



COORDINACIÓN DE TITULACIÓN ESPECIAL
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
INDUSTRIAL**

Título:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LA FABRICACIÓN DE
ADOQUINES DE CAUCHO A BASE DE NEUMÁTICOS RECICLADOS

Title:

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A MACHINE FOR THE MANUFACTURING OF
RUBBER PAVERS BASES ON RECYCLED TIRES

Autores:

Figueroa Ordóñez Andy Christian

Chica Agurto Wellington Ronny

Tutor:

Ing. López Vargas Armando Fabrizzio Ph.D

Guayaquil, septiembre de 2022

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

Yo, FIGUEROA ORDÓÑEZ ANDY CHRISTIAN y, declaro que soy el único autor de este trabajo de titulación titulado "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LA FABRICACIÓN DE ADOQUINES DE CAUCHO A BASE DE NEUMÁTICOS RECICLADOS". Los conceptos aquí desarrollados, los análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Andy Figueroa

Figueroa Ordóñez Andy Christian
C.I 0941646275

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

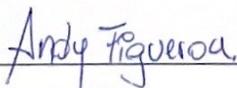
Yo, CHICA AGURTO WELLINGTON RONNY, declaro que soy el único autor de este trabajo de titulación titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LA FABRICACIÓN DE ADOQUINES DE CAUCHO A BASE DE NEUMÁTICOS RECICLADOS”. Los conceptos aquí desarrollados, los análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.



Chica Agurto Wellington Ronny
C.I 0930512124

DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Quien suscribe, en calidad del trabajo de titulación titulado "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LA FABRICACIÓN DE ADOQUINES DE CAUCHO A BASE DE NEUMÁTICOS RECICLADOS", por medio del presente, autorizo a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.



Figueroa Ordóñez Andy Christian

C.I 0941646275

DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Quien suscribe, en calidad del trabajo de titulación titulado "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LA FABRICACIÓN DE ADOQUINES DE CAUCHO A BASE DE NEUMÁTICOS RECICLADOS", por medio del presente, autorizo a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.



Chica Agurto Wellington Ronny

C.I 0930512124

DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

YO, Ing. Armando Fabrizio López Vargas Ph.D, En calidad de director de trabajo de titulación, titulado "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LA FABRICACIÓN DE ADOQUINES DE CAUCHO A BASE DE NEUMÁTICOS RECICLADOS", desarrollado por los estudiantes Figueroa Ordóñez Andy Christian y Chica Agurto Wellington Ronny, previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra auténtica y de alto valor académico.

Dado en la ciudad de Guayaquil, septiembre 2022.



Ing. López Vargas Armando Fabrizio Ph.D

Docente Director del Proyecto Técnico

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios porque me ha brindado la fortaleza para poder culminar este logro, a mi hermana Ylse quién me ha motivado en la construcción de mi vida, siendo mi inspiración para esforzarme académicamente, a mis educadores, por brindarme las herramientas necesarias a lo largo de estos años.

Y a todas las buenas personas que han sido parte de mi proceso de aprendizaje a lo largo de estos años, que desde su vida se han convertido un aporte significativo y me han brindado la motivación necesaria para esforzarme día a día.

Figuroa Ordóñez Andy Christian

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por guiarme y permitirme la oportunidad de cumplir una de mis metas llegar a ser un profesional. Agradezco a mis padres por guiarme con sabiduría y enseñarme que con perseverancia y humildad se puede llegar lejos por sacrificarse por años para darme la mejor educación posible.

A cada uno de mis maestros los cuales nos alentaron a culminar la carrera y nos impartieron sus conocimientos inculcándonos a ser profesionales responsables y empáticos.

A mis ex compañeros de trabajo los cuales siempre me motivaron a seguir adelante y me brindaron su apoyo y sus conocimientos en cada proyecto.

Chica Agurto Wellington Ronny

Resumen

En la sociedad moderna, el tratamiento de los productos una vez han terminado su vida útil, se ha convertido en una alternativa viable para reducir los altos índices de contaminación que son originados no solo a causa de la industrialización de los procesos de producción de las empresas, sino también por el acelerado ritmo de vida de los humanos modernos. Los neumáticos no son la excepción a este comportamiento dentro lo que plantea este nuevo paradigma social, es más, es muy frecuente encontrar una gran variedad de alternativas para extender su vida útil, entre ellas su trituración. Es por lo antes mencionado que el objetivo de este proyecto de titulación es el diseño y la fabricación de una máquina que tenga la facultad de triturar los neumáticos una vez han terminado su vida útil y gracias a un proceso de termoformado convertir estos residuos en adoquines hexagonales completamente funcionales. Para alcanzar este objetivo se aplicó una metodología mixta como resultado de la implementación de una entrevista estructurada y una guía de observación semiestructurada. A través de los instrumentos de recolección se detectó que es de gran ayuda en el diseño de una máquina el programa Solidworks, así también a partir de su fabricación se midió que la capacidad máxima de caucho que puede triturar es de 10 kg y que con esa cantidad fabrican 3 adoquines hexagonales de 132 x 18 mm en 42 minutos, información relevante para alcanzar la efectividad del funcionamiento de la innovadora máquina.

Palabras clave: Fabricación de maquinaria, máquina trituradora, neumáticos usados, adoquín hexagonal.

Abstract

In modern society, the treatment of products once they have finished their useful life has become a viable alternative to reduce the high pollution rates that are caused not only by the industrialization of the production processes of companies, but also by the accelerated pace of life of modern humans. Tires are not the exception to this behavior within this new social paradigm, moreover, it is very common to find a variety of alternatives to extend their useful life, including their shredding. For this reason, the objective of this project is to design and manufacture a machine that can shred tires once they have finished their useful life and thanks to a thermoforming process, convert that waste into fully functional hexagonal pavers. To achieve this objective, a mixed methodology was applied because of the implementation of a structured interview and a semi-structured observation guide. through the collection instruments, it was measured that the Solidworks program is of great help in the design of a machine, also from its manufacture it was measured that the maximum capacity of rubber that can be crushed is 10Kg and that with that amount they manufacture 3 hexagonal pavers of 132 x 18 mm in 42 minutes, information that is relevant to achieve the effective operation of the innovative machine.

Keywords: Machinery manufacturing, shredding machine, used tires, hexagonal paving stone.

Índice de contenidos

Portada	1
Índice de contenidos.....	11
Índice de tablas.....	16
índice de figuras	17
Resumen.....	9
Palabras clave.....	9
Abstract	10
Keywords	10
Introducción	19
CAPÍTULO I.....	21
EL PROBLEMA	21
1.1. Antecedentes	21
1.2. Planteamiento del problema	22
1.3. Justificación del Problema.	24
1.4. Grupo Objetivo (Beneficiarios)	25
1.5. Delimitación	26
1.5.1. Delimitación Temporal	26
1.5.2. Delimitación Académica	27
1.6. Objetivos	27
1.6.1. Objetivo General	27
1.6.2. Objetivos Específicos.....	27
1.7. Propuesta de solución.	28
Capitulo II	29
Marco Teórico	29

	12
2.1. Antecedentes investigativos.....	29
2.2. Fundamentos teóricos	32
2.2.1. Trituradora	32
2.2.2. Tipos de trituradores mecánicos para neumático.	33
2.2.2.1. Sistema de corte de 1 eje	33
2.2.2.2. Sistema de Corte de 2 ejes	35
2.2.2.3. Sistema de Corte de 4 ejes	38
2.2.3. Componentes de la trituradora	39
2.2.3.1. Árbol de transmisión.....	39
Selección del material.....	40
2.2.3.2. Motor	41
Motor reductor	42
Torque	42
Cálculo de la potencia del motor.....	43
Factor de servicio	43
2.2.3.3.Cuchillas	44
Modelo de Cuchillas	44
2.2.3.4. Émbolo.....	46
Área del émbolo	46
2.2.3.5. Tolva	47
2.2.4. Diseño Constructivo	47
2.2.4.1.Diagrama de fuerza cortante y momento flector.....	48
2.2.4.2. Deducción de la ecuación representativa del cortante y el momento flector la cual es enunciada a continuación.....	48
2.2.4.3. Cálculo del cortante y momento flector por el método de ecuaciones diferenciales	48

2.2.5. Diseño del sistema de corte.	49
2.2.6. Neumático	49
2.2.6.1. Ventajas que se producen al triturar neumáticos reciclados.	51
2.2.6.2. Ventajas que se producen al triturar neumáticos reciclados.	52
2.2.7. Disminución de contaminación al medio ambiente	53
2.2.8. Adoquines	54
2.2.8.1. Moldes de adoquines.....	55
Adoquín rectangular	56
Adoquín Tokio	56
Adoquín con ondulaciones	57
Adoquín cuadrangular	57
Adoquín cuadrado.....	57
Adoquín Londres	58
Adoquín Madrid.....	59
Adoquín Hexagonal.....	60
Adoquín Octagonal	61
Adoquines trapezoidales	61
Adoquín trébol	61
Adoquín Cruz Tabasco	62
Adoquín Marbella	63
Adoquín Ecológico	63
Adoquín cruz	64
Adoquín I	65
Adoquín de moño	65
Adoquín raqueta.....	66

