November 2024]. Available from: <https://www.sew-eurodrive.es/productos/motorreductores/getriebemotoren.html>
34. Resistencias tipo abrazadera: funciones y características. Online. [Accessed 7 November 2024]. Available from: <https://www.maxpolheaters.com/blog-es/Resistencias-tipo-abrazadera-funciones-y-caracteristicas-23.html>
35. EXTRUSIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS | Tecnología de los Plásticos. Online. [Accessed 18 November 2024]. Available from: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>
36. Punto de fusión del plástico: temperaturas de fusión de diferentes materiales - BOYI. Online. [Accessed 18 November 2024]. Available from: <https://es.boyiprototyping.com/materials-guide/plastic-melting-point/>
37. SOLÉ, Antonio Creus. *Neumatica e Hidráulica*. Online. 2012. ISBN 8426718612. Available from: [https://books.google.es/books?id=V\\_RjOrxMEw4C](https://books.google.es/books?id=V_RjOrxMEw4C)
38. Prensas hidráulicas de cuello de cisne para estampación. Online. [Accessed 27 September 2024]. Available from: <https://www.sicmi.com/es/prensa-hidr%C3%A1ulica-de-cuello-de-cisne/>
39. MG2 Prensa mecánica de montantes estructura integral de dos bielas - Comprar Prensa de manivela con marco en C (espacio), Prensa mecánica de dos puntos tipo pórtico, prensa de dos puntos Producto en YangLi Group Corporation Ltd. Online. [Accessed 27 September 2024]. Available from: <https://www.yangli.mx/MG2-Prensa-mec%C3%A1nica-de-montantes-estructura-integral-de-dos-bielas-pd779255688.html>
40. Prensa hidráulica de cuatro columnas, Fabricante de prensa hidráulica. Online. [Accessed 27 September 2024]. Available from: <http://yaoumachinery.es/12-column-press-1.html>
41. CYLINDERS, Hydraulic. HMDR ISO 3320. Online. Available from: <https://www.hydba.com/>

42. CAMPOVERDE, PABLO and MEJÍA, Lizbeth. *Diseño de una prensa hidráulica semiautomática de 25 toneladas para el control de presión en el proceso de prensado de baldosas*. Online. 2023. Available from: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25936>
43. HERNÁNDEZ, R. et al. *Metodología de la investigación*. . 6.º ed. México D.F. : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A., 2014. ISBN 9780415475976.
44. BLANCO, María. *Metodología de diseño de máquinas apropiadas para contextos de comunidades en desarrollo*. . 2018.
45. KUMAR, Sagar, SOORAJ, R. and VINOD KUMAR, M. V. Design and Fabrication of Extrusion Machine for Recycling Plastics. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021. Vol. 1065, no. 1. DOI 10.1088/1757-899X/1065/1/012014.
46. ALVARADO-DIAZ, Witman, CHICOMA-MORENO, Jason, MENESES-CLAUDIO, Brian and NUÑEZ-TAPIA, Luis. Design of a Plastic Shredding Machine to Obtain Small Plastic Waste. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2021. Vol. 12, no. 6, p. 478–483. DOI 10.14569/IJACSA.2021.0120654.
47. OJO, O. T. and SHITTU, R. A. Design and finite element method based structural analysis of a pet bottles-to-plastic flakes recycling plant. *International Journal of Industrial Engineering and Management*. 2023. Vol. 14, no. 1, p. 25–40. DOI 10.24867/IJIEM-2023-1-322.
48. JUAN, Ramirez Zapata. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO RECOLECTOR DE RESIDUOS. *Tecnología en mantenimiento electromecánico industrial*. 2020.
49. SKF. *F4B 30M-TF*. Online. Available from: [https://www.skf.com/pe/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/flanged-ball-bearing-units/productid-F4B 30M-TF](https://www.skf.com/pe/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/flanged-ball-bearing-units/productid-F4B%20M-TF)
50. ZAMBRANO, Jair. *Implementación de una prensa hidráulica manual para fabricacion de platos biodegradables*. . 2022.
51. FORCE, Hi. *Hi-Force*. Online. Available from: <https://www.hi-force.com/es/home>

## ANEXOS

## Anexo 1. Ficha técnica acero ASTM A36.



**ACERO ESTRUCTURAL**  
ACERO ASTM A36

**1. Descripción:** Acero al carbono estructural conocido como hierro negro, de calidad estructural para el uso en puentes y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas.

**2. Normas involucradas:** ASTM A 36/A 36M - 04

**3. Propiedades mecánicas:** Esfuerzo a la fluencia mínima: 250 MPa (36300 PSI)  
Esfuerzo a la tensión: 400 – 550 MPa (58000 – 79800 PSI)  
Elongación mínima en 50 mm (2"): 23%  
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

**4. Propiedades físicas:** Densidad 7.85 g/cm<sup>3</sup> (0.284 lb/in<sup>3</sup>)

**5. Propiedades químicas:** 0.25 – 0.29 % C  
0.60 – 1.20 % Mn  
0.15 – 0.40 % Si  
0.04 % P máx  
0.05 % S máx

**6. Usos:** Para componentes estructurales en general.

**7. Tratamientos térmicos:** Usualmente a este material no se le da tratamiento térmico debido a que son parte estructural. Puede ser cementado para aumentar la dureza superficial mientras mantiene su núcleo tenaz.

**NOTA:**  
Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumpla el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente a estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

(506) 2591-7514 ☎  
(506) 2551-4169 📠  
info.clientes@sumiteccr.com 📧



[www.sumiteccr.com](http://www.sumiteccr.com)

**SUMITEC**  
SUMITEC TÉCNICOS S.A.

Fuente: <https://www.sumiteccr.com/acero/estructural/AE01.pdf>

## Anexo 2. Ficha técnica de acero AISI 1020.

**ACEROS ESPECIALES**  
Para aplicaciones Industriales

 **Cía. General de Aceros**

## Acero Grado Ingeniería

Referencia:  
**1018 - 1020**

**Norma comparable:**  
AISI / SAE: 1020  
DIN: CK20  
AFNOR: XC20  
UNI: C20  
BS: 070 M20

**Composición Química:**  
(Análisis en %)

1018  
1020

C	Mn	Si	S	P
0.15 - 0.20	0.60 - 0.90	0.15 - 0.30	Máx. 0.04	Máx. 0.05
0.18 - 0.23	0.30 - 0.60	0.15 - 0.30	Máx. 0.04	Máx. 0.05

### Características:



AISI / SAE 1018 - 1020 es un acero de bajo carbono que responde bien al trabajo en frío y al tratamiento térmico de cementación. Tiene un alto índice de soldabilidad, y por su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para elementos de maquinaria y usos convencionales de baja exigencia.

### Aplicaciones:



El acero AISI / SAE 1018 - 1020 se utiliza en ejes, cadenas, remaches, tornillos, pernos, sujetadores, engranajes, piñones, piezas de maquinaria, pasadores de baja resistencia, prensas y levas.

### Características físicas:

**Dureza de suministro:**  
120 - 220 HB



**Estado de Suministro:** Laminado en Caliente  
Laminado en Frío



Estado de Suministro	Resistencia Tracción kg/mm <sup>2</sup>	Límite Elástico kg/mm <sup>2</sup>	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza HB
Laminado en Caliente	40	31	25	45	120 / 220
Laminado en Frío	55	38	15	40	180 / 220



Tratamiento Térmico	Temperatura °C	Medio de Enfriamiento
Forja	850 / 1150	Arena Seca
Normalizado	880 / 920	Aire
Recocido	660 / 720	Horno
Cementación	900 / 930	Horno / Agua
Temple capa cementada	850 / 900	Aire
Revenido capa cementada	180 / 240	Aire

Fuente: [https://www.cga.com.co/wp-content/uploads/2020/07/Ficha-Tecnica-Acero\\_Grado-Ingenieria\\_1020.pdf](https://www.cga.com.co/wp-content/uploads/2020/07/Ficha-Tecnica-Acero_Grado-Ingenieria_1020.pdf)

## Anexo 3. Ficha técnica AISI 1045.

H



AISI : 1045      W N°: 1.1191  
DIN : CK 45

Tipo de aleación promedio : C 0,45 Si 0,3 Mn 0,7 %  
Color de identificación : Rojo - Blanco - Rojo  
Estado de suministro : Dureza natural 193 HB máx.

**ACERO FINO AL CARBONO DE ALTA CALIDAD**  
**Gran pureza de fabricación y estricto control de calidad.**

**APLICACIONES:** Partes de maquinaria y repuestos sometidos a esfuerzos normales. Árboles de transmisión, ejes, pernos, tuercas, ganchos, pines de sujeción, pasadores, cuñas, chavetas, etc. También para herramientas de mano, portamatrices, etc.

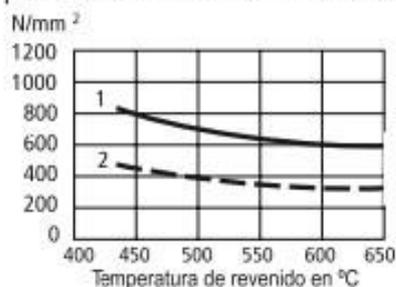
**INDICACIONES PARA EL TRATAMIENTO TÉRMICO**

**Forjar:** 1100 - 850 °C  
**Normalizar:** 840 - 870 °C  
**Recocer:** 650 - 700 °C  
Enfriamiento lento en el horno  
**Temple: al agua (\*)** 820 - 850 °C  
**Dimensiones menores: al aceite** 830 - 860 °C  
**Revenido:** Según el uso 100 - 300 °C  
**Nitrurado:** en baño de sal 580 °C

**SOLDADURA:** Con soldadura especial de alta resistencia.

Según tamaño y complejidad del trabajo, se recomienda un precalentamiento entre 200-300°C. Electrodo BÖHLER UTP 76/ UTP 6020

28



1.- Resistencia a la tracción  
2.- Límite de Fluencia

Estado	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS				
	Diámetro mm.	Límite de fluencia N/mm <sup>2</sup>	Resistencia a la tracción N/mm <sup>2</sup>	Alargamiento (Lo = 5d) mín. %	Contracción mín. %
Natural	-	370	650	15	35
Recocido	16 - 100	340	650 - 750	17	35
	100 - 250	330	580 - 700	18	-

(\*) Soldadura y Tratamiento Térmico: Consultar con Departamento Técnico.

www.voestalpine.com/highperformancemetals/peru  
www.bohlerperu.com

voestalpine  
ONE STEP AHEAD

Fuente: <https://www.bohlerperu.com/app/uploads/sites/138/2019/09/H.pdf>

#### Anexo 4. Ficha técnica de motorreductor.

Diseño del reductor:	S = reductor de tornillo sin fin	▼
Tipo motor:	Motor DR.. AC	▼
País de uso:	Brasil (ABNT 60Hz)	▼
Potencia del motor P [kW] / Par Ma [Nm]:	2,2 ± /	±
Velocidad de salida na [1/min] / Índice de reducción i:	114 ± /	±
Factor de servicio IB:	1,1	±
Clase con eficiencia internacional (IE):	IE3 - Eficiencia Premium	▼
Nº de polos:	4 polos	▼
Factor de duración:	S1-100%	▼
Adaptador entre el reductor y el motor:	Sin	▼
Velocidades de salida bajas especiales:	<input type="checkbox"/>	i



Fuente: [https://www.seweurodrive.com.pe/productos/motorreductores/motorreductores\\_estandar/motorreductores\\_de\\_tornillo\\_sin\\_fin\\_sdr/motorreductores\\_de\\_tornillo\\_sin\\_fin\\_sdr.html#panel-b090ae31-1db3-42ef-a3e6-2c20dd6dc239-2](https://www.seweurodrive.com.pe/productos/motorreductores/motorreductores_estandar/motorreductores_de_tornillo_sin_fin_sdr/motorreductores_de_tornillo_sin_fin_sdr.html#panel-b090ae31-1db3-42ef-a3e6-2c20dd6dc239-2)

#### Anexo 5. HEP2-Electrobomba Hi-Force.

### HEP2 - ELECTROBOMBAS - SERVICIO NORMAL, CAUDAL MEDIO

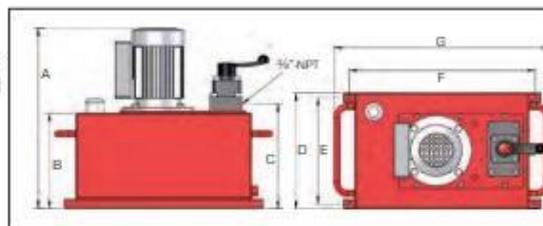


Velocidad de caudal a baja presión 7 l/min. hasta 70 bar

Velocidad de caudal a alta presión 0,65 l/min. hasta 700 bar

Bomba hidráulica de dos etapas

- >> Válvula de alivio ajustable externamente
- >> Válvula manual de serie con sostenimiento de carga (excepto en las válvulas de 2 vías)
- >> Opciones disponibles de válvula solenoide



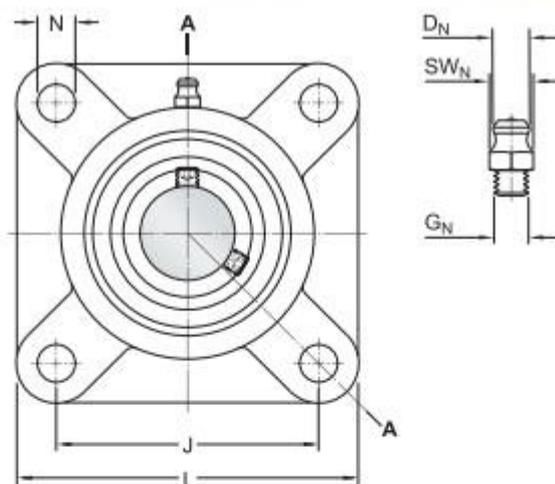
Modelo número	Tipo válvula	Vol. aceite litros	Motor kW	Tensión motor	Peso kg	Dimensiones en mm						
						A	B	C	D	E	F	G
HEP207111	Placa P-T	10	1,5	110/115 V - Monofásico	47,0	498	198	230	246	221	368	438
HEP207112	Placa P-T	10	1,5	220/240 V - Monofásico	47,0	498	198	230	246	221	368	438
HEP207114	Placa P-T	10	1,5	380/440 V - Trifásico	47,0	498	198	230	246	221	368	438
HEP207121	Placa P-T	25	1,5	110/115 V - Monofásico	63,0	527	227	259	306	281	490	570
HEP207122	Placa P-T	25	1,5	220/240 V - Monofásico	63,0	527	227	259	306	281	490	570
HEP207124	Placa P-T	25	1,5	380/440 V - Trifásico	63,0	527	227	259	306	281	490	570
HEP207211	2-vías	10	1,5	110/115 V - Monofásico	47,5	498	198	230	246	221	368	438
HEP207212	2-vías	10	1,5	220/240 V - Monofásico	47,5	498	198	230	246	221	368	438
HEP207214	2-vías	10	1,5	380/440 V - Trifásico	47,5	498	198	230	246	221	368	438
HEP207221	2-vías	25	1,5	110/115 V - Monofásico	63,5	527	227	259	306	281	490	570
HEP207222	2-vías	25	1,5	220/40 V - Monofásico	63,5	527	227	259	306	281	490	570

Fuente: <https://www.hi-force.com/es/product-details/23/hep2-range>

Anexo 6. Ficha técnica chumacera de pared.