	14
2.3. Marco Legal.....	67
2.3.1. Constitución de la República del Ecuador	67
2.3.2. Ley de gestión ambiental	69
2.3.3. Código Orgánico del ambiente	70
Capitulo III.....	74
Marco metodológico	74
3.1. Diseño de la investigación	74
3.1.1.Enfoque de la investigación	75
3.1.1.1. Enfoque cuantitativo	75
3.1.1.2. Enfoque cualitativo	76
3.1.2. Tipos de investigación a aplicar.....	77
3.1.2.1. Tipo de investigación según el diseño.....	77
Investigación experimental	77
3.1.2.2. Tipo de investigación según el nivel o el alcance.	78
Investigación Descriptiva	78
Investigación exploratoria.	79
3.1.3. Técnica e instrumento de investigación.....	80
3.1.3.1. Entrevista.....	80
3.1.3.2. Observación.....	81
3.2 Diseño, cálculos y dimensionamiento del triturador de neumáticos.	82
3.2.1. Cálculos para la definición de los componentes de la máquina trituradora.....	82
3.2.2. Diseño de la tolva de mantenimiento del neumático.	87
3.2.3. Proceso de inyección.....	88
3.2.4. Mecanizado del sistema de enfriamiento	94
3.2.5. Dimensiones de la máquina trituradora	95

3.2.6. Características técnicas del triturador de neumáticos	96
3.2.7. Características técnicas del triturador de neumáticos	97
Capítulo IV	100
4.1. Presentación de los resultados de los instrumentos investigativos.	100
4.1.1. Presentación de los resultados de la entrevista	100
4.1.2. Análisis de los resultados de la entrevista	101
4.1.3. Presentar los resultados de la guía de observación	102
4.1.4. Análisis de los resultados obtenidos con la guía de observación	103
4.2. Análisis de costo del proyecto	109
4.2.1. Costos Directos del proyecto	109
4.2.2. Costos indirectos.....	110
4.2.3. Costo total del proyecto	111
<i>Costo total del proyecto</i>	111
Conclusiones y recomendaciones	112
Conclusiones	112
Recomendaciones	113
Anexos	114
Bibliografía	123

Índice de tablas

Tabla 1 Propiedades Mecánicas AISI 4340 Propiedades Mecánicas AISI 4340	41
Tabla 2 Modelos de cuchillas Modelos de cuchillas	45
Tabla 3 composición de los neumáticos Composición de los neumáticos	50
Tabla 4 Selección de Las Dimensiones de un Aro 16 Selección de Las Dimensiones de un Aro 16.....	52
Tabla 5 Datos relevantes relacionados al diseño de las cuchillas en el programa Solidworks	83
Tabla 6 Dimensiones del triturador.....	95
Tabla 7 Características del triturador	96
Tabla 8 Características técnicas del árbol de transmisión.....	96
Tabla 9 Características técnicas de las placas laterales.....	96
Tabla 10 Características técnicas de las cuchillas de la trituradora	96
Tabla 11 Características técnicas de las cuchillas de la trituradora	97
Tabla 12 Lista de materiales Lista de materiales	98
Tabla 13 Principales resultados de las entrevistas aplicadas a expertos	100
Tabla 14 Presentación de la guía de observación aplicada para recolectar la información de la máquina.....	102
Tabla 15 Costos directos del proyecto	109
Tabla 16 Costos indirectos del proyecto	110
Tabla 17 Costo total del proyecto	111

índice de figuras

Figura 1 Modelo Lrk de 1 Árbol de Transmisión Modelo Lrk de 1 Árbol de Transmisión.....	34
Figura 2 Modelo S de 2 Árbol de Transmisión Modelo S de 2 Árbol de Transmisión	35
Figura 3 Bomatic B850 S de 2 Árboles de Transmisión Bomatic B850 S de 2 Árboles de Transmisión.....	36
Figura 4 Bomatic B1000s de 2 Árboles de Transmisión Bomatic B1000s de 2 Árboles de Transmisión.....	37
Figura 5 Máquina Trituradora de 4 Árboles de Transmisión Máquina Trituradora de 4 Árboles de Transmisión.....	38
Figura 6 Ventajas que se producen al triturar neumáticos reciclados. Ventajas que se producen al triturar neumáticos reciclados.	53
Figura 7 Apariencia del adoquín rectangular Tokio	56
Figura 8 Apariencia del adoquín rectangular con ondulaciones	57
Figura 9 Apariencia del adoquín cuadrado	58
Figura 10 Apariencia del adoquín cuadrado Londres	59
Figura 11 Apariencia del adoquín cuadrado Madrid	59
Figura 12 Apariencia del adoquín hexagonal	60
Figura 13 Apariencia del adoquín octagonal	61
Figura 14 Apariencia del adoquín trébol.....	62
Figura 15 Apariencia del adoquín Cruz Tabasco.....	62
Figura 16 Apariencia del adoquín Marbella	63
Figura 17 Apariencia del adoquín ecológico	64
Figura 18 Apariencia del adoquín Cruz	64
Figura 19 Apariencia del adoquín I.....	65
Figura 20 Apariencia del adoquín moño.....	66
Figura 21 Apariencia del adoquín raqueta	66
Figura 22 Diseño de las cuchillas que se emplearan en máquina de este proyecto	83
Figura 23 Diseño de las cuchillas en el programa Solidworks	83
Figura 24 Diseño del árbol de transmisión que se emplearan en máquina de este proyecto	84
Figura 25 Diseño de la máquina trituradora de este proyecto	84
Figura 26 Neumático usado de rin 15 in.....	85

Figura 27 Imagen referencial del motor reductor de la serie TS80B4 que se usará en la máquina.	87
Figura 28 Diseño de la tolva de la máquina trituradora de este proyecto	88
Figura 29 Peso del material a triturar luego de ser debidamente preparado	89
Figura 30 Imagen referencial de la máquina CNC	92
Figura 31 Esquema del sistema de inyección	92
Figura 32 Secuencia del proceso de inyección	93
Figura 33 Estructura independiente de los dispositivos que integran la máquina de este proyecto	95
Figura 34 Proceso de fabricación de las cuchillas de la máquina de este proyecto	103
Figura 35 Molino de cuchillas de la máquina del proyecto	103
Figura 36 Proceso de preparación del neumático para que sea triturado	104
Figura 37 Proceso de triturado del neumático una vez se encuentra listo	104
Figura 38 Fragmento de caucho producto del proceso de trituración de los neumáticos ..	105
Figura 39 Proceso de preparación de la cámara de inyección	105
Figura 40 Proceso de inyección del caucho en estado maleable al molde del adoquín	106
Figura 41 Pruebas de control de temperatura	107
Figura 42 Molde hexagonal del adoquín	107
Figura 43 Utilización del sistema de enfriamiento en el molde del adoquín una vez se ha llenado	108
Figura 44 Proceso de desmoldado del adoquín una vez se ha enfriado el caucho.....	108
Figura 45 Adoquines obtenidos tras la finalización del proceso de triturado y termoformado del caucho	109

Introducción

En las industrias desarrolladas o semidesarrolladas la utilización de trituración es una práctica muy usual con la finalidad de fragmentar los residuos obtenidos como parte de los distintos procedimientos que deben cumplir para su correcto funcionamiento en el mercado y que de esa manera su manejo y almacenamiento sea fácil para la institución. Este tipo de maquinaria también es común encontrarla en los depósitos de residuos sólidos, pues con su ayuda se reduce de manera significativa el volumen de los residuos que en este lugar se depositan. Por otro lado, en la realidad académica de carreras como la ingeniería industrial y carreras afines al campo de la mecánica, es que las personas que estudian estas materias y que quieren titularse optan por el diseño y la fabricación de este tipo de maquinarias para fragmentar distintos tipos de materiales, entre ellos los neumáticos.

Por lo mencionado con anterioridad es que, para el desarrollo de este proyecto de titulación se decidió construir una máquina que sea capaz de triturar o desgarrar el caucho de los neumáticos una vez han culminado su vida útil, para convertir los fragmentos en materia prima en el proceso de fabricación de adoquines que se encuentra integrado a la máquina trituradora a través de una cámara de inyección. El componente de la cámara de inyección es el factor que otorga un valor agregado y marca un distanciamiento entre el desarrollo de este trabajo académico, con cualquier otro que se haya producido ya, pues en su gran mayoría los ahora profesionales solo han fabricado una máquina que sea capaz de triturar los neumáticos y en algunos casos solo llegan a recomendar el uso de este residuo obtenido como materia prima, pero no ha sido implementado.

Para el correcto desarrollo del trabajo académico en el capítulo 1, se muestran una contextualización y el planteamiento del problema que detonó esta investigación, así como

también los objetivos que se deben alcanzar para que se culmine con el proyecto y que se verán reflejados en apartados posteriores de este trabajo. En el capítulo 2 se encuentran los sustentos teóricos que corresponden a las temáticas inherentes a la fabricación de una maquinaria cuya finalidad será la trituración de un material, en este caso los neumáticos usados, así como también aspectos vinculados a los adoquines; pues serán estos elementos los que sean fabricados una vez la máquina trituradora haya fragmentado el caucho del neumático en trozos más pequeños. Así también se abordan los fundamentos legales en los cuales se sustenta la realización de este trabajo de titulación, pues siempre es necesario comprender los parámetros legales que norman los distintos campos en los que se deciden incursionar al momento de realizar un proyecto de investigación.

La metodología se encuentra desarrollada en el capítulo 3, y se encuentra dividida en dos apartados, la primera parte hace referencia a los sustentos teóricos que dan forma al diseño y el desarrollo metodológico de este proyecto de titulación, y la segunda parte se encuentra constituida por el diseño, los cálculos y el dimensionamiento del triturador que servirán de base para la fabricación de la máquina. En el capítulo 4 se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de los dos instrumentos aplicados como parte de este trabajo académico que son la entrevista y la guía de observación, el primero orientado a la obtención de los resultados que ayudaron en la parte del diseño de la maquinaria y el segundo que evidencia el cumplimiento de los distintos objetivos que se plantearon al inicio de la investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

La contaminación es una realidad que viven todos los países del mundo, unos con más impacto negativo que otros, todo va acorde a la conciencia que hacen los ciudadanos y las empresas para mejorar sus condiciones y mantener un mayor control de esta problemática. Entre las principales causas de contaminación está la polución que provoca cuatro millones de muertes al año según la Organización Mundial de la Salud (OMS).