28/10/24, 16:58

F4B 30M-TF - Unidades de rodamientos de bolas | SKF

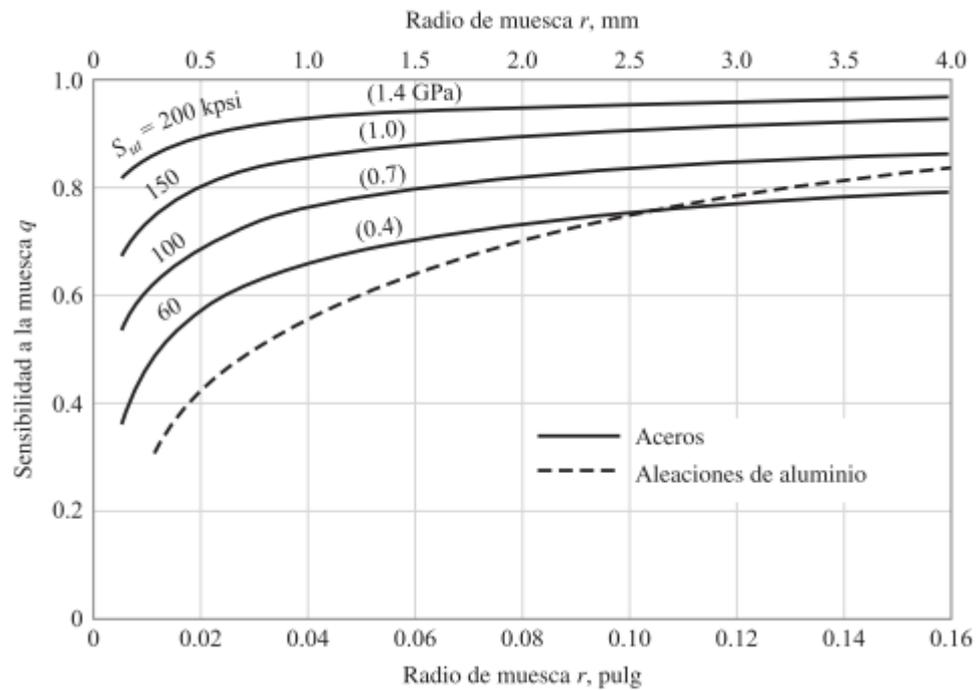


Dimensiones

d	30 mm	Diámetro del agujero
d <sub>e</sub>	≈ 39,7 mm	Diámetro exterior del aro interior
A	34,3 mm	Ancho del soporte
A <sub>1</sub>	15,9 mm	Ancho de la pestaña
A <sub>2</sub>	22,5 mm	Parte que sobresale de la tapa lateral
B	38,1 mm	Ancho del aro interior
B <sub>s</sub>	5 mm	Distancia de la cara lateral del dispositivo de fijación al centro de la rosca
D <sub>h1</sub>	79,4 mm	Diámetro superior externo
J	82,6 mm	Distancia entre los tornillos de fijación
L	108 mm	Longitud total
N	12,7 mm	Diámetro del agujero del tornillo de fijación
s <sub>1</sub>	22,2 mm	Distancia de la cara lateral del dispositivo de fijación al centro del camino de rodadura
T	43,1 mm	Ancho total

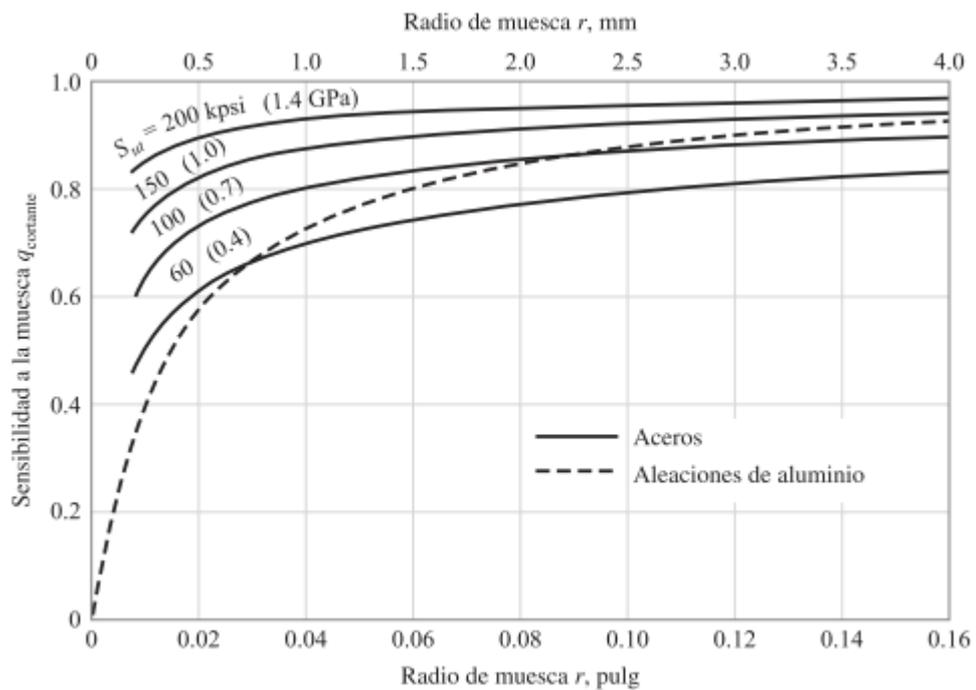
Fuente: F4B 30M-TF - Unidades de rodamientos de bolas | SKF

Tabla 25. Sensibilidad a la muesca de aceros.



Fuente: "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley" (29).

Tabla 26. Sensibilidad a la muesca de materiales sometidos a torsión inversa.



Fuente: "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley" (29).

Tabla 27. Parámetros en el factor de condición superficial.

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	$S_{utr}$ kpsi	$S_{utr}$ MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Fuente: “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley” (29).

Tabla 28. Factores de concentración de esfuerzos  $K_t$  y  $K_{ts}$ .

	Flexión	Torsión	Axial
Filete de hombro: agudo ( $r/d = 0.02$ )	2.7	2.2	3.0
Filete de hombro: bien redondeado ( $r/d = 0.1$ )	1.7	1.5	1.9
Cuñero fresado ( $r/d = 0.02$ )	2.14	3.0	—
Cuñero de patín o trapezoidal	1.7	—	—
Ranura para anillo de retención	5.0	3.0	5.0

Fuente: “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley” (29).

Tabla 29. Selección de cuñas y tornillos prisioneros.

Tabla 6-2 Cuñas estándar y tamaños de tornillos prisioneros en medidas estadounidenses y métricas para ejes			CÁLCULO DE CHAVETA PARA EJE	
Diámetro del eje (in)	Ancho nominal de la cuña (in)	Diámetro del tornillo prisionero (in)	Diámetro del eje (mm)	Ancho x alto de la cuña (mm)
$0.312 < d \leq 0.437$	0.093	#10	$8 < d \leq 10$	3 x 3
$0.437 < d \leq 0.562$	0.125	#10	$10 < d \leq 12$	4 x 4
$0.562 < d \leq 0.875$	0.187	0.250	$12 < d \leq 17$	5 x 5
$0.875 < d \leq 1.250$	0.250	0.312	$17 < d \leq 22$	6 x 6
$1.250 < d \leq 1.375$	0.312	0.375	<b><math>22 &lt; d \leq 30</math></b>	<b>8 x 7</b>
$1.375 < d \leq 1.750$	0.375	0.375	$30 < d \leq 38$	10 x 8
$1.750 < d \leq 2.250$	0.500	0.500	$38 < d \leq 44$	12 x 8
$2.250 < d \leq 2.750$	0.625	0.500	$44 < d \leq 50$	14 x 9
$2.750 < d \leq 3.250$	0.750	0.625	$50 < d \leq 58$	16 x 10
$3.250 < d \leq 3.750$	0.875	0.750	$58 < d \leq 65$	18 x 11
$3.750 < d \leq 4.500$	1.000	0.750	$65 < d \leq 75$	20 x 12
$4.500 < d \leq 5.500$	1.250	0.875	$75 < d \leq 85$	22 x 14
$5.500 < d \leq 6.500$	1.500	1.000	$85 < d \leq 95$	25 x 14

CÁLCULO DE CHAVETA PARA EJE

Según el diámetro del eje calculado es:

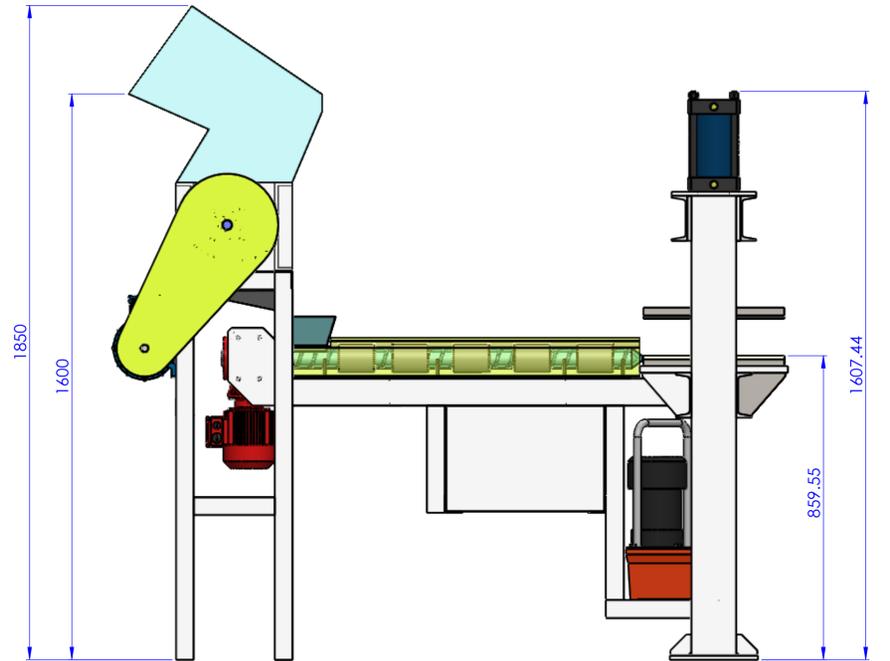
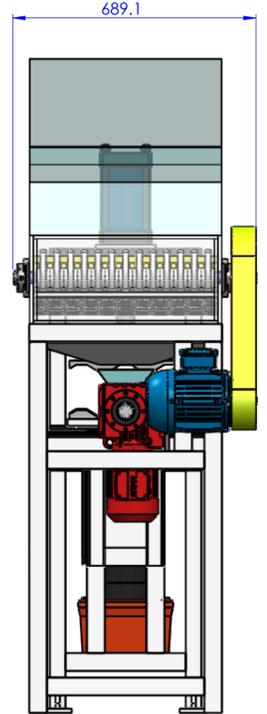
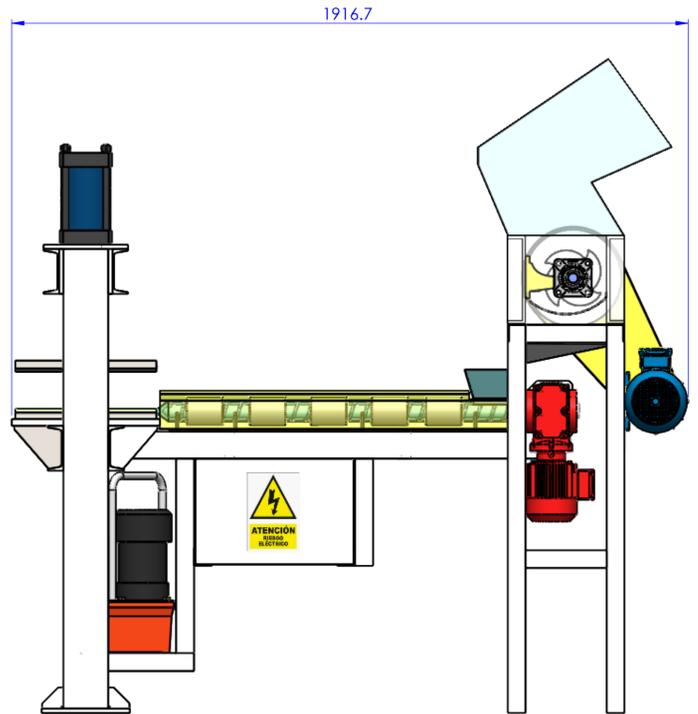
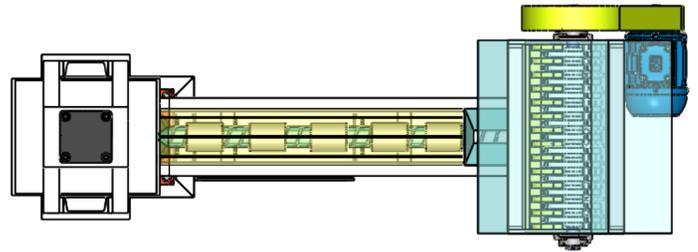
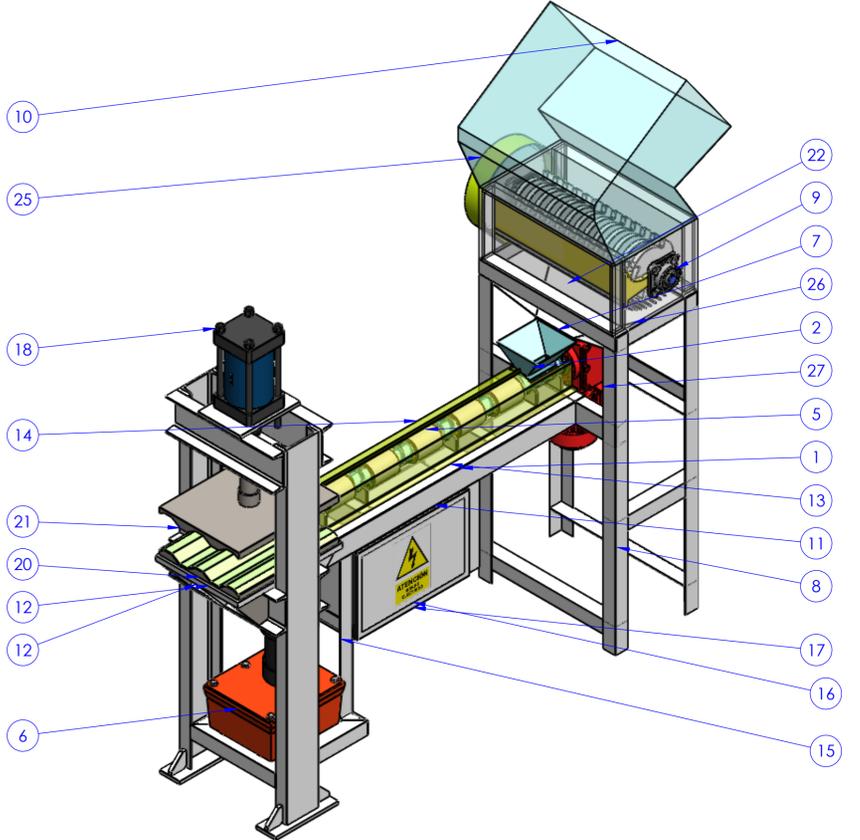
$$W = 8 \text{ mm}$$

$$h = 7 \text{ mm}$$

Selección del acero de la chaveta:

Anexo 7. Planos de ingenier

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	P-PL02		1
2	P-ESTREXT		1
3	P-PL01		5
4	E-CALENT		5
5	P-EJEXTRUS		1
6	pump_ep13s		1
7	E-TOL2		1
8	E-ESTPICAD		1
9	E-PICAPET		1
10	P-TOLV03		1
11	E-ESTRUCBASE		1
12	E-ESTRPRENS		1
13	P-GUARD01		1
14	P-GUARD01-2		1
15	E-TBLER		1
16	P-TABLERELEC		1
17	P-TAPTABLE		1
18	cylinder_mob-125x50x100-7mpa		1
19	P-TEJHIBR		1
20	P-MOLBASE01		1
21	P-MOLSUP02		1
22	143T_RIGHT		1
23	P-POLEA01		1
24	P-POLEA02		1
25	P-GUARD03		1
26	P-BAND		1
27	SEW SA57DZ71C4	Motorreductor	1



**NOTAS GENERALES:**

- DIMENSIONES EN mm.
- MATERIAL ASTM A36.
- PERNOS DE CONEXIÓN CALIDAD ASTM-A325.
- SOLDADURA (S.I.C) Y CON ELECTRODO AWS E70XX.
- LA PINTURA SERA DE ACUERDO A LAS ESP. TÉCNICAS.

REV.	REVISIONES:	FECHA:	APROBADO:	DISEÑADO:
0		19/08/2024	J. T	N/A

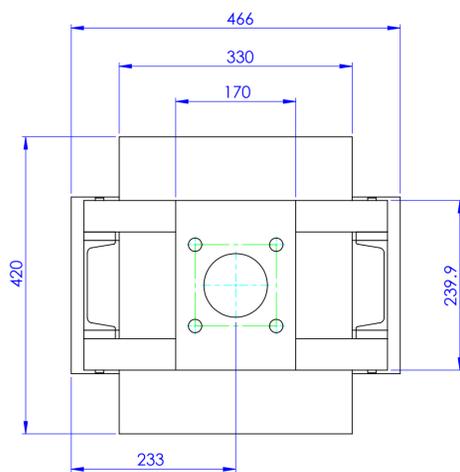
Nº DE PLANO:	REFERENCIA:



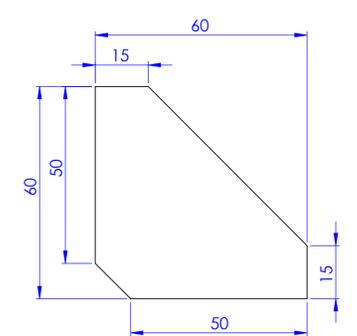
<b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>E.A.P. INGENIERÍA MECÁNICA</b>		Nº DE PLANO: EG-MAGRECPLAST	REVISIÓN: 0
PROYECTO: DISEÑO MÁQUINA RECICLADORA	DISEÑADO: J. T	19/08/2024	OT: 001
TÍTULO: MÁQUINA RECICLADORA	REVISADO: N/A	19/08/2024	ESCALA: 1:10
	APROBADO: N/A	19/08/2024	FORMATO: A1
<small>ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA ES CONFIDENCIAL. SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN, ESTÁ PROHIBIDA.</small>			HOJA 1 DE 1

ITEM	CARACTERISTICAS	DIMENSIONES (mm)	MATERIAL	CANTIDAD UND.	PESO UND. (KG)	PESO TOTAL (KG)
1	PL. 12 mm	170x239.9	ASTM A36	1	3.84	3.84
2	PL. 12 mm	45x127	ASTM A36	4	0.54	2.16
3	PL. 19 mm	330x420	ASTM A36	1	20.67	20.67
4	PL. 12 mm	122x134	ASTM A36	6	1.54	9.24
5	PL. 12 mm	80x250	ASTM A36	2	1.88	3.76
6	PL. 12 mm	60x60	ASTM A36	4	0.34	1.36
7	C5x6.7 lb/pie	430	ASTM A36	4	4.28	17.12
8	C5x6.7 lb/pie	1300	ASTM A36	2	12.96	25.92

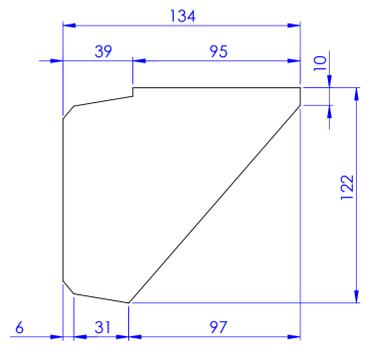
**PESO TOTAL (KG):** 84.07



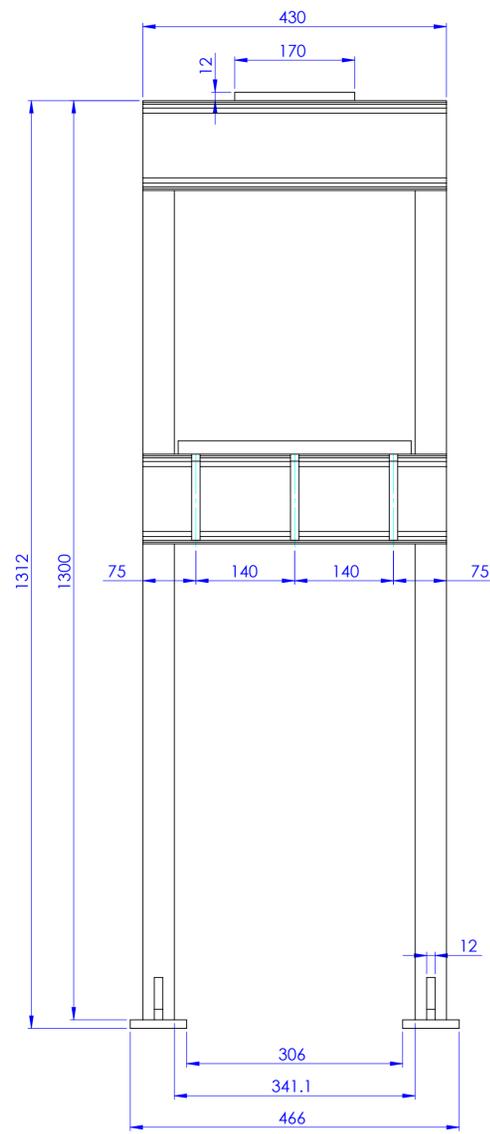
**SUPERIOR**



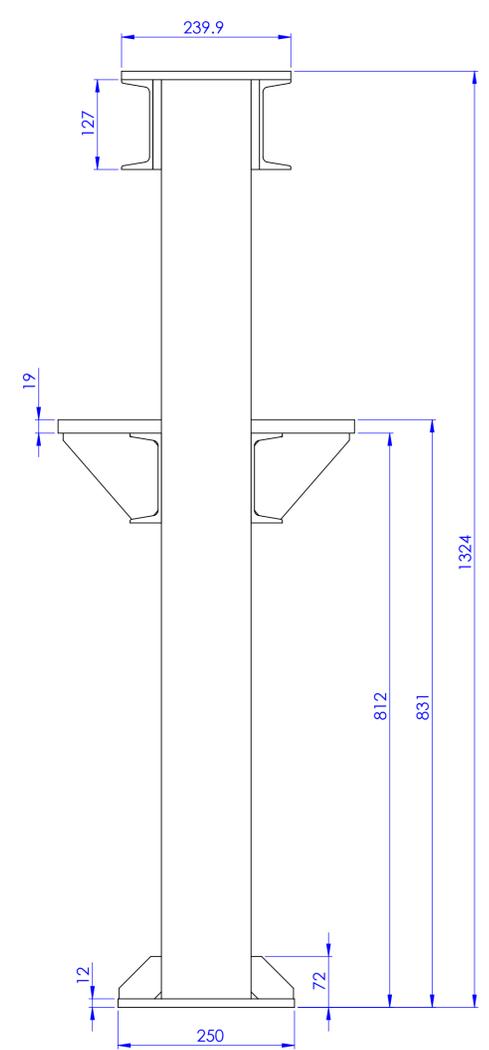
**DETALLE-ITEM 6**  
ESCALA 1:1



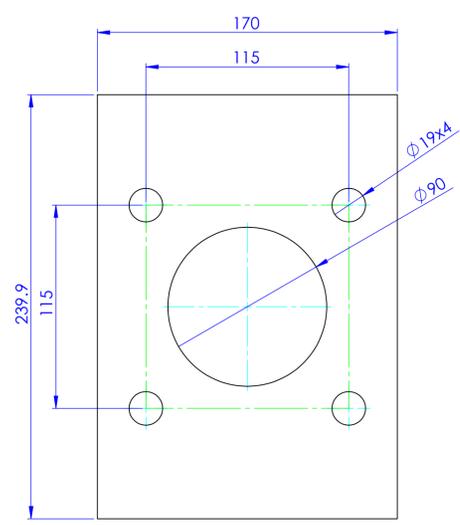
**DETALLE-ITEM 4**  
ESCALA 1:2



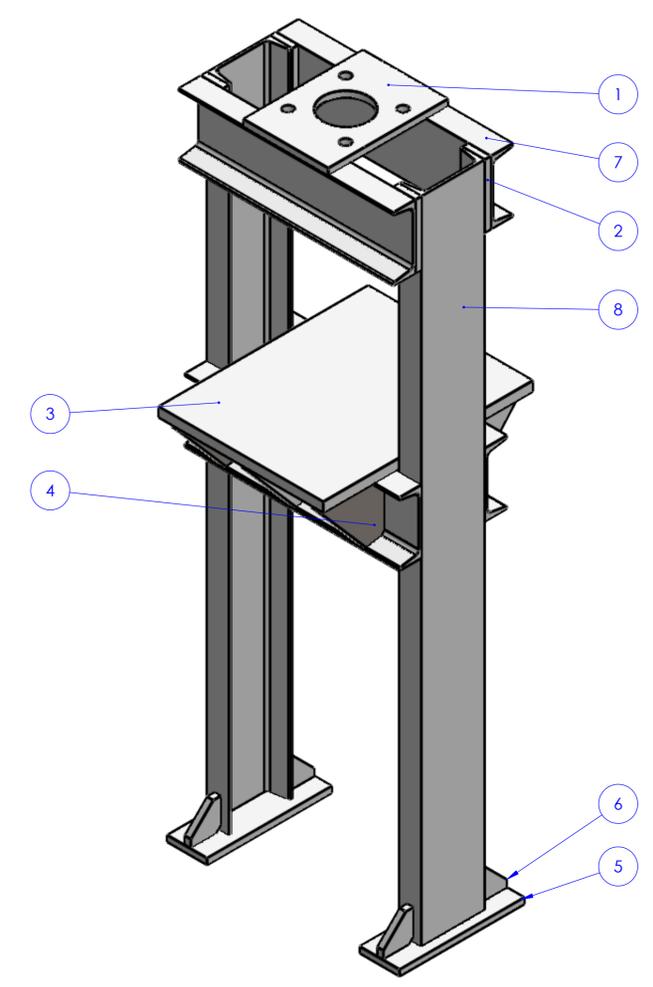
**FRONTAL**



**LATERAL**



**DETALLE-ITEM 1**  
ESCALA 1:2



**ISOMÉTRICO**

**NOTAS GENERALES:**

- DIMENSIONES EN mm.
- MATERIAL ASTM A36.
- PERNOS DE CONEXIÓN CALIDAD ASTM-A325.
- SOLDADURA (S.I.C) Y CON ELECTRODO AWS E70XX.
- LA PINTURA SERA DE ACUERDO A LAS ESP. TÉCNICAS.

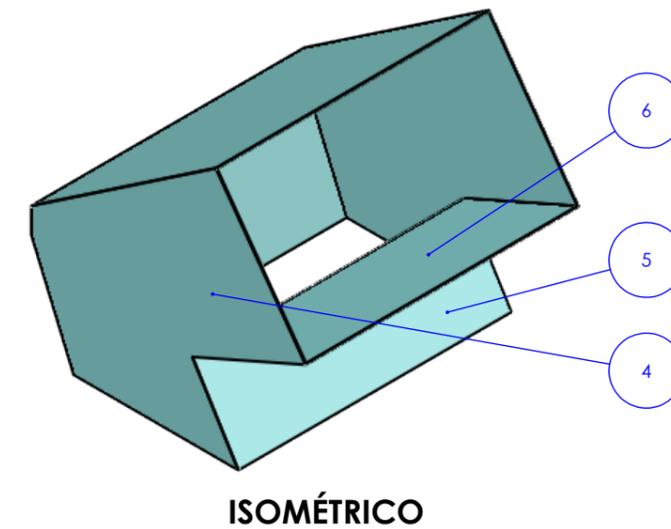
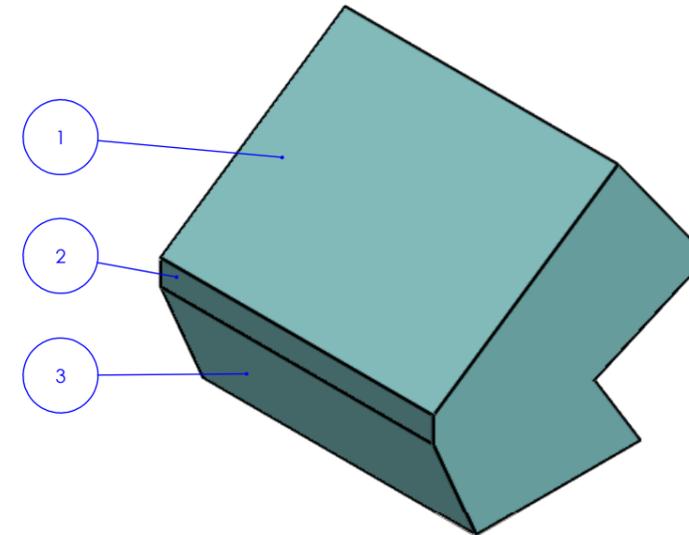
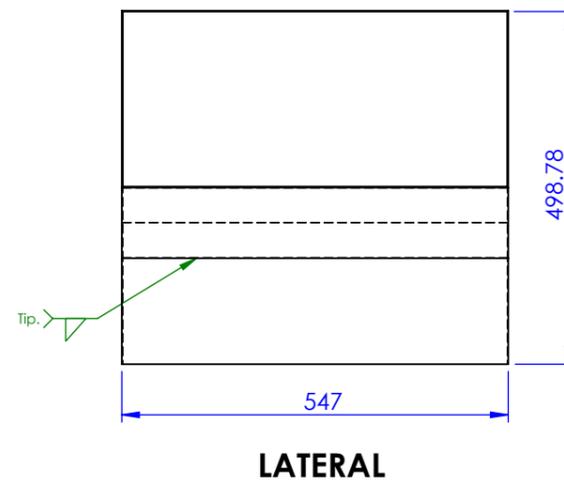
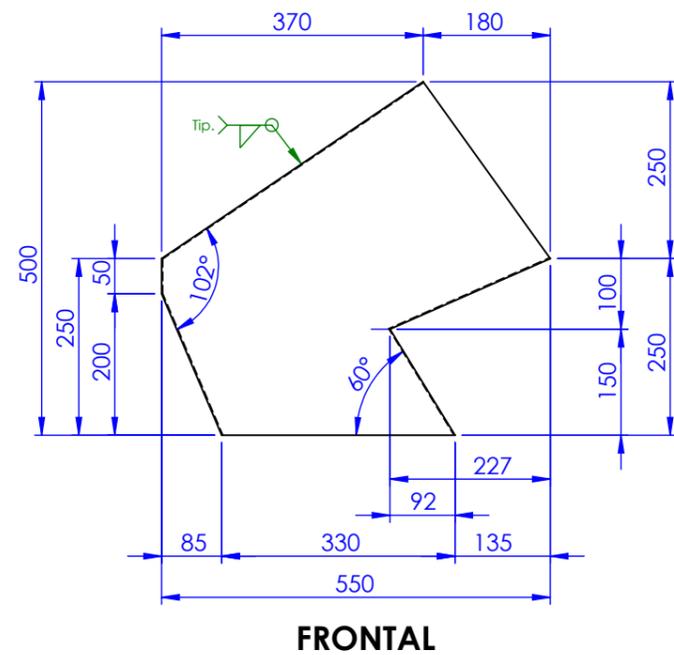
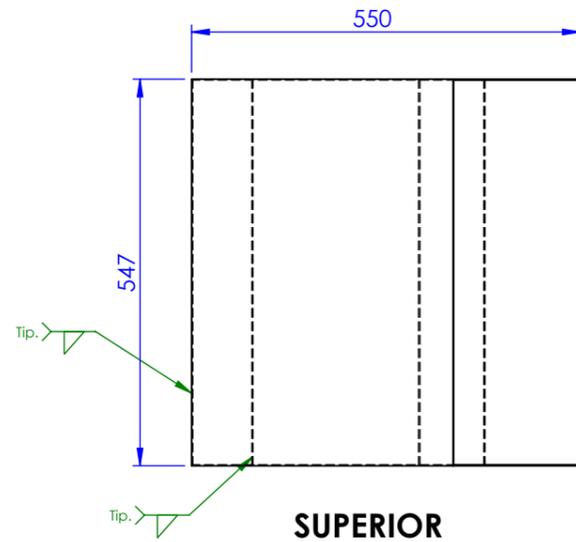
REV.	REVISIONES:	REV.	REVISIONES:	REV.	REVISIONES:
0					