La problemática de la contaminación aparece en América del sur antes de la Revolución Industrial en la segunda mitad del siglo XVIII debido a los malos manejos humanos en el proceso preindustrial afectando la calidad del aire. Una de las acciones que inició la contaminación fue la extracción de plata ocasionando nubes de polvo de plomo (Uglietti, Gabrielli, Cooke, Vallelonga, & Thompson, 2015).

En el siglo XVIII, el descubrimiento del carbón y el invento de máquina de vapor transformaron por completo la forma de vivir. La revolución industrial cambió los pasos para producir, consumir, entre otros y esto provocó la repercusión en el planeta. Otro invento que impactó fue la creación de la locomotora y los primeros trenes lo que aumentó la demanda de carbón disparando la emisión del CO₂ a la atmósfera (Fernández, 2018).

Para el siglo XX los niveles de contaminación fueron superiores que en la época de colonización española, pues cada vez más los seres humanos comenzaron a realizar actividades que provocaban daño al medio ambiente. A finales del siglo XX, los gobiernos fueron más conscientes de los efectos negativos que ocasionaba la emisión de carbono y de manera conjunta

comenzaron a coordinar acciones para detener el calentamiento global, pero los esfuerzos no son los suficientes; ya que la contaminación global sigue aumentando (Fernández, 2018).

Esto se fue agudizando y en el siglo XXI a pesar de las acciones realizadas por los diferentes organismos no se ha obtenido un cambio radical y los países enfrentan una crisis ambiental provocada por el uso excesivo de máquinas pesadas, la tala de árboles indiscriminada, minería, exceso de plástico de un solo uso, residuos de caucho, entre otros (Rodríguez, Mance, Barrera, & García, 2015).

En definitiva, esta problemática es una realidad latente por lo que los gobiernos de los países desarrollados y en vía de desarrollo deben unificar esfuerzos para establecer medidas reales y efectivas que ayude a minimizar la contaminación global, garantizando así la mejor calidad de vida para los ciudadanos. Ecuador es un país que necesita mayor apoyo en este contexto, ya que no cuenta con todos los soportes necesarios para brindar alternativas idóneas, parte de estos proyectos nacen de la academia, por lo que este trabajo de titulación se convierte en un puntal indiscutible para realizar mejoras sostenibles.

1.2.Planteamiento del problema

El Ecuador no es ajeno a la contaminación ambiental, parte de esto es la cultura que tienen los ciudadanos y líderes de empresas que no aplican los debidos procesos que ayuden a reducir este problema. El aumento de las industrias petroleras y de motores de combustión interna genera el incremento de la contaminación atmosférica a través del monóxido de carbono CO₂, dióxido de carbono CO₂, óxido de azufre, entre otros, disminuyendo la calidad del aire en el Ecuador (Márquez, 2021).

En Ecuador los índices de contaminación son bastantes elevados emitiendo 1,0 toneladas métricas de CO₂ por habitante, lo que representa 0,1% de emisiones a nivel mundial de acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). La ciudad de Guayaquil no es ajena a esta realidad, la misma que es la ciudad más grande de Ecuador y con mayor población lo que genera mayor contaminación, además que culturalmente las personas no están debidamente preparadas para esta transformación.

El agua del Ecuador está también azotada por la contaminación debido al incorrecto tratamiento de los residuos sólidos y aguas residuales, la deforestación y urbanización acelerada provocando la contaminación en los ríos, como es el caso del río Guayas. Por eso hay que ir planteando soluciones que ayuden a contrarrestar estos inconvenientes lo antes posible en beneficio de todos los ecuatorianos.

Parte de este problema es el uso inadecuado de los residuos de neumáticos, ya que estos no son biodegradables por lo que no se descomponen como es el caso de la basura orgánica y tampoco se puede usar para volver a crear un nuevo neumático. Más bien han hecho por años mal uso de las llantas usándolas para quemarlas cuando desean hacer protestas generando gases contaminantes nocivos para la salud, por eso hay que ver las forma de crear opciones positivas a la sociedad a partir de estos elementos.

Es así como este trabajo de titulación se enfoca en ver las formas de cómo minimizar los residuos sólidos, específicamente los que son provocados por las llantas neumáticas, ya que se evidencia que estos residuos generan una alta contaminación, solo basta con observar ciertos paisajes de la urbe porteña para notar que muchos neumáticos terminan en terrenos baldíos, bordes de la carretera sobre todo en las vías perimetrales, entre otros.

Estos neumáticos que se quedan como desperdicio en la ciudad generan una alta contaminación debido a que son productos que tardan alrededor de 100 años en descomponerse debido a que está compuesto por caucho, acero, óxido de zinc, textiles, cobre, cadmio y plomo; lo que lo vuelve en un agente altamente contaminante.

Entonces, conociendo que las características de descomposición que poseen los neumáticos son de cientos de años y por lo general su uso principal es de uno a dos años, significa que si no se realiza alguna gestión pertinente se generará un alto impacto a corto, mediano y largo plazo. Por eso es necesario crear una alternativa para la reutilización de este material y que pase de ser un desecho para convertirse en un producto que pueda ser aprovechado, tal vez no en su principal función para lo que fue creado; sino en otros tipos de alternativas, minimizando las incidencias negativas de la contaminación para lo cual el enfoque principal está en la creación de adoquines a base de la reutilización de este material.

Las consecuencias en el futuro dependen de las acciones que se tomen en el presente para garantizar la mejor calidad de vida de los seres humanos, de los animales y de la naturaleza en general, conservando la biodiversidad marina, los bosques y en fin creando espacios lo más purificados posibles que permitan vivir adecuadamente.

1.3. Justificación del Problema.

El tema de la contaminación es un problema real que está presente en el día a día de todas las comunidades y este trabajo de investigación busca brindar una opción de reutilización de los neumáticos una vez este material ha cumplido su ciclo de vida para de esta forma reducir los niveles de desperdicios y por ende de contaminación. Con esta alternativa se ofrece otra manera de aprovechar estos elementos una vez han sido desechados y se espera que a partir del debido

proceso se conviertan en adoquines, un bien muy consumido por las sociedades modernas, extendiendo así su vida útil y no dejar que simplemente se convierta en basura contaminante en los distintos rellenos sanitarios o que sea quemado en las diferentes manifestaciones sociales.

Según Gómez (2018), Se le denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico), que puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal (...). La contaminación se clasifica según los grandes medios en la que se la puede encontrar como el suelo, el aire, el agua y la violeta. (para.1)

Así también ONU (2018), menciona que la contaminación es un problema que mata más que el SIDA, la malaria y tan solo si se realizan acciones pertinentes para limpiar el aire se podrá reducir la cantidad de muertes en un 45% para el 2030. Otro tipo de contaminación es la ocasionada en el agua, por el tratamiento inadecuado de los desechos y la limitada infraestructura para la desinfección del agua lo que genera graves amenazas a la salud pública lo que incide en el desarrollo económico y social de los países en vía de desarrollo (Frers, 2018).

Por lo antes expuesto es evidente que esta problemática tiene un amplio alcance y gran afectación en toda la humanidad y es necesario que se generen proyectos como el que se plantea para reducir su incidencia y mejorar la situación ambiental permitiendo un cambio profundo y sostenible lo que ayuda a mejorar la calidad de vida integral.

1.4.Grupo Objetivo (Beneficiarios)

Como beneficiarios directos en la elaboración del diseño y construcción de la máquina para la fabricación de adoquines de caucho a base de neumáticos reciclados son los autores de este proyecto técnico, ya que tendrán la oportunidad de obtener el título de Ingeniero Industrial, con la base de los conocimientos que han sido adquiridos a lo largo de su formación profesional y las

continuas investigaciones que se han realizado en el desarrollo de este proyecto. También se incluyen a los estudiantes de la carrera, ya que podrían realizar prácticas con fines educativos e investigativos con la máquina que se llegue a construir. Además, se considera otros beneficios indirectos que se detalla a continuación.

Ambientales:

Disminución de la cantidad de residuos que generen un impacto ambiental negativo al no descomponerse fácilmente.

Económicos:

De esta manera, se pueden vender materiales reciclables y la empresa no solo puede obtener materias primas de alta calidad a un menor costo, sino también ahorrar mucha energía.

Sociales:

A través de este proyecto se podrá generar una fuente de empleo sostenible y crear una nueva mentalidad de reutilizar productos.

1.5.Delimitación

1.5.1. Delimitación Temporal

El tiempo base de duración establecido es de aproximadamente seis meses a partir de la aprobación de este proyecto técnico y en cuyo tiempo se logrará diseñar y construir la máquina para la fabricación de adoquines de caucho a base de neumáticos reciclados, a fin de aportar a la industria, la sociedad y el medio ambiente la inclusión de un nuevo proceso para la reutilización de este material.

1.5.2. Delimitación Académica

Para hacer viable el desarrollo de este proyecto se requiere la orientación de varios conocimientos adquiridos de las materias presentadas en la malla de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil.

- Técnicas de Investigación
- Dibujo
- Contabilidad de costos
- Procesos de manufactura
- Electricidad
- Principios administrativos
- Ingeniería de métodos
- Mantenimiento
- Producción
- Administración de proyectos
- Control y presupuestación

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Diseñar una máquina para la fabricación de adoquines de caucho a base de neumáticos reciclados.

1.6.2. Objetivos Específicos.

- Fabricar un molino capaz de triturar neumáticos de caucho.
- Inyectar con la ayuda de un cilindro de doble efecto hacia el molde de adoquín.

- Fabricar el molde para obtener como producto final el adoquín.
- Mecanizar el sistema de enfriamiento en el molde.

1.7.Propuesta de solución.

Para brindar una respuesta rápida, eficaz y confiable frente a un incendio dentro del sector debido a las grandes cantidades de neumáticos de cauchos que día a día son almacenados o desechados, generando un gran impacto ambiental por su difícil descomposición y basándose en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación por Sustancias Químicas Peligrosas y Desechos Peligrosos y Especiales, establece que: “La mejor forma de prevención de la contaminación, es la aplicación de procesos de reducción, reciclaje y reutilización de las sustancias químicas y desechos peligrosos que generan las diferentes actividades humanas.”

Es por esto por lo que a través de esta metodología se brindará una nueva alternativa a este material que una vez siendo desechado se vuelve un agente contaminante por la cantidad de años que le lleva descomponerse, y se busca que pase de ser contaminante a ser un material útil y novedoso.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes investigativos

El cuidado del ambiente es uno de los principales enfoques que en la actualidad ha tomado relevancia y ha ocasionado que tanto a nivel nacional como internacional se desarrollen investigaciones no solo de pregrado; sino también de posgrado que persigan este fin a través de diferentes mecánicas como la que plantea el desarrollo de este estudio que es el tratamiento del caucho que contienen los neumáticos para convertirlo tras un debido proceso en un nuevo bien. A continuación se muestran algunos de los trabajos más significativos encontrados en este campo.

El primer trabajo mostrado es el desarrollado en la Escuela Superior Politécnica del Litoral por el ahora ingeniero mecánico Andrés Veintimilla en el año 2015, cuyo tema de investigación fue “Implementación de un diseño mecánico para triturar neumáticos reciclables” y que tenía como objetivo general la reducción del volumen de las llantas en los rellenos sanitarios y en cualquier otro lugar de depósito. Producto de la aplicación del método Von Mises Modificado, se construyeron las partes más relevantes del triturador, con lo que se determinó el diámetro óptimo del árbol y el sistema de transmisión, así como también el sistema de corte en general. Finalmente, al realizar el análisis de factibilidad, el investigador concluyó que el proyecto era viable y que con una inversión estimada de \$71.305,30 en cuatro meses se recuperaría dicho monto, considerando entonces que es completamente rentable económicamente (Veintimilla, 2015).

Otro proyecto de análisis es la tesis efectuada por los ahora ingenieros en mecánica de la Escuela Politécnica Nacional Wladimir Espinosa y Ricardo Tatamués en el 2016 y titulada “Diseño y simulación de una máquina trituradora de llantas de una tonelada por hora de capacidad para la empresa OPTRA-SEMBRES”. Esta investigación tenía el objetivo de crear una máquina

trituradora que con su operación tenga una capacidad de producción de una tonelada por hora de neumáticos triturados y con la única finalidad de reducir el volumen de estos desperdicios en el medioambiente. Este estudio se ejecutó bajo la metodología del diseño concurrente, para lo cual, primero se buscó información teórica de todos los aspectos valiosos de la investigación y posteriormente se recopiló información relacionada con la maquinaria existente y a partir de estos datos con ayuda de software de diseño se procedió a elaborar un equipo que cumpla con las necesidades del estudio (Espinosa & Tatamués, 2016).

El tercer trabajo mostrado es el efectuado en la Universidad Técnica del Norte por el ahora ingeniero mecánico Stalin Mueses en la ciudad de Ibarra en el año 2017 y cuyo tema fue “Máquina trituradora de caucho para la obtención de granulometría fina” que tenía el objetivo de obtener materia prima a partir del triturado de los neumáticos sirviendo así como una alternativa para la disminución de la contaminación en Ibarra y también como una forma de activación económica para esta ciudad. Después de la realización de los estudios teóricos y prácticos, el investigador concluyó que la máquina que construyó tiene un 90% de efectividad con una obtención del 60% de una granulometría fina, lo cual es muy apropiado, pues va acorde al objetivo original del trabajo (Mueses, 2017).

La tesis de maestría realizada en la Universidad Tecnológica de la Mixteca por el ingeniero Víctor Martínez titulada “Diseño de cuchillas y árbol de transmisión para un molino triturador de neumáticos usados” en el año 2020 es otro de los ejemplos que se pueden encontrar en la web. Esta investigación tenía el objetivo del desarrollo de los principales componentes de una máquina trituradora para reducir de manera significativa el volumen de los neumáticos que se encuentran en el Centro Integral de Tratamiento de Residuos Sólidos (CITRESO) en la ciudad de Huajuapán reduciendo así el impacto ambiental tan elevado que tiene México como país. Con la aplicación

de una metodología que inició con la recopilación teórica y posteriormente con ayuda de diferentes sistemas como SOLIDWORKS o el Computer Aided Engineering, asistida por computadora se logró diseñar y comprobar la valía de los componentes del triturador como las cuchillas, el árbol de transmisión, entre otros (Martínez, 2020).

El quinto trabajo mostrado es el desarrollado en la Universidad Continental de Perú por el ahora ingeniero mecánico Gene Ramos en el año 2020 titulado “Diseño y construcción de una máquina trituradora de caucho para la obtención de granulometría de 2 a 5 mm para la empresa Grisand Import - Export EIRL, Juliaca 2019” y cuyo objetivo era diseñar una máquina trituradora que tenga la capacidad de fraccionar el caucho y que se obtenga una granulometría de 2.5 mm. a 5 mm, el cual es el estado ideal del material si se lo considera como materia prima para que las empresas lo conviertan en un nuevo bien. A través de la experimentación y con el uso de una metodología Pugh que es un procedimiento en el que se determinan los principios de una solución, se estructura y se aplica en diversas etapas el diseño de un producto y se logró crear una maquinaria que cumpla con esta tarea. Una vez culminado el estudio se estableció las medidas que los distintos componentes de la trituradora deben poseer para su correcto funcionamiento y se implantó un proceso de manufactura con un manual de montaje, operación y mantenimiento de dicha máquina (Ramos, 2021).

Como se evidencia a lo largo de este apartado los estudios relacionados con la trituración de los neumáticos son muy variados, pero la gran mayoría lo hace solo impulsado por el impacto ambiental que se genera con la reducción del volumen de este material en el medioambiente y pocos son los análisis que buscan obtener un beneficio mayor y aprovechar este tipo de residuos para otorgarle a la sociedad bienes que les sean de utilidad en el desarrollo habitual de sus

actividades como es el caso de esta investigación que con los residuos de la fragmentación del caucho de las cámaras de aire de las llantas y gracias a un sistema de termoformado convertirá esta materia prima en adoquines.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Trituradora

Una máquina trituradora es una de las herramientas claves en el proceso de reciclado de distintos materiales sintéticos como el plástico, el caucho, el papel u otro elemento que una vez terminada su vida útil debe ser fraccionado en pequeñas partes. Estas máquinas tienen la finalidad de reducir el volumen de residuos sólidos, constituyéndose en un medio ideal para ayudar a las empresas a realizar el reciclaje porque pueden tratar una amplia variedad de desechos (Cepeda, 2016). Para cumplir con su objetivo, esta máquina cuenta con palas o cuchillas que una vez encendido el dispositivo procederán a trocear el material que haya sido colocado en la cámara destinada para coleccionar la materia prima y una vez finalizado el proceso los residuos son almacenados en la tolva (Kresisch, 2021).

Este tipo de maquinarias son muy versátiles y de gran utilidad para todas las entidades que trabajan en la gestión de residuos y reciclajes. Normalmente, las trituradoras son de uso indispensable en los centros de reciclaje, vertedero y demás organizaciones que necesitan disminuir el tamaño de los objetos para minimizar los residuos y cuidar el medio ambiente.

Según Espinosa y Tatamués (2016), la trituración es el proceso que divide un elemento sólido en pequeños trozos mediante la aplicación de fuerzas de corte, compresión, tracción y flexión. Para que se creen los pequeños fragmentos se aplica un esfuerzo superior al que puede soportar, lo que se conoce como esfuerzo de rotura.

Las trituradoras se agrupan por distintas maneras, pero la más común es por el volumen que son capaces de conseguir las máquinas una vez iniciado su proceso de fraccionamiento. El primer grupo se denomina trituración primaria, que es donde se encuentra las trituradoras de mandíbulas, que es la más utilizada en cuanto al campo de la producción industrial y mineral, se refiere a la reducción significativa del volumen del material una vez procesado, su homogeneidad y su eficiente productividad. En la trituración secundaria se localizan las trituradoras giratorias y las cónicas en las que ambas estructuras realizan el proceso de fraccionamiento gracias a la compresión de los materiales, pero ayudadas por una pieza llamada nuez que se mueve en el interior de la cámara de triturado. La trituración terciaria es donde se ubican las trituradoras de impactos que como su nombre lo indica, utiliza la energía de impacto para machacar los elementos (Pástor, 2022).

La realidad es que las empresas hoy en día sin importar su tipo deben incluir dentro de sus procesos las formas de como brindar bienes y servicios de calidad, cuidando el medio ambiente y reduciendo los desperdicios a través del uso de la fuerza que genera la trituradora hasta producir un grado óptimo de tamaño de los objetos. El tamaño de los restos está en función de las necesidades que se tienen y del tipo de maquinaria utilizada, por lo que existe diferente tipo de trituradoras.