REV.	REVISIONES:	REV.	REVISIONES:	REV.	REVISIONES:



<b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>E.A.P. INGENIERÍA MECÁNICA</b>		Nº DE PLANO: E-ESTRPRENS	REVISIÓN: 0
PROYECTO: DISEÑO MÁQUINA RECICLADORA	DIBUJADO: J. T	20/08/2024	OT: 001
TÍTULO: ESTRUCTURA PRESNA HIDRÁULICA	DISEÑADO: J. T	20/08/2024	ESCALA: 1:5
	REVIDADO: R.C	20/08/2024	FORMATO: A1
	APROBADO: R.C	20/08/2024	
ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA ES CONFIDENCIAL. SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN, ESTÁ PROHIBIDA.			HOJA 1 DE 1

ITEM	CARACTERISTICAS	DIMENSIONES (mm)	MATERIAL	CANTIDAD UND.	PESO UND. (KG)	PESO TOTAL (KG)
1	PL. 1.5 mm	447x547	ASTM A36	1	2.88	2.88
2	PL. 1.5 mm	50x547	ASTM A36	1	0.32	0.32
3	PL. 1.5 mm	217x547	ASTM A36	1	1.40	1.4
4	PL. 1.5 mm	500x550	ASTM A36	2	3.24	6.48
5	PL. 1.5 mm	176x547	ASTM A36	1	1.13	1.13
6	PL. 1.5 mm	248x547	ASTM A36	1	1.60	1.6



**PESO TOTAL (KG):** 13.81



**UNIVERSIDAD CONTINENTAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.A.P. INGENIERÍA MECÁNICA**

PROYECTO:  
**DISEÑO MÁQUINA RECICLADORA**

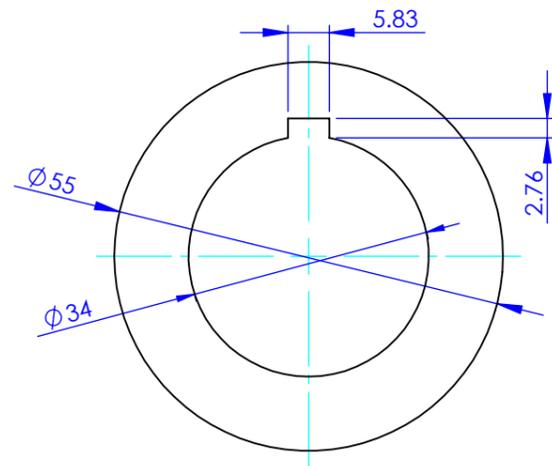
TÍTULO:  
**TOLVA ALIMENTACIÓN PET**

ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA ES CONFIDENCIAL. SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN, ESTA PROHIBIDA.

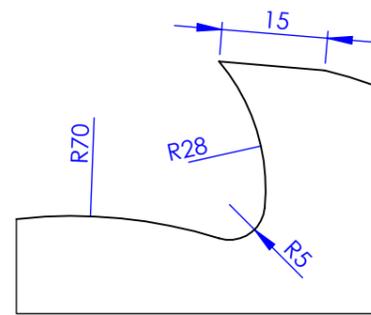
N° DE PLANO: P-TOLV03			REVISIÓN: 0
DIBUJADO:	J. T	15/08/2024	OT: 001
DISEÑADO:	J. T	15/08/2024	ESCALA: 1:10
REVIDADO:	R. C	11/11/2024	FORMATO: A3
APROBADO:	R. C	11/11/2024	



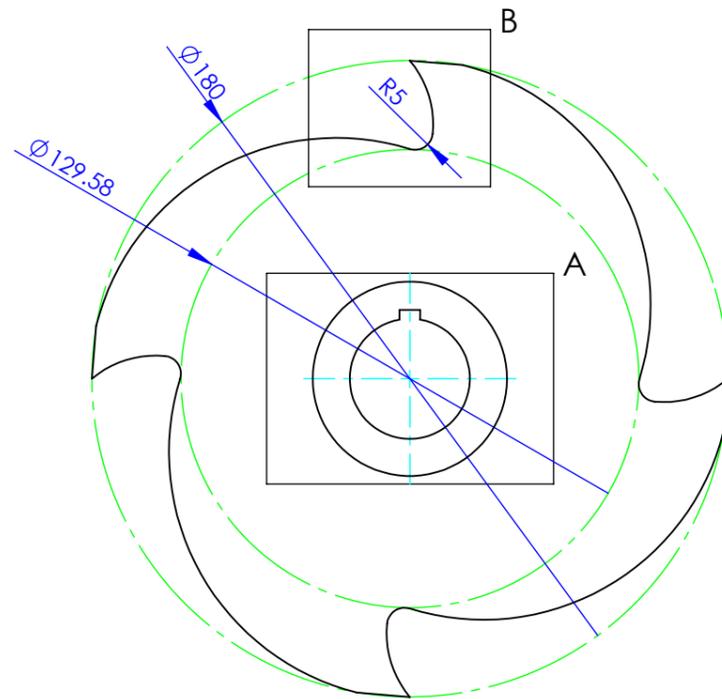
ITEM	CARACTERISTICAS	DIMENSIONES (mm)	MATERIAL	CANTIDAD UND.	PESO UND. (KG)	PESO TOTAL (KG)
1	PL. 38 mm	180x180	AISI 1020	13	2.61	33.93



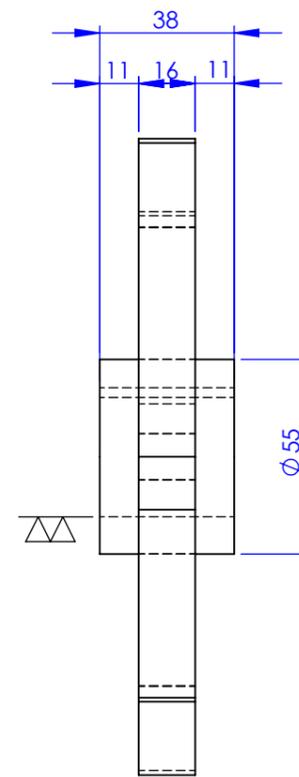
DETALLE A  
ESCALA 1 : 1



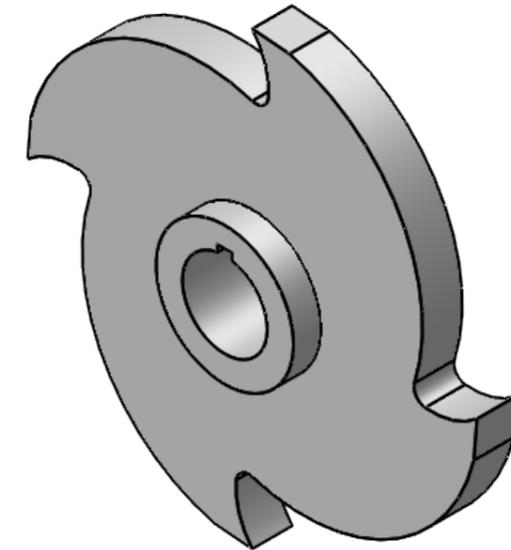
DETALLE B  
ESCALA 1 : 1



FRONTAL



LATERAL



ISOMÉTRICO

**PESO TOTAL (KG):** 33.93



**UNIVERSIDAD CONTINENTAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.A.P. INGENIERÍA MECÁNICA**

PROYECTO:  
DISEÑO MÁQUINA RECICLADORA

TÍTULO:  
CUCHILLAS

ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA ES CONFIDENCIAL. SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN, ESTA PROHIBIDA.

Nº DE PLANO:  
P-CUCH01

DIBUJADO: J. T 18/08/2024

DISEÑADO: J. T 18/08/2024

REVIDADO: R. C 11/11/2024

APROBADO: R. C 11/11/2024

REVISIÓN:  
0

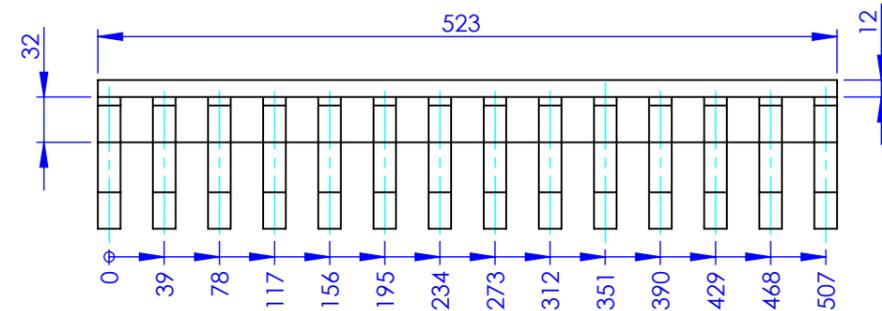
OT:  
001

ESCALA:  
1:1

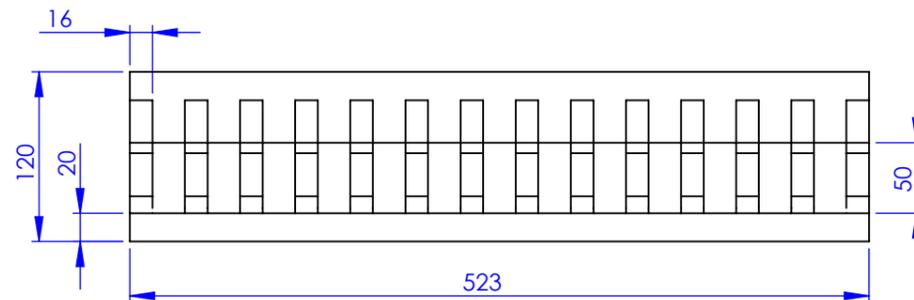
FORMATO:  
A3



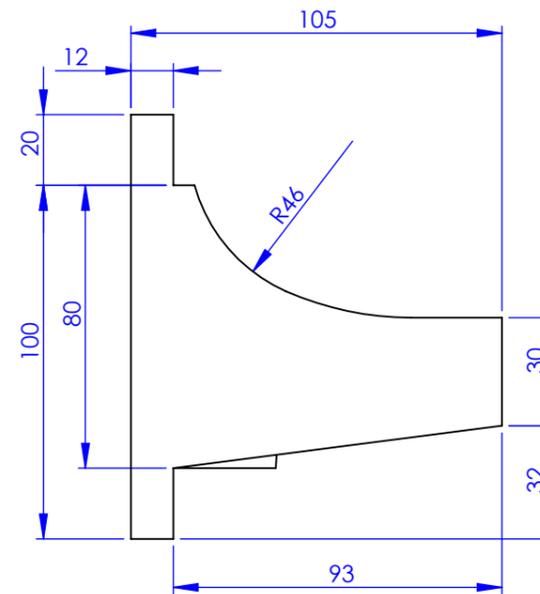
ITEM	CARACTERISTICAS	DIMENSIONES (mm)	MATERIAL	CANTIDAD UND.	PESO UND. (KG)	PESO TOTAL (KG)
1	PL. 12 mm	120x523	ASTM A36	1	5.91	5.91
2	PL. 16 mm	80x93	ASTM A36	14	0.93	13.02
3	PL. 16 mm	32x50	ASTM A36	13	0.20	2.6



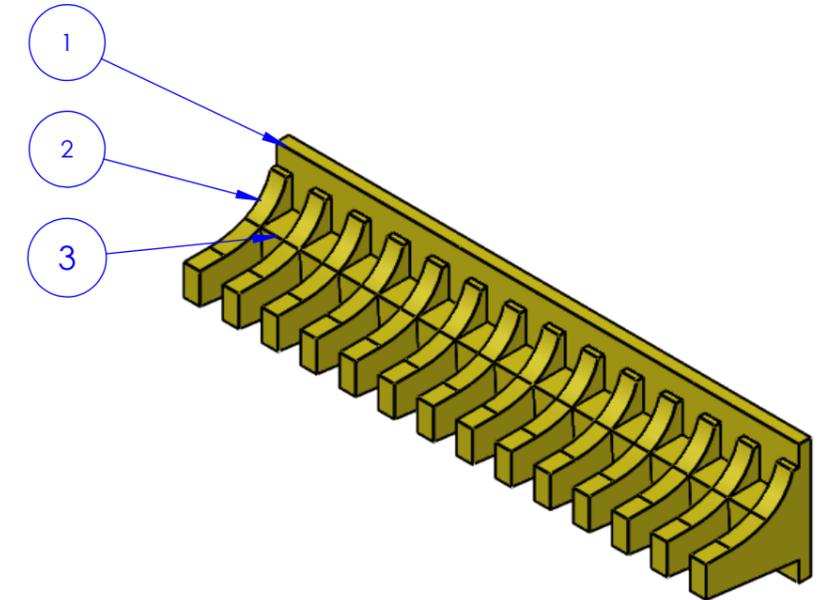
SUPERIOR



FRONTAL



LATERAL

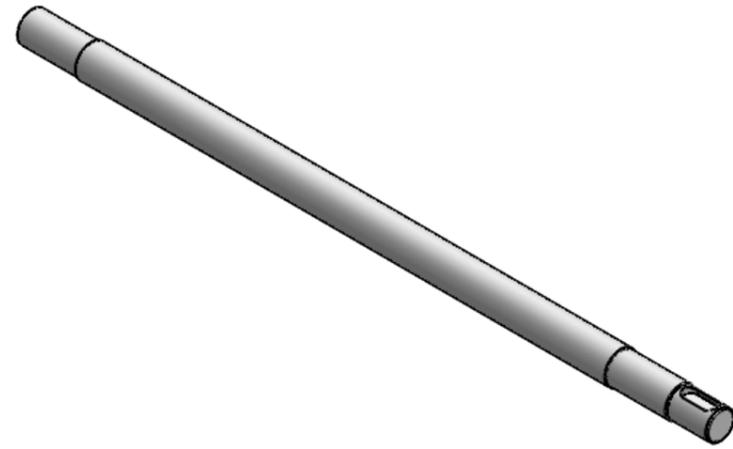


ISOMÉTRICO

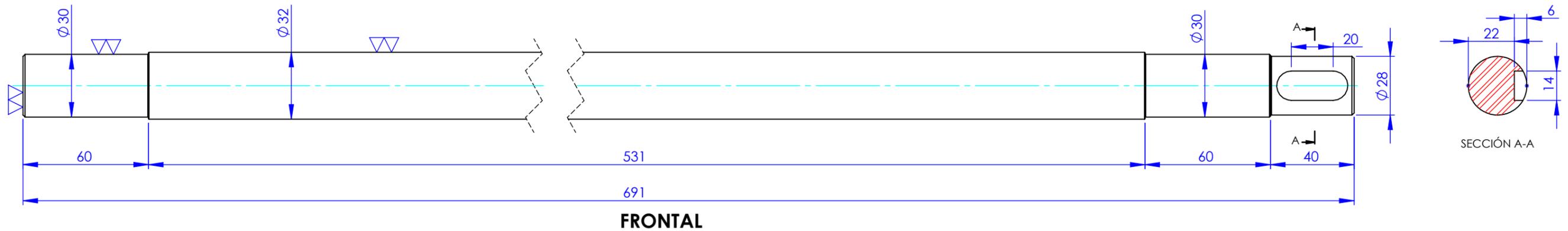
PESO TOTAL (KG): 21.53

	<b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>E.A.P. INGENIERÍA MECÁNICA</b>			Nº DE PLANO: P-CUCHLAT02		REVISIÓN: 0
	PROYECTO: DISEÑO MÁQUINA RECICLADORA			DIBUJADO: J. T. 20/08/2024	OT: 001	ESCALA: 1:2
	TÍTULO: CUCHILLAS LATERALES			DISEÑADO: J. T. 20/08/2024	REVIDADO: R. C. 11/11/2024	FORMATO: A3
	ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA ES CONFIDENCIAL. SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN, ESTA PROHIBIDA.			APROBADO: R. C. 11/11/2024	HOJA 1 DE 1	

ITEM	CARACTERISTICAS	DIMENSIONES (mm)	MATERIAL	CANTIDAD UND.	PESO UND. (KG)	PESO TOTAL (KG)
1	BARRA $\varnothing$ 50 mm	691	AISI 1045	1	10.15	10.15



ISOMÉTRICO



PESO TOTAL (KG): 10.15



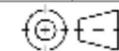
**UNIVERSIDAD CONTINENTAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.A.P. INGENIERÍA MECÁNICA**

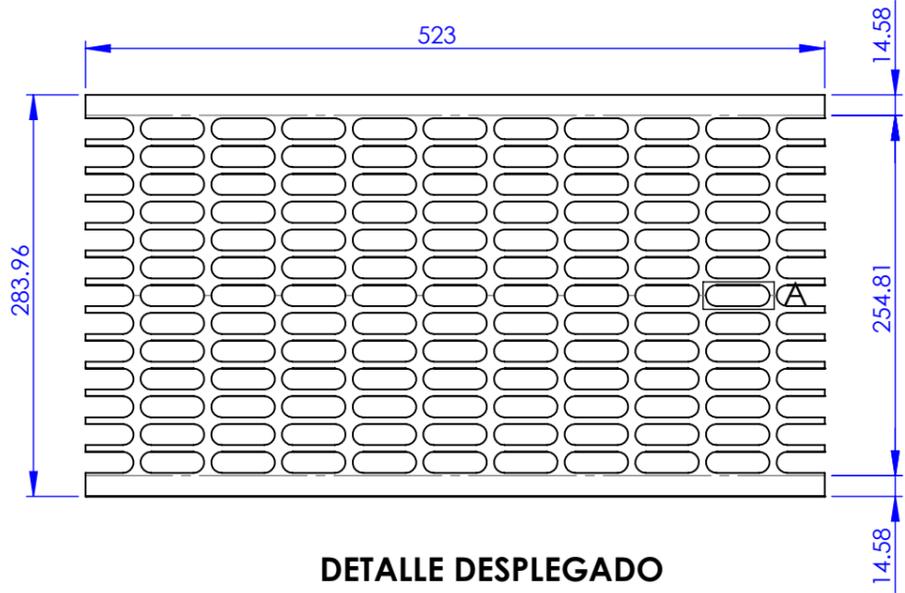
PROYECTO:  
 DISEÑO MÁQUINA RECICLADORA

TÍTULO:  
 EJE TRITURADORA

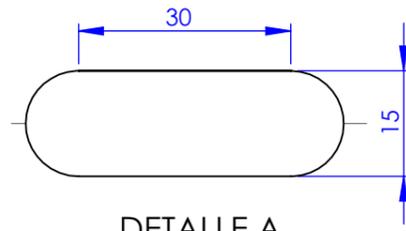
ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA ES CONFIDENCIAL.  
 SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN, ESTA PROHIBIDA.

Nº DE PLANO: P-EJE			REVISIÓN: 0
DIBUJADO:	R. T	21/08/2024	OT: 001
DISEÑADO:	R. T	21/08/2024	ESCALA: 1:1
REVIDADO:	R. C	11/11/2024	FORMATO: A3
APROBADO:	R. C	11/11/2024	



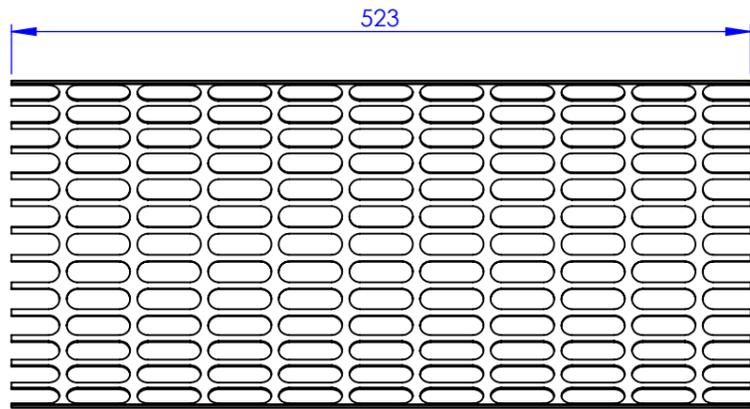


DETALLE DESPLEGADO

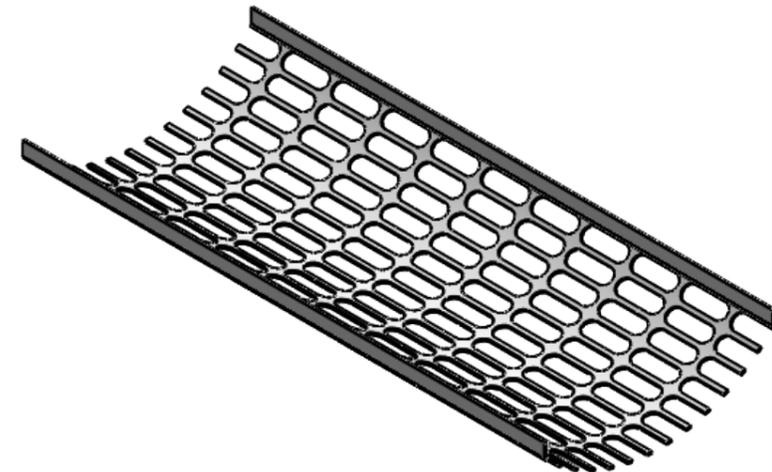


DETALLE A  
ESCALA 1 : 1

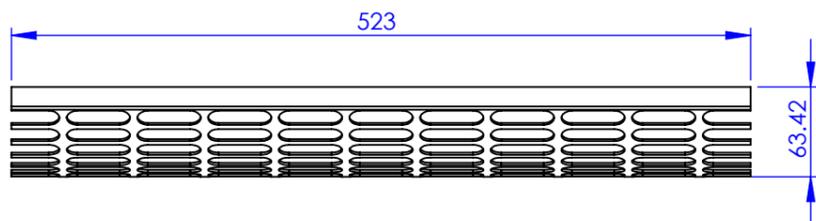
ITEM	CARACTERISTICAS	DIMENSIONES (mm)	MATERIAL	CANTIDAD UND.	PESO UND. (KG)	PESO TOTAL (KG)
1	PL. 1.8 mm	283.96x523	ASTM A36	1	0.88	0.88



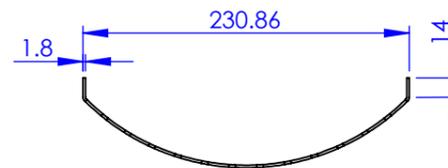
SUPERIOR



ISOMÉTRICO



FRONTAL



LATERAL

**PESO TOTAL (KG):** 0.88



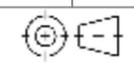
**UNIVERSIDAD CONTINENTAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.A.P. INGENIERÍA MECÁNICA**

PROYECTO:  
DISEÑO MÁQUINA RECICLADORA

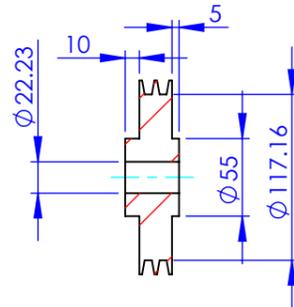
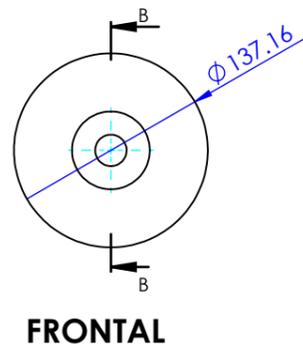
TÍTULO:  
TAMIZADOR

N° DE PLANO: P-CERNID			REVISIÓN: 0
DIBUJADO:	J. T	21/08/2024	OT: 001
DISEÑADO:	J. T	21/08/2024	ESCALA: 1:2
REVIDADO:	R. C	11/11/2024	FORMATO: A3
APROBADO:	R. C	11/11/2024	

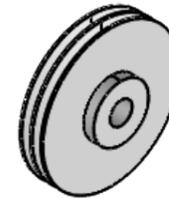
ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA ES CONFIDENCIAL. SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN, ESTA PROHIBIDA.



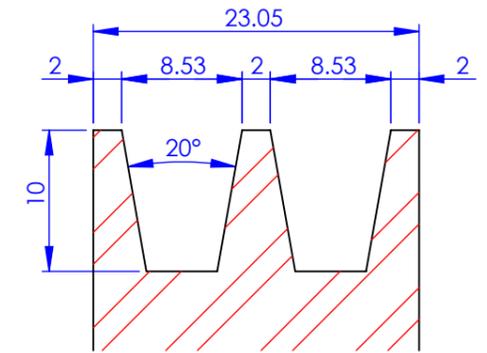
ITEM	CARACTERISTICAS	DIMENSIONES (mm)	MATERIAL	CANTIDAD UND.	PESO UND. (KG)	PESO TOTAL (KG)
1	PL. 38 mm	275x275	ASTM A36	1	9.86	9.86
2	PL. 38 mm	137x137	ASTM A36	1	2.41	2.41



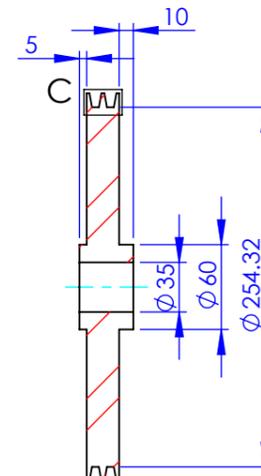
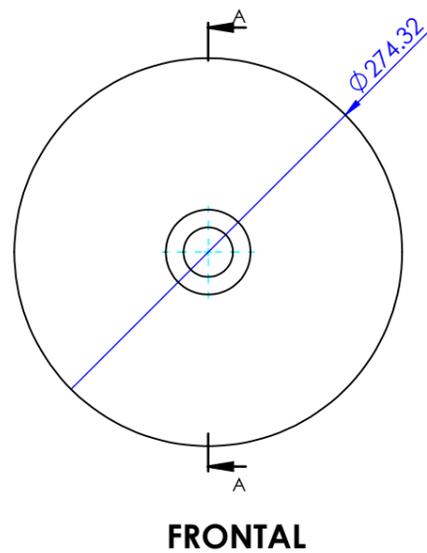
SECCIÓN B-B  
ESCALA 1 : 5



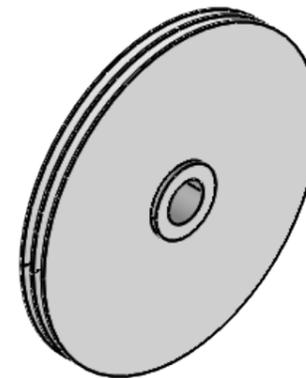
ISOMÉTRICO



DETALLE C  
ESCALA 2 : 1



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 5



ISOMÉTRICO

PESO TOTAL (KG): 12.27



**UNIVERSIDAD CONTINENTAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.A.P. INGENIERÍA MECÁNICA**

PROYECTO:  
DISEÑO MÁQUINA RECICLADORA

TÍTULO:  
POLEA MAYOR-MENOR

ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA ES CONFIDENCIAL.  
SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN, ESTA PROHIBIDA.