2.2.2. Tipos de trituradores mecánicos para neumático.

2.2.2.1. Sistema de corte de 1 eje

Este tipo de triturador en ocasiones puede ser de eje horizontal o vertical y está compuesto en su parte interior por placas de desgaste y cubierto por una carcasa. Dentro de este tipo de trituradora existe un eje que gira a gran velocidad y al cual están asegurados los elementos de precisión (Martínez, 2020). Durante el proceso de trituración, los propulsores hidráulicos

presionan el material contra el rotor, que está equipado con cuchillas intercambiables que trituran el material sobre las contra cuchillas (Mendoza, 2010).

Existen varias marcas de trituradoras como la UNTHA y series, una de ellas es la serie LRK que son confiables y rentables. Esta serie se puede adaptar a cada tarea de trituración de plástico con diferentes potencias, formas del rotor, sistema de corte efectivo y un empujador de alto rendimiento. Las cuchillas de esta máquina pueden intercambiarse con facilidad y de forma rápida, reduciendo al mínimo los tiempos de inactividad. Otra serie es la de tipo VR, sinónimo de funcionamiento fiable y sin problemas, que incluye potentes trituradoras, principalmente para el reciclaje de papel, plástico, documentos/datos y madera (pallets y residuos). La finalidad de estos trituradores es la re-granulación, reciclaje en instalaciones propias y reducción de volumen (Veintimilla, 2015).

Figura 1

Modelo Lrk de 1 Árbol de Transmisión.



Fuente: Tomado de Andrés Veintimilla, 2015 en Implementación de un diseño mecánico para triturar neumáticos reciclables, p. 34

2.2.2.2. Sistema de Corte de 2 ejes

Entre la variedad de trituradoras que existen en el mercado se presenta otra alternativa que se denomina sistema de Corte de 2 ejes, este tipo de maquinaria tiene un disco de corte que se coloca de forma concéntrica en el eje de transmisión para que el material se pueda cortar tanto longitudinal como transversalmente (Méndez & Solano, 2010).

Este tipo de trituradora existe en varias marcas, pero una de alta tecnología es la UNTHA que proveen máquinas de última generación de alta calidad, robusta y fiable. Una de las series que posee es la robusta S que se ha desarrollado para aplicaciones de servicio pesado, como la trituración de chatarra electrónica, metal, llantas, desechos peligrosos o papel (Mejia, 2021).

Este modelo de trituradora ha demostrado su amplia durabilidad con una gran y variada gama de aplicaciones, convirtiéndose en una solución autónoma o integrándose en instalaciones complejas gracias a su compacto diseño, así también presenta varias ventajas como poseer un sistema de cambio rápido de mesa, material de salida convincente y de fácil limpieza. A continuación se presenta la figura 2 donde se muestra el modelo de esta máquina trituradora.

Figura 2

Modelo S de 2 Árbol de Transmisión.



Fuente: Tomado de Andrés Veintimilla, 2015 en Implementación de un diseño mecánico para triturar neumáticos reciclables, p. 36

Otra marca de trituradora que tiene amplio reconocimiento internacional es la BOMATIC, que posee una extensa gama de modelos, desde el más ligero hasta el más fuerte (Mejia, 2021). La tecnología de BOMATIC fue diseñada en 1969 y desde esa época ha sido sometida a innovaciones periódicas con productos de alta calidad en el área de trituración, separación, recuperación y recursos naturales como neumáticos de camión y de coche, residuos electrónicos, especiales y comerciales (Unoreciclaje, 2022).

Entre los modelos de BOMATIC se evidencian dos de gran importancia para el desarrollo de este proyecto de investigación como son el B850 S y el B1000 S. En el caso de la trituradora del modelo B850S permite la trituración de plástico, papel, residuos y otros materiales. Esta maquinaria está compuesta por la tolva de alimentación situada en la parte superior y es allí donde se introduce el material a triturar. Después de triturar, el material cae a la estructura base, donde se puede colocar un contenedor para almacenar los residuos triturados. A continuación se presenta la figura 3 donde se muestra el modelo de la trituradora B850 S (Unoreciclaje, 2022).

Figura 3

Bomatic B850 S de 2 Árboles de Transmisión.



Fuente: Tomado de Interpresas, 2022 en <https://www.interempresas.net/Reciclaje/Articulos/252520-Trituracion-de-residuos-nucleares-con-bomatic-b1000.html>

BOMATIC B1000 S, es un modelo cuya base está fabricada en acero soldado y perfilado. El bastidor de la segadora está fabricado con una construcción atornillada de acero perfilado y es resistente a las torceduras. Los dos ejes que portan cuchillas están equipados con cuchillas individuales de acero especial resistente al desgaste y pueden sustituirse (Mejia, 2021).

Este modelo de trituradora está formado por cuatro partes: la tolva, las cuchillas, el motor y la estructura base. Las cuchillas giran con mucha fuerza gracias a su motor eléctrico de entre 22 y 37 kw. Al igual que el modelo anterior también se puede acoplar un contenedor para ir almacenando el material triturado. A continuación se muestra la figura 4 donde se visualiza el modelo versátil y efectivo.

Figura 4

Bomatic B1000s de 2 Árboles de Transmisión.



Fuente: Tomado de Andexport, 2022 en <https://andexport.com/producto/trituradoras-de-2-arboles/>

2.2.2.3. Sistema de Corte de 4 ejes

El sistema de corte 4 ejes para aplicaciones universales de reciclaje es una alternativa con estructura robusta y compacta de la máquina, que tiene gran resistencia a impurezas con disponibilidad y seguridad en los procesos. Normalmente, el material triturado cae en la cámara de corte y del proceso posterior a la trituración primaria y secundaria, acción que se realiza en una sola operación. Las partículas que no pasan a través de la pantalla son empujadas hacia arriba por los árboles exteriores y reintroducidas en el ciclo de trituración (Martínez, 2020).

La marca que se ha previsto para este proyecto es la UNTHA y la serie planteada es la RS, la misma que se destaca por sus trituradoras potentes y robustas para condiciones de operación severas y continúa en varios turnos, con cuatro ejes fiables y fuertes, desarrollado especialmente para una amplísima y diversificada gama de aplicaciones (Untha, 2022). A continuación se muestra la figura 5 donde se visualiza el modelo de la maquinaria trituradora de 4 árboles de transmisión.

Figura 5

Máquina Trituradora de 4 Árboles de Transmisión.



Fuente: Tomado de Andrés Veintimilla, 2015 en Implementación de un diseño mecánico para triturar neumáticos reciclables, p. 42

A continuación se describe un diseño de la tecnología de trituración con eje de transmisión UNTHA 4.

Recomendaciones de uso. La máquina modelo 50/66 es una máquina multipropósito pequeña a mediana adecuada para triturar una amplia variedad de materiales, tanto de desecho como de no desecho. Se puede instalar en línea para un funcionamiento continuo recomendado para triturar grandes trozos de madera, trapos, plástico, neumáticos pequeños, papel, cartón, embalaje, cinta de polietileno, film plástico, botellas PET, etc (Martínez, 2020).

Aplicaciones típicas

- Metales no férreos
- Chatarra electrónica RAEE:
- Residuos peligrosos
- Neumáticos:
- Cables
- Aplicaciones difíciles (Martínez, 2020).

2.2.3. Componentes de la trituradora

2.2.3.1. Árbol de transmisión

El árbol de transmisión o también conocido como eje de transmisión es un componente cilíndrico que con su movimiento lo que busca es otorgar potencia o transmitir un esfuerzo motor al girar sobre sí mismo a las diferentes piezas que se encuentran sobre él (Bonilla & Pilatasig, 2018). En el diseño de un árbol de transmisión se deben considerar diversos aspectos, pero los que sobresalen son tres y son la resistencia que hace referencia a las tensiones mecánicas que debe soportar, la rigidez que va en función a geometría del eje de transmisión y las posibles distorsiones

que puede tener por el esfuerzo sometido. Finalmente, la inercia porque al igual que un cuerpo con movimiento rectilíneo este componente supone una traba a los cambios de su velocidad angular (Mecánica automotriz, 2015).

Para Casonava (2016) otros de los parámetros que también son relevantes para el diseño del eje de transmisión son los que mencionan a continuación:

- Selección de material.
- Diseño constructivo (configuración geométrica).
- Verificación de la resistencia:
 - Estática
 - A la fatiga
 - A las cargas dinámicas
- Verificación de la rigidez del árbol mediante:
- Deflexión por flexión.
- Deformación por torsión.
- Verificación de las frecuencias naturales

Selección del material

Los árboles de transmisión, el acero al carbono SAE 1020-1050 se pueden seleccionar de acuerdo con la recomendación y su costo (Mendoza, 2010). Cuando el criterio de resistencia es más alto que el criterio de deformación, se puede seleccionar un acero de mayor resistencia, como el acero aleado SAE 3140, 4140 o 4340.

Para este proyecto se recomienda utilizar acero AISI 4340 por el tipo de aplicación que se requiere al momento de triturar, este acero es muy utilizado en trituración de llantas, las

propiedades de este acero se enumeran a continuación en la tabla 1 titulada Propiedades mecánicas AISI 4340.

Tabla 1

Propiedades Mecánicas AISI 4340.

Diámetro (mm)	Límite de fluencia(N/mm²)	Resistencia a la tracción (N/mm²)
≤ 16	1,000	1,200 - 1,400
≤ 16 ≤ 40	900	1,100 - 1,300
≤ 40 ≤ 100	800	1,000 - 1,200
≤ 100 ≤ 160	700	900 - 1,100
≤ 160 ≤ 250	600	800 - 950

Fuente: Adaptado de Andrés Veintimilla, 2015 en Implementación de un diseño mecánico para triturar neumáticos reciclables, p.69.