Nº DE PLANO:  
P-POLEA01

DIBUJADO: J. T 21/08/2024

DISEÑADO: J. T 21/08/2024

REVIDADO: R. C 12/11/2024

APROBADO: R. C 12/11/2024

REVISIÓN:  
0

OT:  
001

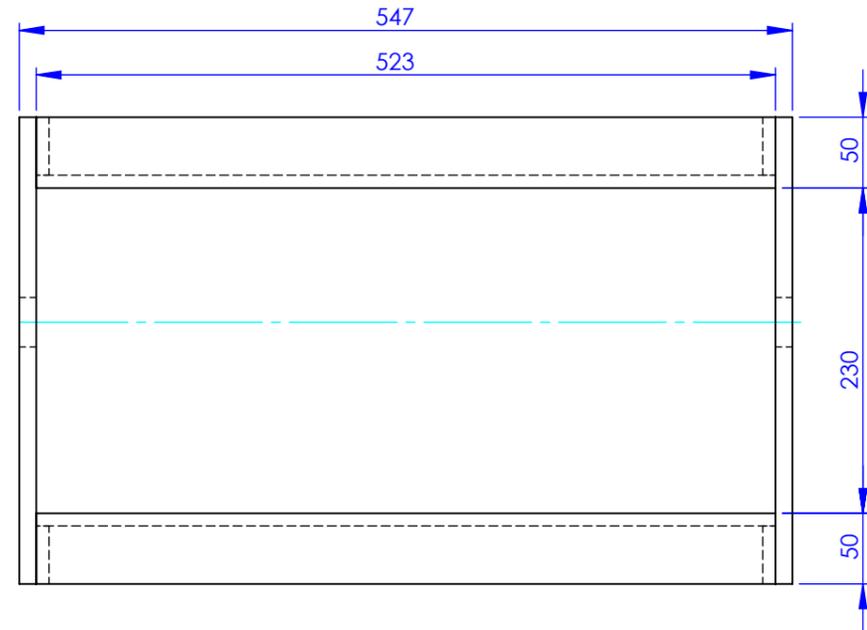
ESCALA:  
1:1

FORMATO:  
A3

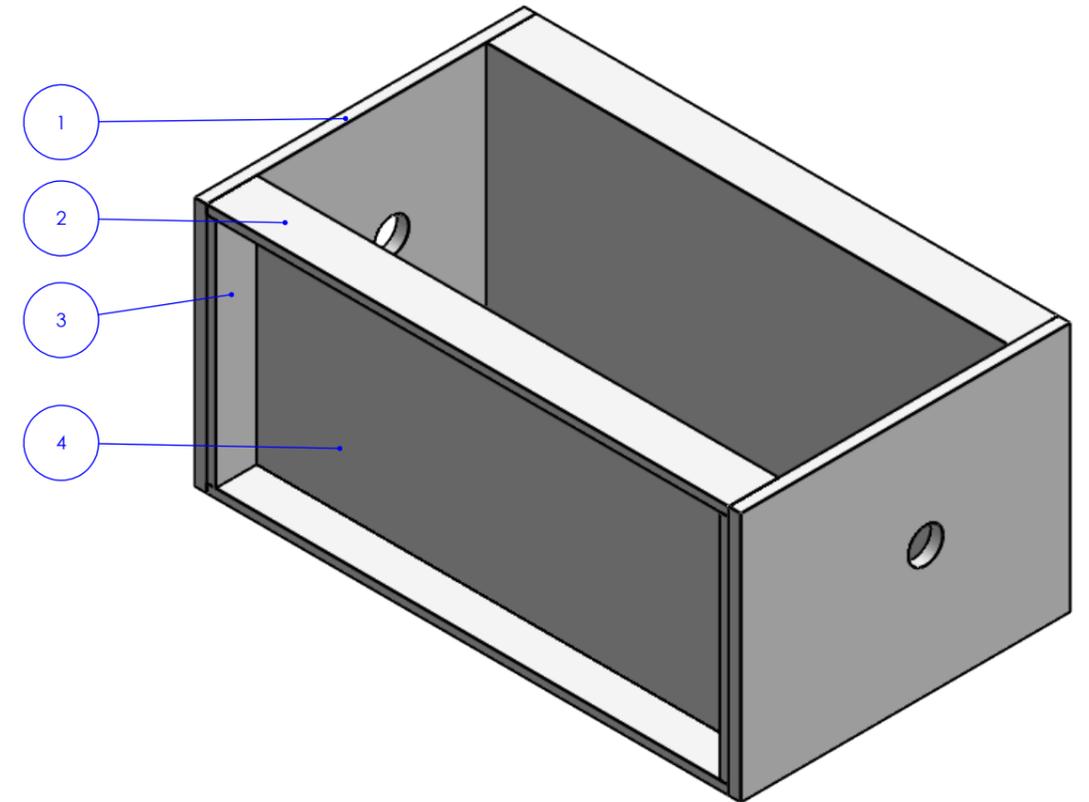


HOJA 1 DE 1

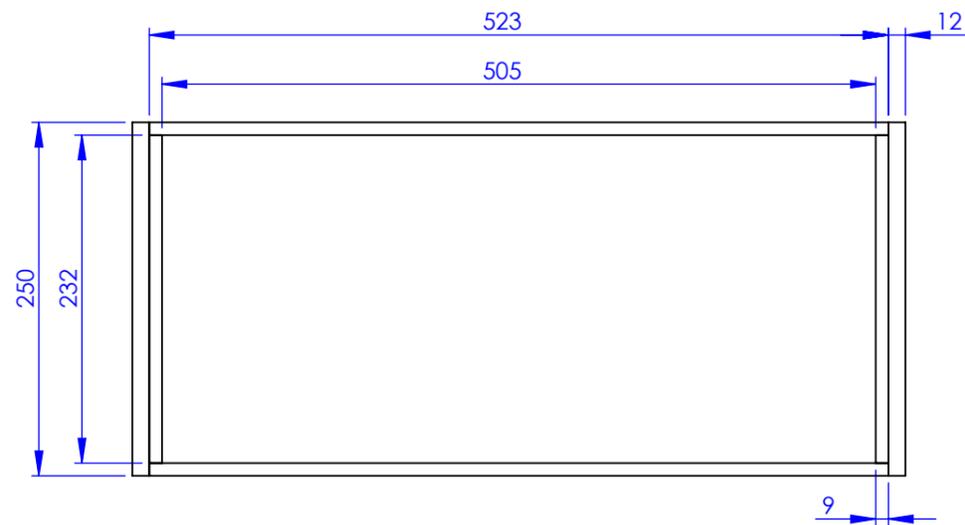
ITEM	CARACTERISTICAS	DIMENSIONES (mm)	MATERIAL	CANTIDAD UND.	PESO UND. (KG)	PESO TOTAL (KG)
1	PL. 12 mm	250x330	ASTM A36	2	7.77	15.54
2	PL. 9 mm	50x523	ASTM A36	4	1.85	7.4
3	PL. 9 mm	41x232	ASTM A36	4	0.67	2.68
4	PL. 9 mm	250x523	ASTM A36	2	9.24	18.48



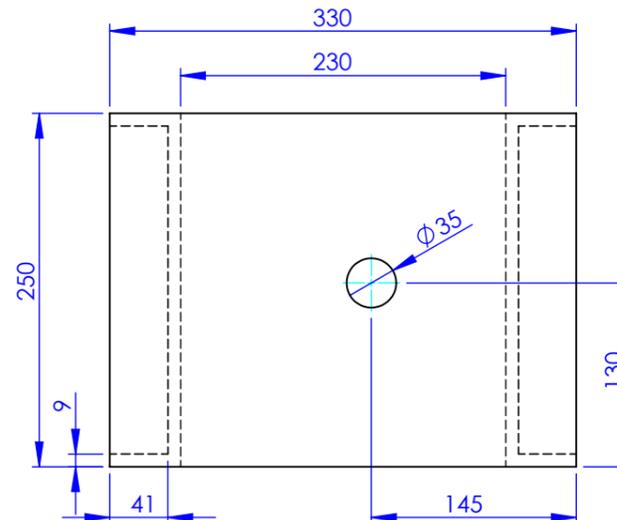
**SUPERIOR**



**ISOMÉTRICO**



**FRONTAL**

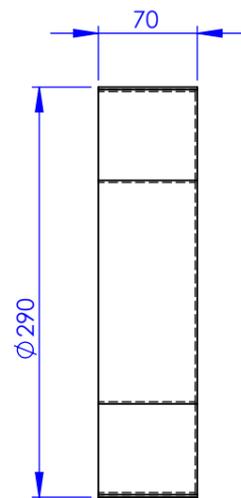


**LATERAL**

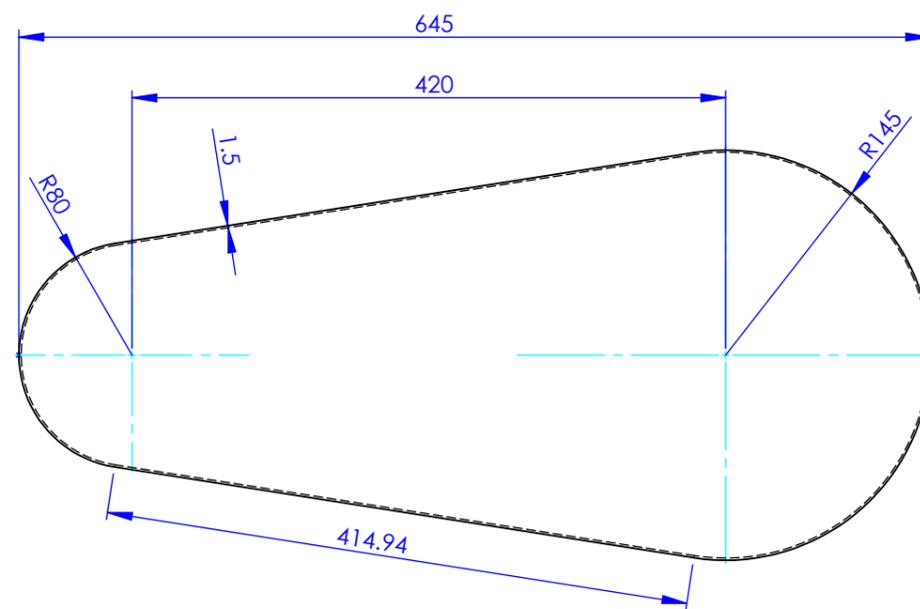
**PESO TOTAL (KG):** 44.1

	<b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>E.A.P. INGENIERÍA MECÁNICA</b>			N° DE PLANO: P-CAJACUCH		REVISIÓN: 0
	PROYECTO: DISEÑO DE MÁQUINA RECICLADORA			DIBUJADO: J. T.	20/08/2024	OT: 001
	TÍTULO: CAJÓN DE CUCHILLAS			DISEÑADO: J. T.	20/08/2024	ESCALA: 1:2
	ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA ES CONFIDENCIAL. SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN, ESTA PROHIBIDA.			REVIDADO: R. C.	11/11/2024	FORMATO: A3
				APROBADO: R. C.	11/11/2024	HOJA 1 DE 1

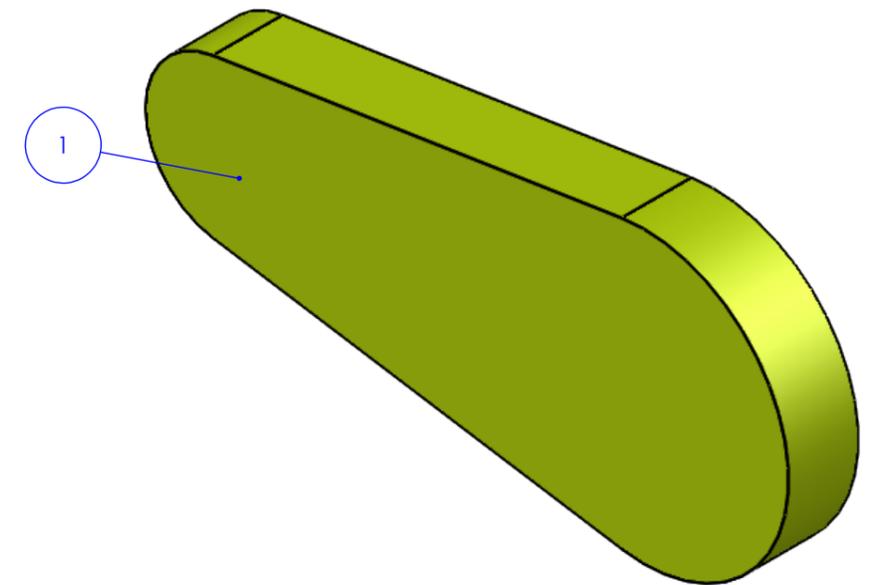
ITEM	CARACTERISTICAS	DIMENSIONES (mm)	MATERIAL	CANTIDAD UND.	PESO UND. (KG)	PESO TOTAL (KG)
1	PL. 1.5 mm	290x645	ASTM A36	1	2.05	2.05
2	PL. 1.5 mm	70x1550	ASTM A36	1	1.28	1.28



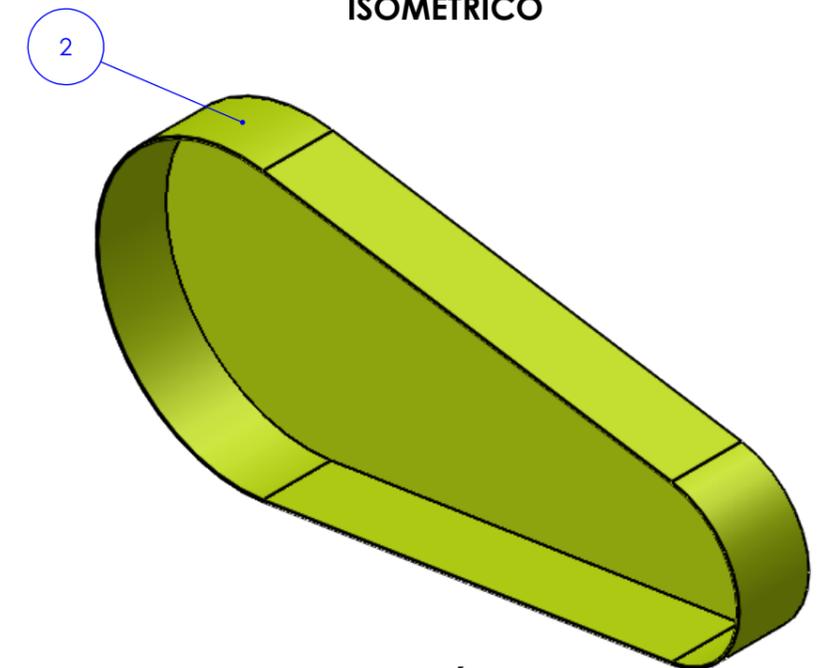
LATERAL



FRONTAL



ISOMÉTRICO



ISOMÉTRICO

PESO TOTAL (KG): 3.33



UNIVERSIDAD CONTINENTAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
E.A.P. INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO:  
DISEÑO MÁQUINA RECICLADORA