Dependiendo del diseño de otras trituradoras de neumáticos, el diámetro del eje de transmisión oscila entre 100 y 160 mm. Por lo tanto, se tendrán propiedades mecánicas basadas en el rango de diámetro recomendado en otras investigaciones, pues desconocer los hallazgos y las sugerencias de los estudios ya realizados ocasiona que en la parte práctica de este trabajo académico se presenten inconvenientes.

2.2.3.2. Motor

El motor es un dispositivo que hace que una máquina funcione, ya que gracias a este componente se transmite la energía a todo el sistema de la maquinaria. El motor debe ser alimentado con algún tipo de energía o combustible de carácter natural o procesado. En una sociedad altamente industrializada este elemento se ha convertido en una de las invenciones más empleadas, pues la gran mayoría de elementos que se emplean en el día a día del ser humano son impulsados por un motor para su correcto funcionamiento. De manera regular el término motor

solo se emplea para referenciar a aquellos dispositivos que tienen la finalidad de generar una energía de tipo mecánica, pero también se emplea esta denominación para identificar las máquinas que con su operacionalización generen energía (Transelec, 2021).

Motor reductor

El motor reductor o también denominado motorreductor es un dispositivo que es capaz de combinar en una sola pieza las funciones y cualidades de un reductor de velocidad con las de un motor con la finalidad de reducir de manera automática la velocidad de un equipo. En la actualidad este tipo de motores ha incrementado su uso porque en el medio industrial cada vez más son los ingenieros mecánicos los que descartan la utilización de motores que para su funcionamiento emplean un sistema de corriente continua que incrementa el uso de energía dentro del proceso operativo de la maquinaria (Roydisa, 2018).

Los motorreductores se agrupan o clasifican en tres tipos categorías que están relacionadas con el sentido del giro del reductor, el primero es el reductor de ejes paralelos, que es de engranaje y su nombre se lo debe a la ubicación paralela tanto del eje del motor y como del motorreductor. El segundo tipo es el reductor de ejes perpendiculares que al igual que en el caso anterior su nombre se lo debe la ubicación del eje del motor y del motorreductor y lo mismo ocurre con los motores reductores de planetario siendo el eje del motor el que se encuentra en el centro y los reductores a su alrededor (Sew-eurodrive, 2019).

Torque

El torque puede ser considerado como la unidad de medida que determina la fuerza que se puede ejercer sobre un cuerpo para girarlo, en el caso de los motores esta unidad de medida se encuentra expresada en newtons y mide la fuerza con la que el motor hace girar a los pistones o émbolos que posea (Nexu, 2018). El torque de un motor es un mecanismo que se encuentra

instalado en el motor y que tienen la función de rotar a su máxima capacidad para conectarse con una balanza que determina la fuerza del frenado. El torque del motor se calcula al multiplicar la fuerza por la distancia, por lo cual se considera que entre mayor sea el torque del motor más fuerza puede ser capaz de generar en la máquina que integra (Autocosmos, 2012).

Cálculo de la potencia del motor

La potencia del motor se determina una vez se haya identificado el torque que posee el motor, pues la potencia se obtendrá del producto de la multiplicación del torque del motor por la velocidad de giro que genera. Por lo ya mencionado entonces es correcto indicar que la potencia de un motor se sabrá cuando se multiplique el torque que es la fuerza de arranque del motor por las revoluciones que pueda generar, es decir, su velocidad de giro; así como también que la potencia de un motor indica la capacidad de aceleración que tiene este dispositivo (Autocosmos, 2012).

Factor de servicio

El factor de servicio o de seguridad en un motor es una medida que determina la carga adecuada que dicho componente puede soportar, favoreciendo de esa manera su rendimiento, pues garantiza una mejor estimación de la vida útil de este componente indispensable para el funcionamiento de cualquier maquinaria. En definitiva, el factor de seguridad es una magnitud que permite calcular los factores externos que inciden de manera negativa en el rendimiento de un motor. Esta magnitud se emplea como un multiplicador de la potencia de la placa del motor determinado así la carga a la que puede ser sometido el motor cuando se encuentre operando es mayor (Compañía Levantina de Reductores, 2017).

El factor de servicio se puede obtener de la multiplicación de tres componentes que son el tiempo de factor de funcionamiento, el factor de fluctuación cíclica de par motriz y factor de

variación de carga sobre la máquina. Para obtener el primer componente se debe aplicar la siguiente fórmula $Cst = (te/10)^{1/4}$ te: tiempo diario empleado, para el segundo componente la fórmula correspondiente es de $Csm = 1,6 - 0,1 P$ donde la P representa el número de cilindros y finalmente el tercer componente se obtiene de la reglamentación de cada país para las variaciones de carga de la maquinaria (Guerrero, 2018).

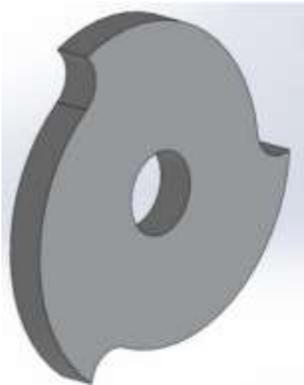
2.2.3.3.Cuchillas

Las cuchillas son herramientas metalizadas por lo general cuya función es la de cortar o rebanar un material en pequeñas porciones, en el campo industrial son muy requeridas y de acuerdo con su finalidad el mecánico diseña su dimensión. En una máquina trituradora es una de las piezas fundamentales, porque gracias a la rotación del eje de las cuchillas se logra cortar el material que ha ingresado a la tolva, tomando así un papel protagónico en todo el proceso de triturado. Este componente de la máquina debe ser tratado con un cuidado especial y que siempre esté orientado a que se encuentre en una condición óptima el sistema de corte, pues de su calidad dependerá la efectividad o el fracaso dentro del proceso de trituración (Moyano, Naranjo, & Tenicota, 2020).

Modelo de Cuchillas

Para ejemplificar mejor los modelos de las cuchillas más apropiadas para una máquina trituradora se presenta la tabla 2 titulada modelos de cuchillas que tiene la finalidad de recolectar los diferentes modelos de cuchillas que fueron consideradas para el desarrollo del trabajo de los investigadores Moyano, Naranjo, & Tenicota, que se titula Diseño y selección de cuchillas para el proceso de trituración de neumáticos y análisis de costos de fabricación.

Tabla 2*Modelos de cuchillas.*

Nombre de la cuchilla	Representación gráfica de la cuchilla	Tipos de cuchillas de acero	Datos relevantes de la cuchilla
Modelo con flancos rectos		Cuchilla de acero A36	Tiene una deformación máxima de 0.132 mm
		Cuchilla de acero SAE 1045	Tiene una deformación máxima de 0.0275 mm
		Cuchilla de acero SAE S1	Tiene una deformación máxima de 0.0209 mm
Modelo con flancos a 75 grados		Cuchilla de acero A36	Tiene una deformación máxima de 0.129 mm
		Cuchilla de acero SAE 1045	Tiene una deformación máxima de 0.0273 mm
		Cuchilla de acero SAE S1	Tiene una deformación máxima de 0.0208 mm
modelo de flancos curvos		Cuchilla de acero A36	Tiene una deformación máxima de 0.126 mm
		Cuchilla de acero SAE 1045	Tiene una deformación máxima de 0.0265mm
		Cuchilla de acero SAE S1	Tiene una deformación máxima de 0.0202mm

Fuente: Adaptado de Javier Moyano, Eugenia Naranjo, & Alex Tenicota 2019. En *Diseño y selección de cuchillas para el proceso de trituración de neumáticos y análisis de costos de fabricación*, p.38-39.

2.2.3.4. Émbolo

Un émbolo o también denominado pistón es uno de los componentes principales de los motores, de los cilindros neumáticos, ciertos compresores o cualquier otro dispositivo que tenga un mecanismo de funcionamiento similar a los ya mencionados. Su principal tarea está determinada por su capacidad de transmisión de la fuerza de una parte a otra del motor y es por eso por lo que se encuentra ubicado en la cámara de combustión, también se le debe a esta tarea su estructura cilíndrica. Otro de los propósitos de este mecanismo es modificar el volumen interno de un cuerpo cilíndrico y de esa manera receptor o ejercer una fuerza sobre un fluido (Automociononline, 2019).

El pistón al ser un elemento móvil de poseer el cilindro recepta la fuerza de expansión generada por la combustión de los gases en el motor y gracias a las bielas son transmitidas al cigüeñal, este elemento también se encarga de la absorción de gran parte del calor que se produce por combustión antes mencionada y lo redistribuye a las paredes del cilindro para que el mecanismo lo expulse de manera segura. Por lo antes mencionado la construcción del émbolo debe ser de manera detallada y precisa que se obtendrán con cálculos que no solo miden su área, sino que demuestren su resistencia al desgaste, su dilatación e incluso el acoplamiento a su respectivo cilindro (Bravo, Abarca, & Escobar, 2020).

Área del émbolo

Para calcular el área de la superficie del émbolo o pistón se deben considerar el diámetro del pistón y la valoración de π , sabiendo esa información se la puede remplazar en la fórmula que se muestra a continuación: $A = \frac{(\pi D^2)}{4}$; donde claramente el valor de π corresponde a 3.1416 y la D

representa al diámetro, con esos valores remplazados en la fórmula se detecta el área del émbolo (Aceros y Sistemas Hidráulicos, 2015).