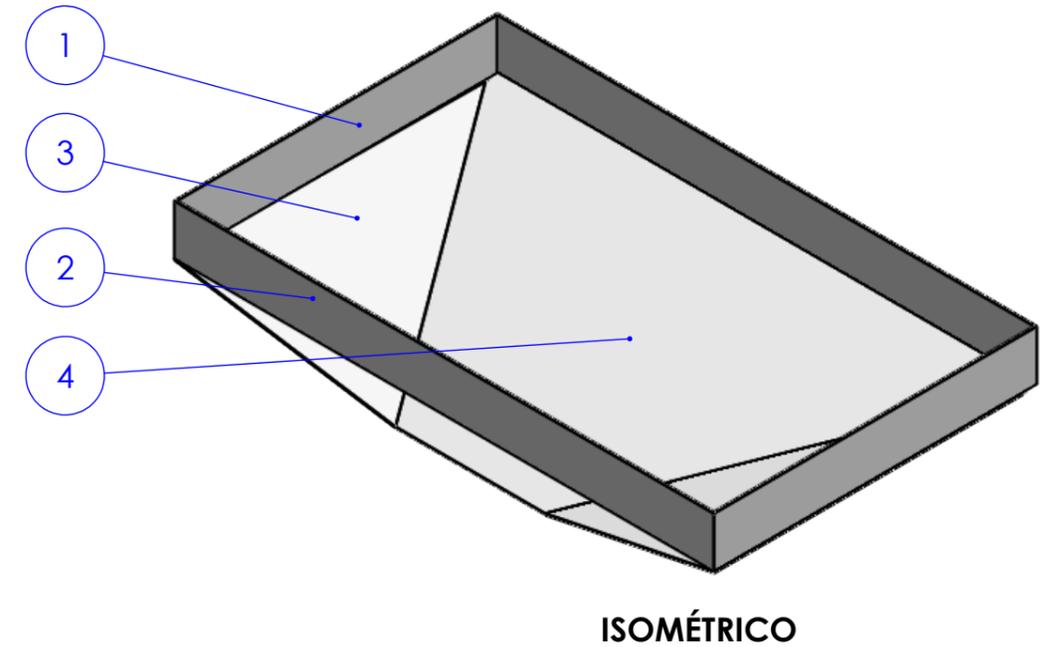
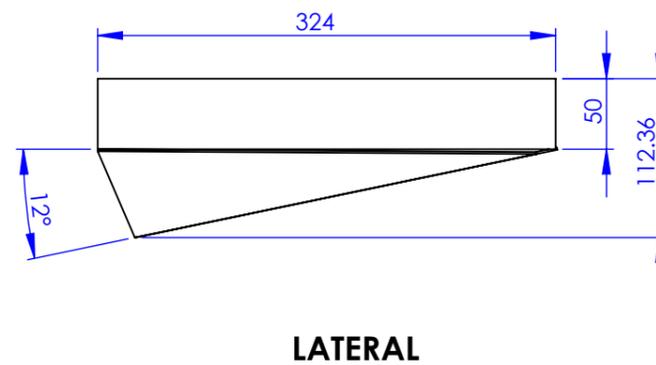
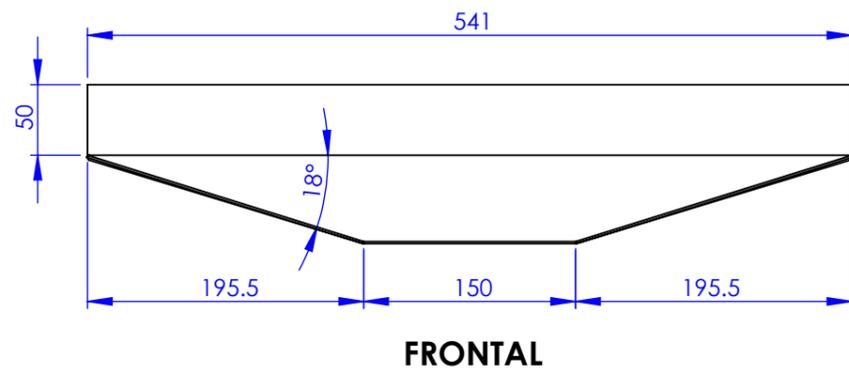
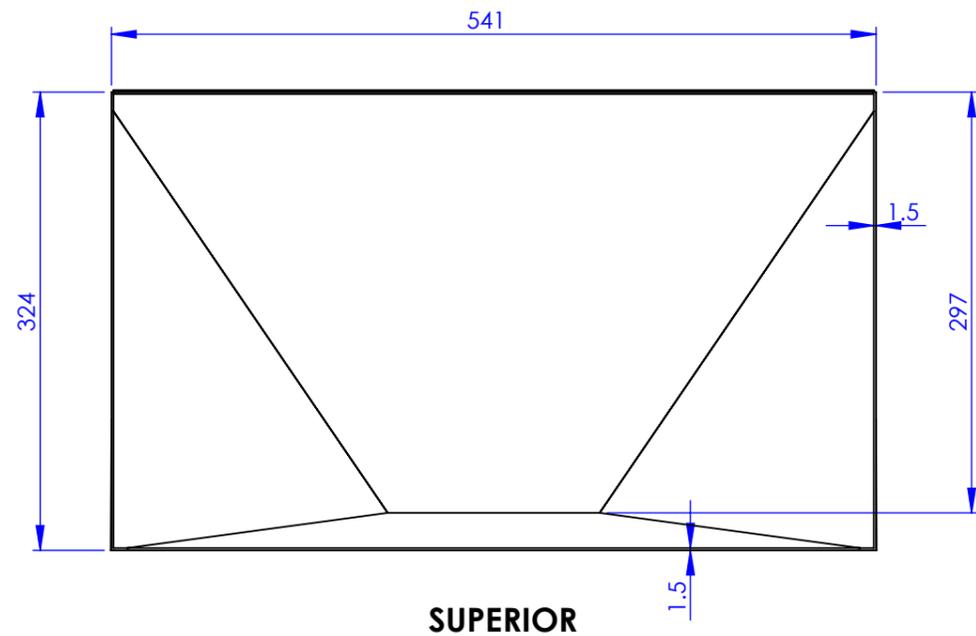
TÍTULO:  
GUARDA POLEAS

ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA ES CONFIDENCIAL. SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN, ESTA PROHIBIDA.

N° DE PLANO: P-GUARD03			REVISIÓN: 0
DIBUJADO:	R. T	21/08/2024	OT: 001
DISEÑADO:	R. T	21/08/2024	ESCALA: 1:2
REVIDADO:	R. C	12/11/2024	FORMATO: A3
APROBADO:	R. C	12/11/2024	

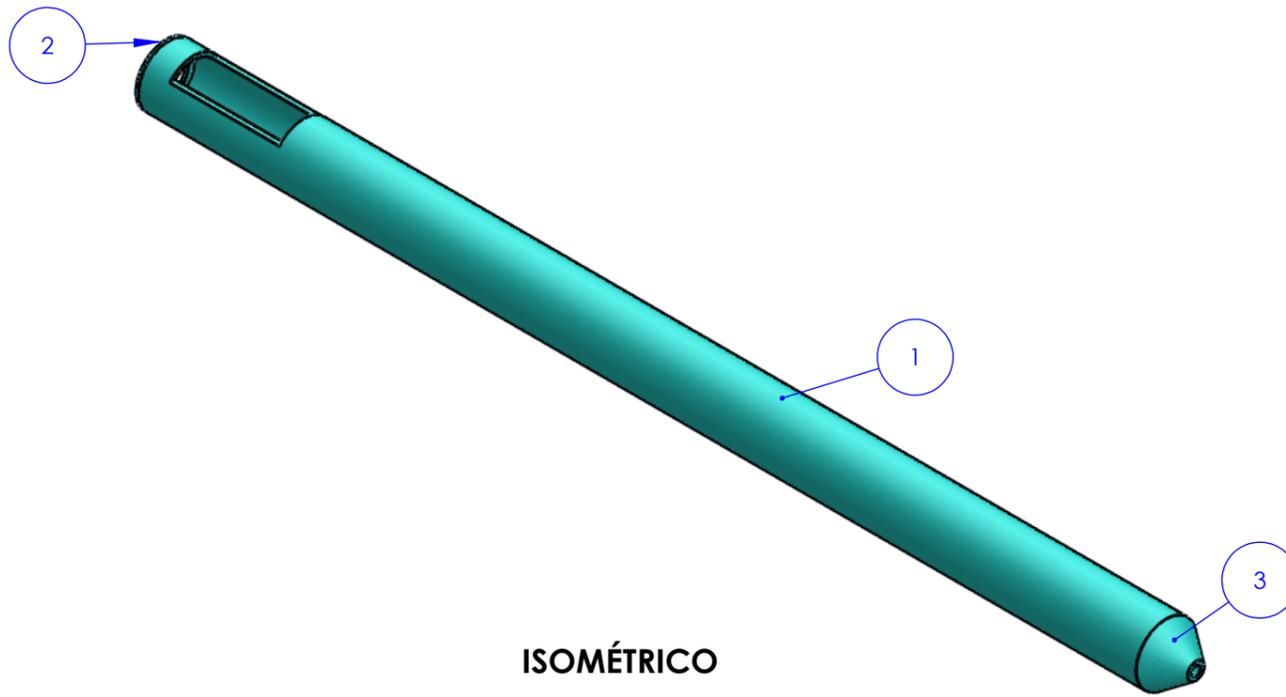


ITEM	CARACTERISTICAS	DIMENSIONES (mm)	MATERIAL	CANTIDAD UND.	PESO UND. (KG)	PESO TOTAL (KG)
1	PL. 1.5 mm	50x324	ASTM A36	2	0.19	0.38
2	PL. 1.5 mm	50x541	ASTM A36	2	0.32	0.64
3	PL. 1.5 mm	195.5x324	ASTM A36	2	0.75	1.5
4	PL. 1.5 mm	297x541	ASTM A36	1	1.89	1.89



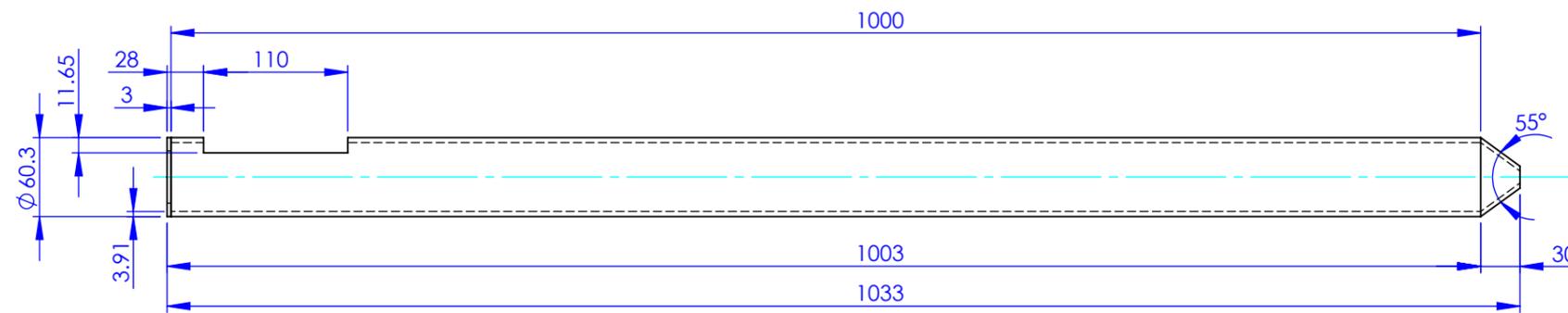
**PESO TOTAL (KG):** 4.4

	<b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>E.A.P. INGENIERÍA MECÁNICA</b>			N° DE PLANO: P-BAND		REVISIÓN: 0
	PROYECTO: DISEÑO MÁQUINA RECICLADORA			DIBUJADO: J. T	21/08/2024	OT: 001
	TÍTULO: BANDEJA			DISEÑADO: J. T	21/08/2024	ESCALA: 1:2
	ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA ES CONFIDENCIAL. SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN, ESTA PROHIBIDA.			REVIDADO: R. C	11/11/2024	FORMATO: A3
				APROBADO: R. C	11/11/2024	HOJA 1 DE 1

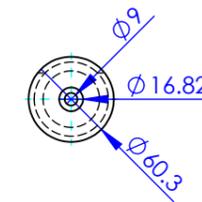


ISOMÉTRICO

ITEM	CARACTERÍSTICAS	DIMENSIONES (mm)	MATERIAL	CANTIDAD UND.	PESO UND. (KG)	PESO TOTAL (KG)
1	TUBO Ø 2" SCH 40	1000	ASTM A36	1	10.84	10.84
2	PL. 6 mm	88.9x88.9	ASTM A36	1	0.37	0.37
3	ROLADO PL. 6 mm	60x280	ASTM A36	1	0.79	0.79



FRONTAL



LATERAL

PESO TOTAL (KG): 12



UNIVERSIDAD CONTINENTAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
E.A.P. INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO:  
DISEÑO MÁQUINA RECICLADORA

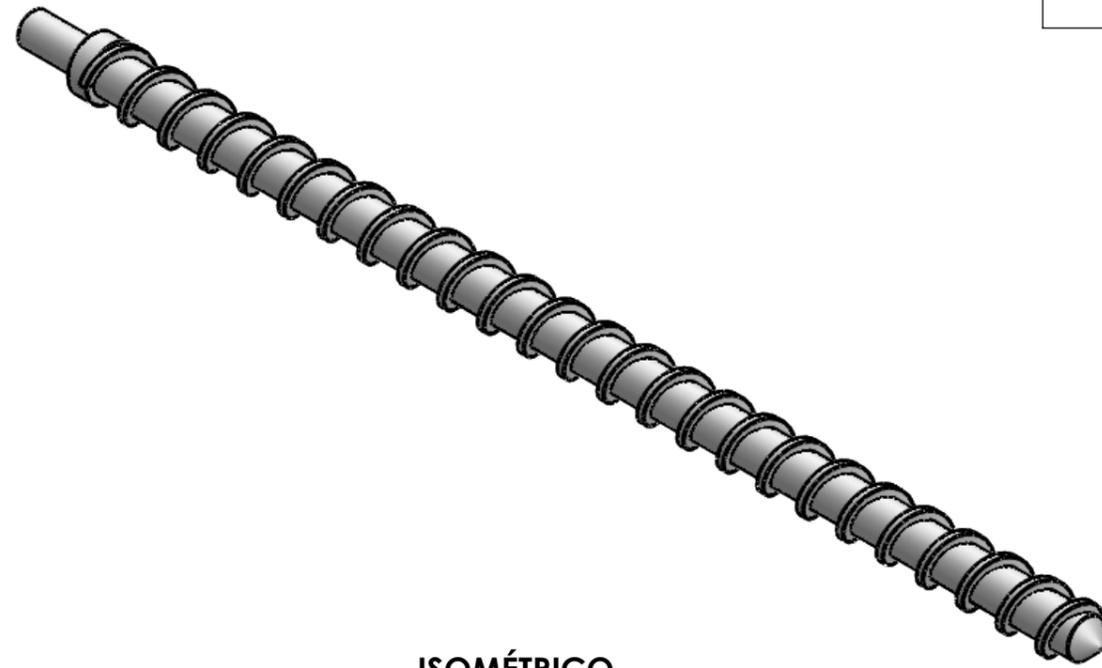
TÍTULO:  
CAMARA EXTRUSORA

ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA ES CONFIDENCIAL. SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN, ESTA PROHIBIDA.

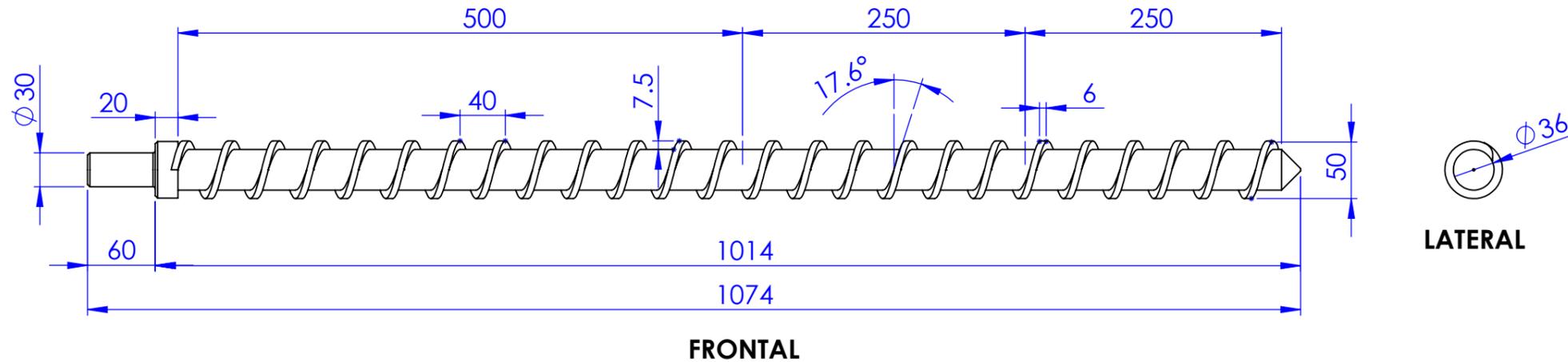
N° DE PLANO: P-ESTREXT			REVISIÓN: 0
DIBUJADO:	J. T	21/08/2024	OT: 001
DISEÑADO:	J. T	21/08/2024	ESCALA: 1:5
REVIDADO:	R. C	11/11/2024	FORMATO: A3
APROBADO:	R. C	11/11/2024	



ITEM	CARACTERISTICAS	DIMENSIONES (mm)	MATERIAL	CANTIDAD UND.	PESO UND. (KG)	PESO TOTAL (KG)
1	BARRA Ø 50	1074	AISI 1020	1	18.83	18.83



ISOMÉTRICO



**UNIVERSIDAD CONTINENTAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.A.P. INGENIERÍA MECÁNICA**

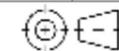
PROYECTO:  
 DISEÑO MÁQUINA RECICLADORA

TÍTULO:  
 EJE EXTRUSORA

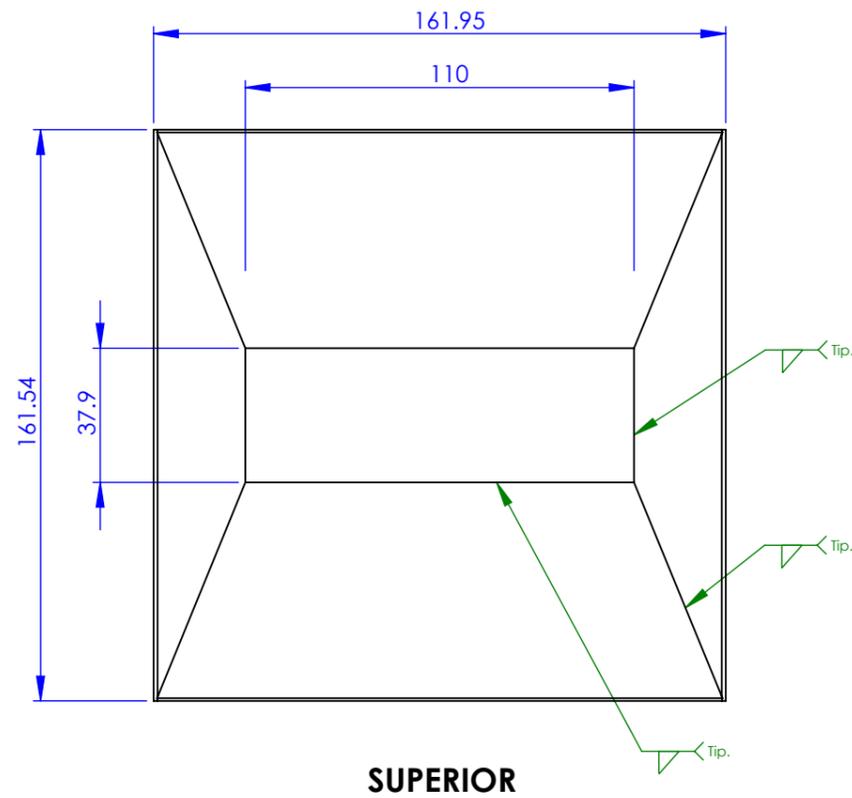
ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA ES CONFIDENCIAL. SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN, ESTA PROHIBIDA.

Nº DE PLANO: P-EJEXTRUS			REVISIÓN: 0
DIBUJADO:	J. T	21/08/2024	OT: 001
DISEÑADO:	J. T	21/08/2024	ESCALA: 1:2
REVIDADO:	R. C	12/11/2024	FORMATO: A3
APROBADO:	R. C	12/11/2024	

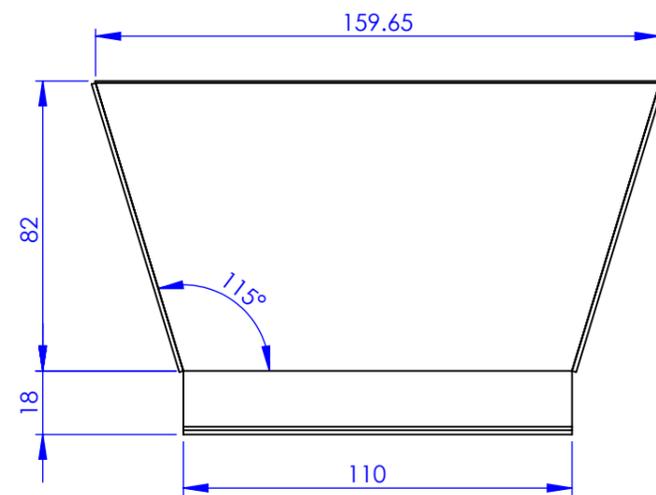
**PESO TOTAL (KG):** 18.83



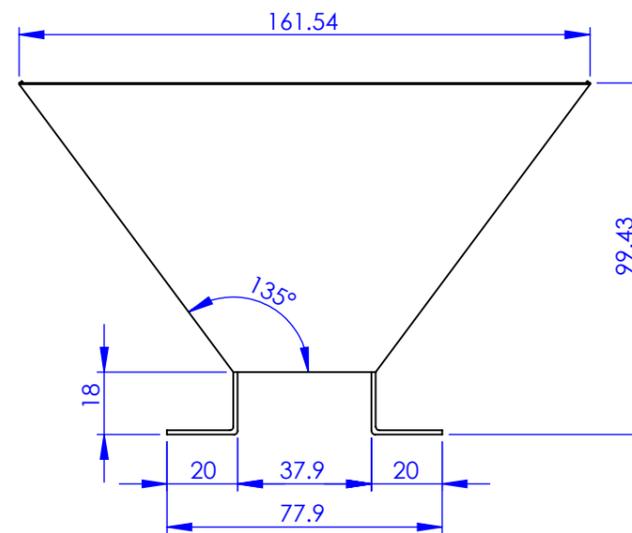
ITEM	CARACTERISTICAS	DIMENSIONES (mm)	MATERIAL	CANTIDAD UND.	PESO UND. (KG)	PESO TOTAL (KG)
1	PL. 1.2 mm	58x110	ASTM A36	2	0.06	0.12
2	PL. 1.2 mm	52x161	ASTM A36	2	0.09	0.18
3	PL. 1.2 mm	52x159	ASTM A36	2	0.08	0.16



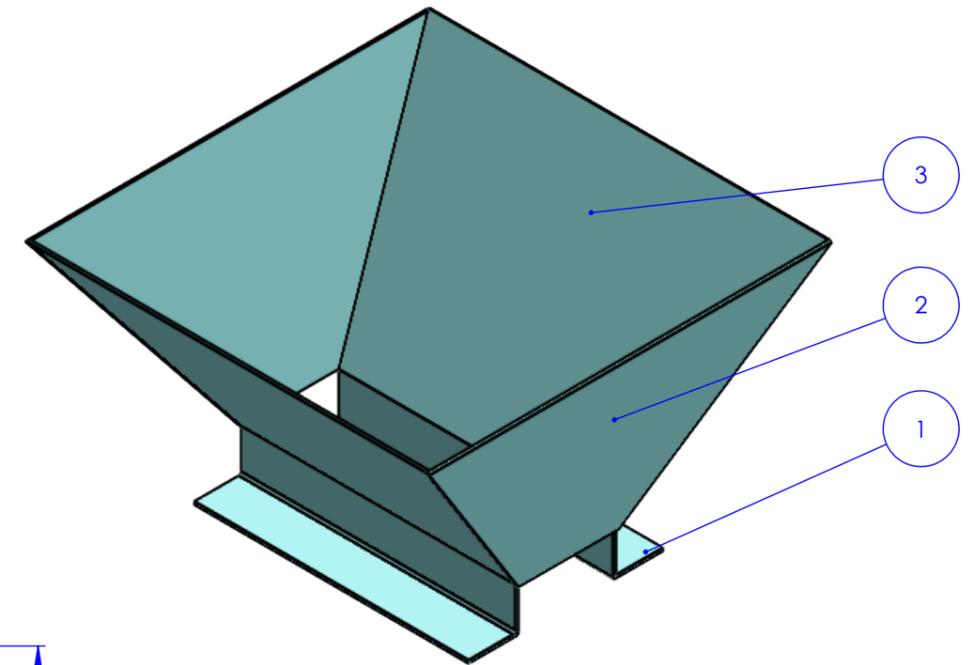
**SUPERIOR**



**FRONTAL**



**LATERAL**



**ISOMÉTRICO**

**PESO TOTAL (KG):** 0.46



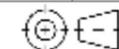
**UNIVERSIDAD CONTINENTAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
E.A.P. INGENIERÍA MECÁNICA**

PROYECTO:  
DISEÑO MÁQUINA RECICLADORA

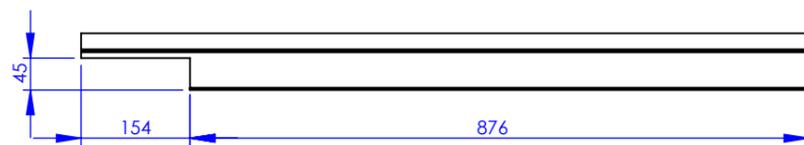
TÍTULO:  
TOLVA #2 PET-CACA0

ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA ES CONFIDENCIAL. SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN, ESTA PROHIBIDA.

Nº DE PLANO: E-TOL2			REVISIÓN: 0
DIBUJADO:	J. T	19/08/2024	OT: 001
DISEÑADO:	J. T	19/08/2024	ESCALA: 1:1
REVIDADO:	R. C	9/11/2024	FORMATO: A3
APROBADO:	R. C	9/11/2024	



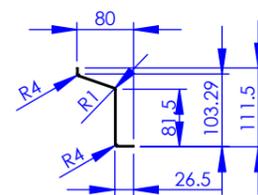
ITEM	CARACTERISTICAS	DIMENSIONES (mm)	MATERIAL	CANTIDAD UND.	PESO UND. (KG)	PESO TOTAL (KG)
1	PL. 1.5 mm	343x1030	ASTM A36	1	4.28	4.28
2	PL. 1.5 mm	343x1030	ASTM A36	1	4.28	4.28



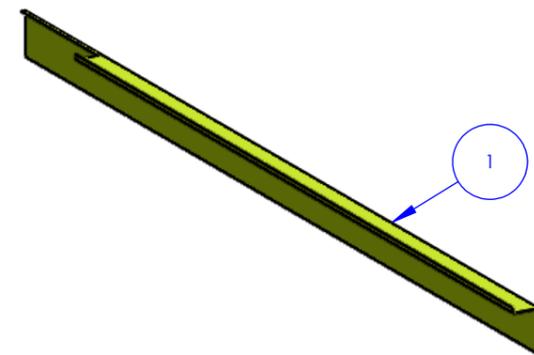
SUPERIOR



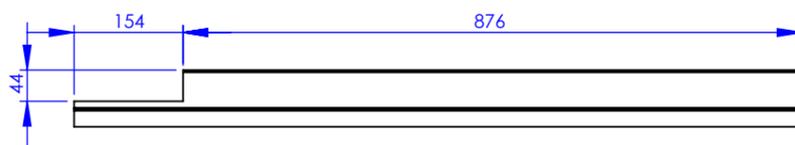
FRONTAL



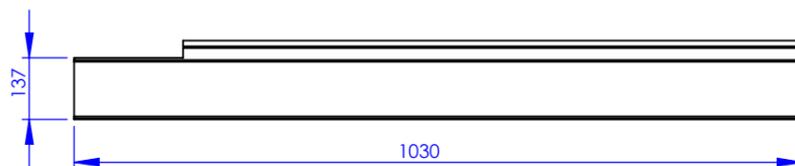
LATERAL



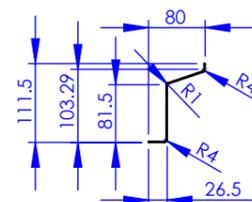
ISOMÉTRICO



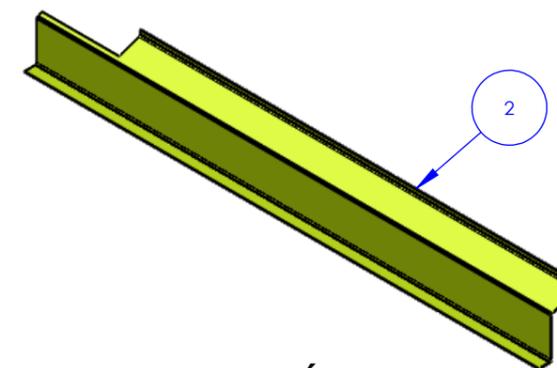
SUPERIOR



FRONTAL



LATERAL



ISOMÉTRICO

PESO TOTAL (KG): 8.56



UNIVERSIDAD CONTINENTAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
E.A.P. INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO:  
DISEÑO MÁQUINA RECICLADORA

TÍTULO:  
GUARDA EXTRUSORA

ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA ES CONFIDENCIAL. SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN, ESTA PROHIBIDA.

Nº DE PLANO:  
P-GUARD01

DIBUJADO: J. T 21/08/2024

DISEÑADO: J. T 21/08/2024

REVIDADO: R. C 11/11/2024

APROBADO: R. C 11/11/2024

REVISIÓN:  
0

OT:  
001

ESCALA:  
1:10

FORMATO:  
A3