2.2.3.5. Tolva

Una tolva es un dispositivo que sirve de embudo para alimentar con materia prima de manera eficiente una máquina que tras un debido proceso transforma esta materia en un nuevo material. Las tolvas cumplen su objetivo principalmente gracias a su estructura piramidal invertida con la que fácilmente albergan el material y lo dirigen a las cuchillas. Las paredes de este dispositivo son lizas y tienen una inclinación adecuada con lo que facilitan la descarga del material en la cámara de almacenamiento de la materia para que la máquina inicie su proceso (Cáceres, 2018).

La capacidad de la tolva se encontrará en relación con las necesidades que la máquina tiene, incluso en ocasiones también depende del nivel de seguridad que se quiere tener, pues estos dispositivos se construyen no solo para alimentar de material a las máquinas, sino también como una barrera contenedora de los residuos que va arrojando la acción de desgarre que tienen las cuchillas cuando el producto se tritura. Las tolvas en procesos de producción de mayor escala son alimentadas de manera automática por una cinta transportadora que hace que la materia a triturar caiga dentro del dispositivo, que es algo que no pasa cuando la producción es reducida y las máquinas destinadas para este trabajo son de dimensiones más pequeñas (Samaniego, 2016).

2.2.4. Diseño Constructivo

Dado que las llantas deben ser trituradas, se requiere cierta fuerza para realizar sus respectivas pruebas de corte y desgarro. En la prueba, se tomaron algunas muestras del producto y se determinó la fuerza de corte. La fuerza de corte aplicada al neumático entra con cierto ángulo

de inclinación, haciendo que se descomponga en fuerza tangencial y radial, resultando una fuerza tangencial porque la fuerza radial estará dirigida hacia el centro del eje (Méndez & Solano, 2010).

2.2.4.1. Diagrama de fuerza cortante y momento flector

El diagrama de fuerza cortante lleva a un análisis básico del momento flector, en el que se centrarán los intereses de investigación, ya que el momento flector máximo obtenido es el momento flector máximo que se produce al calcular el diámetro óptimo del eje de transmisión (Mendoza, 2010). El eje impulsor estará sujeto a las siguientes fuerzas:

Para el cálculo de los momentos cortantes y flectores se incorpora las fuerzas concentradas considerando las condiciones más críticas del eje y el peso del álabe como la suma de la carga distribuida más la carga distribuida, debido al esfuerzo cortante generado por la cuchilla (Casanova, 2016).

2.2.4.2. Deducción de la ecuación representativa del cortante y el momento flector la cual es enunciada a continuación

Implica tratar el elemento diferencial de longitud de la viga como un cuerpo libre. Las condiciones de equilibrio llevarán a las ecuaciones diferenciales relacionadas con cargas, fuerzas cortantes y momentos flectores. Estas ecuaciones se utilizan para construir diagramas de fuerza cortante y momento flector (Casanova, 2016).

2.2.4.3. Cálculo del cortante y momento flector por el método de ecuaciones diferenciales

Para los cálculos de momento cortante y de flexión, la fuerza de corte del inserto se considera como la carga distribuida más la carga distribuida del peso del inserto (Casanova, 2016).

2.2.5. Diseño del sistema de corte.

Para el diseño del sistema de corte, los investigadores se basaron en el diseño del sistema de levas, el cual será parte esencial del diseño debido al grado de importancia cuando la hoja está en contacto con el neumático. A continuación, se presentan las características técnicas del sistema de corte previo al diseño del mismo:

Ambos tipos de acero son muy utilizados en el medio, ya que son comerciales y muy utilizados por sus propiedades mecánicas. Ambos funcionarán debido al tipo de aplicación que se necesite. Se procede con el análisis del DF2 AISI Tipo 01. En el archivo adjunto puede consultar las fichas técnicas de ambos aceros.

2.2.6. Neumático

Un neumático es una pieza de caucho que se coloca en las ruedas de varios vehículos, con la finalidad de que arranque, se mueva o frene dicho movimiento gracias a la fricción y adherencia que este componente tiene con el pavimento o cualquier superficie en la que se encuentre. Los neumáticos también son denominados llantas, cubiertas o goma y generalmente tienen una cámara de aire, que no es más que una parte blanda de caucho en la llanta que se infla para albergar el aire necesario para que funcione con normalidad. Hay neumáticos que no poseen esta cámara y en este caso el aire se encuentra contenido directamente en la llanta (Flores & Idrovo, 2018).

Los neumáticos tienen distintas formas de ser clasificados, pero la más usual son dos: la primera por su construcción donde se encuentran ubicadas las llantas diagonales cuyo nombre radica en la colocación diagonal de las capas de los distintos materiales que conforman al neumático, las llantas radiales que para su construcción las capas de sus materiales se colocan de manera recta dando así mayor estabilidad y resistencia a la cobertura del neumático y finalmente

las llantas auto portante que en su elaboración las capas de los materiales son ubicadas de manera recta, pero en esta ocasión también se construyen de esta manera los flancos dando mayor rigidez y resistencia al neumático. La segunda clasificación se da por uso o no de la cámara de aire, siendo conocidos como neumáticos tubetype o TT los que usen este mecanismo y aquellos no lo empleen reciben el nombre de neumáticos tubeless o TL (Flores & Idrovo, 2018).

Los neumáticos, al tener una gran variedad de partes, están constituidos por diversos materiales como lo son el óxido de zinc, azufre, acero, material textil, ente otros componentes, pero en su gran mayoría las llantas están formadas por caucho, sea este natural o sintético (Cardona & Sánchez, 2016). La distribución de los materiales que componen a los neumáticos va variando como lo deja ver los investigadores Cano, Cerezo y Urbina en su libro Valorización material y energética de neumáticos fuera de uso, que fue tomado como referente en la investigación de Cardona y Sánchez y que se muestra a continuación en la Tabla 3 titulada composición de los neumáticos.

Tabla 3

Composición de los neumáticos.

Material	Turismo	Camión /autobús
Caucho/Elastómero	48%	43%
Negro de carbono	22%	21%
Metal	15%	27%
Textil	5%	-
Oxido de zinc	1%	2%
Azufre	1%	1%
Aditivos	8%	6%

Fuente: Adaptado de Encarnación Cano, Lidia Cerezo y Marina Urbina, 2007 en Valorización Material y energética de neumáticos fuera de uso. 2007, p.10.

Es importante indicar que indistinto el tipo de neumático, el caucho, el negro de carbono y el metal son los principales componentes de una llanta, ya que en ambos casos representan más

80% de los materiales que se emplean en su elaboración. Es por esta razón que una vez finalizada la vida útil de este componente vital en los vehículos debe ser debidamente tratado para que no afecte al medio ambiente que en los últimos años se ha visto tan deteriorado por las distintas actividades que como sociedad la humanidad ha realizado.

La preocupación del impacto que tiene las llantas en el ambiente ha llevado a que durante las últimas décadas se incrementen los estudios que buscan darle una segunda vida a los neumáticos, sea ésta a través de su trituración, restructuración o de uso integral. Adicional a lo ya mencionado, hay que considerar que los neumáticos están diseñados para soportar distintas condiciones producidas por la naturaleza o por el hombre, convirtiéndolo así en uno de los tantos elementos indestructibles que son parte de los residuos de las sociedades modernas (Sánchez, 2012).

Una parte de las llantas se reutiliza para recauchutar, principalmente para camiones, pero la gran mayoría son incineradas o almacenadas en basureros a cielo abierto, lo que representa una amenaza para el medio ambiente, y estas llantas se utilizan en el proceso de trituración (Méndez & Solano, 2010). Para este estudio se optó por emplear la trituración de las cámaras de aire de los neumáticos como una vía para incrementar la eficiencia de su reciclaje, ya que este elemento es caucho y tras el debido proceso se empleará este material para generar adoquines. El área de trituración de la máquina a diseñar tendrá el tamaño de una llanta promedio de auto, para llantas de mayor tamaño se cortarán a la mitad para que ingresen sin problema al área de trituración.

2.2.6.1. Ventajas que se producen al triturar neumáticos reciclados.

El diseño de la trituradora de neumáticos contendrá parámetros que serán tratados en proyectos posteriores. Estos diseños tienen muchas similitudes debido a los diseños propuestos

por los fabricantes de trituradoras con dos ejes de transmisión (Mendoza, 2010). Uno difiere del otro en la capacidad de ser aplastado, lo que a su vez aumenta o disminuye la potencia.

El diseño aparecerá al triturar un neumático que se haya quitado por completo de los cables que contiene. El neumático guía que entrará en la abertura de trituración será un neumático con 16 anillos, con base en los cuales se determinará el tamaño del área de trituración. Hay que recordar que en la máquina se pueden introducir neumáticos más grandes, pero antes hay que cortarlos para poder introducirlos sin problemas (Méndez & Solano, 2010). A continuación, en la tabla 4 se determinan las dimensiones de los diferentes tipos de neumáticos de aros 16, ya que esto es de interés para los detalles de diseño anteriores:

Tabla 4

Selección de Las Dimensiones de un Aro 16.

Medida	Ancho de la llanta (pulgada)	Ancho de la llanta (mm)	Diámetro ext.(mm)
Potenza GIII (Automóvil)			
195/50R16	6.0	201	602
205/50R16	6.5	214	612
205/55R16	6.5	214	632
205/55R16	6.5	214	632
215/55R16	7.0	226	642
225/50R16	7.0	233	632
225/55R16	7.0	233	654
Dueler A/T 694 (Camioneta)			
215/70R16	6.5	221	708

Fuente: Adaptado de Andrés Veintimilla, 2015 en Implementación de un diseño mecánico para triturar neumáticos reciclables, pp.60-61.

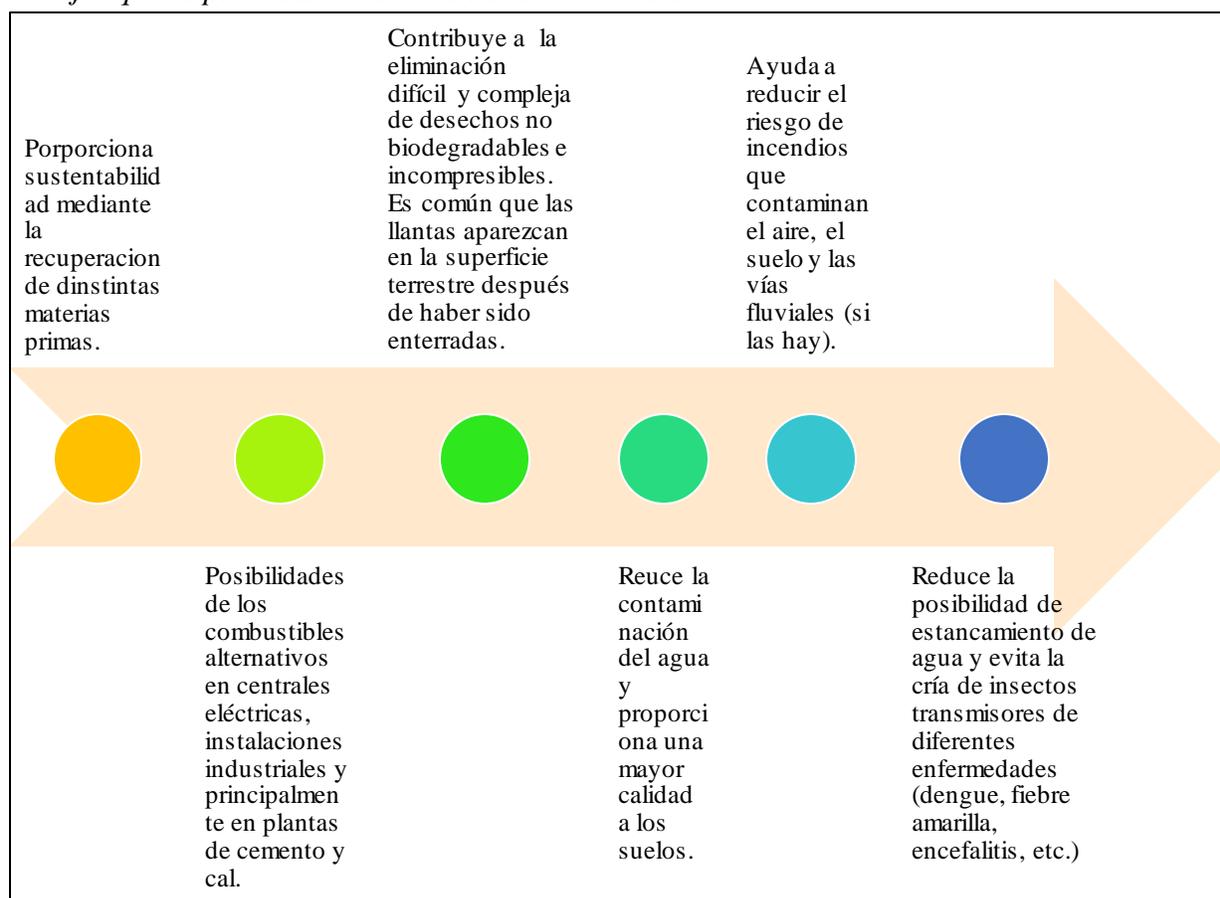
2.2.6.2. Ventajas que se producen al triturar neumáticos reciclados.

La importancia de reciclar llantas es una buena solución en el campo de la protección del medio ambiente, ya que según diferentes experiencias alrededor del mundo, este reciclaje tiene varias aplicaciones, tales como: para capas de asfalto de carreteras más seguras, aislantes de

vehículos, telas, compuestos de caucho y la última tendencia, quizás lo más importante, convertirlo en electricidad. Incluso ha sido estudiado para su aplicación como material fonoabsorbente (Casanova, 2016). Por lo tanto, entre los beneficios del reciclaje de neumáticos, la Figura 6 puede señalar los siguientes:

Figura 6

Ventajas que se producen al triturar neumáticos reciclados.



Fuente: Adaptado de Andrés Veintimilla, 2015 en Implementación de un diseño mecánico para triturar neumáticos reciclables, pp.51-52.

2.2.7. Disminución de contaminación al medio ambiente

La débil conciencia humana, la falta de políticas ambientales efectivas, la poca innovación dentro de los procesos de producción, el asombroso crecimiento en el número de automóviles y otros factores más, han contribuido a la contaminación irracional del planeta

(Mejía, 2021). En respuesta a esta situación, los movimientos sociales que buscan el cuidado medioambiental a través de diversas acciones han ocasionado que cada vez sean más las empresas que consideren dentro de sus políticas administrativas prácticas que reduzcan el impacto de sus actividades en el ambiente.

Las llantas son uno de los residuos que más impacto tiene en el medio ambiente: son de gran tamaño, no se descomponen, son nidos ideales para roedores e insectos, son una fuente potencial de incendios y contaminan no solo el suelo, sino también el medio ambiente, el aire y la fabricación de ellos sustancias que pueden filtrarse en el suelo y contaminar los acuíferos subterráneos (Casanova, 2016). Quizás, reciclar llantas difícilmente determina la ganancia financiera de quienes lo hacen.

Sin embargo, se deben tener en cuenta los beneficios ambientales, sociales y de salud que trae para la ciudad y su gente, por lo que se considera ampliamente razonable iniciar este proceso de recuperación lo antes posible (Casanova, 2016). Los neumáticos no son biodegradables, pueden sobrevivir durante millones de años, no se pueden reutilizar para fabricar neumáticos nuevos, no se pueden enviar al vertedero, ya que dificultan la eliminación de los residuos, la acumulación está prohibida por el riesgo de incendio.

2.2.8. Adoquines

Los adoquines son elementos prefabricados generalmente a base de agua y concreto lo que le da una resistencia mayor a las cargas de compresión que pueden ser aplicadas sobre este producto. En la búsqueda de una homogeneidad del producto final en la actualidad se los produce de manera industrializada y bajo un estricto control de calidad aplicado por los laboratorios dedicados a evaluar los materiales de construcción. Los adoquines de manera tradicional se han empleado en la construcción del pavimento, pero con el paso del tiempo la innovación en la

construcción hoy en día se los destina para infinidad de usos, que van desde la pavimentación hasta el arquitectónico, ya que se les da colores, forma, e incluso nuevos materiales para su elaboración (Cabezas, 2014).

La versatilidad de los adoquines hace que sean un elemento muy apreciado por los constructores y los arquitectos porque con su utilización le dan un toque personal muy elevado al trabajo que estén realizando. Además, son usados por su durabilidad, sus bajos costos, su versatilidad en modelos que no solo van desde el color o los materiales que están elaborados, sino también por la variedad de texturas y tamaños. Así también este material es muy apreciado por su nulo desplazamiento una vez haya sido aplicado, su uso inmediato una vez se haya instalado e incluso por la adaptabilidad al corte para que se ajuste al espacio (DeVargas, 2021).

En definitiva, los aspectos que han llevado a que los adoquines se conviertan en una gran alternativa dentro de la construcción y la arquitectura son muy variados y no se debe considerar este reconocimiento a uno solo de sus atributos; pues la suma de estos aspectos es lo que ha llevado a que este elemento sea parte de las tendencias vanguardistas en el mundo del diseño arquitectónico y en la construcción.

2.2.8.1. Moldes de adoquines

Los adoquines se pueden clasificar en dos grandes grupos de acuerdo con su funcionalidad, unos son considerados para el uso peatonal y otros para el uso de vehicular. Los adoquines peatonales están destinados para que sean utilizados para que las personas transiten por ellos, ya sea en las calles, en jardines exteriores o interiores, e incluso se encuentran dentro de centros comerciales, específicamente en las zonas de juego no solo para decorar, sino que de acuerdo con el tipo de material incluso convertirse en una alternativa de seguridad si los niños se caen (Nuteco, 2020). Los adoquines vehiculares están diseñados para soportar el peso de los vehículos, la

velocidad a la que circulan, el clima o incluso el flujo vehicular, estos adoquines son evidentemente de exteriores y se los encuentran en las avenidas o calles de una ciudad, pero también pueden encontrarse en las entradas de los garajes y tienen espesor promedio de 8 centímetros (Cabezas, 2014).

Existen diferentes tipos de moldes al momento de elegir la construcción de un adoquín, en muchos casos dependerá la finalidad o el gusto del fabricante, a continuación se mencionan los más comunes en el mundo de la construcción y el diseño arquitectónico.

Adoquín rectangular

Adoquín Tokio

El adoquín Tokio es uno de los tantos adoquines de forma rectangular que en su versión vehicular se caracteriza por tener un largo de 20 centímetros, 8 centímetros de espesor y diez centímetros de ancho. Además, este tipo de adoquín se caracteriza por tener una resistencia aproximada de 400 kg/cm^2 y un peso promedio de 3.3kg. Este adoquín en su versión peatonal mantiene sus medidas de ancho y de largo, su espesor se reduce en a 6 centímetros haciendo que su peso también se reduzca a 2.6 kg, pero también hay una versión de este adoquín donde en el que su espesor es de 4 centímetros, pero es el menos usado (Hopu Adoquin, 2022).

Figura 7

Apariencia del adoquín rectangular Tokio.

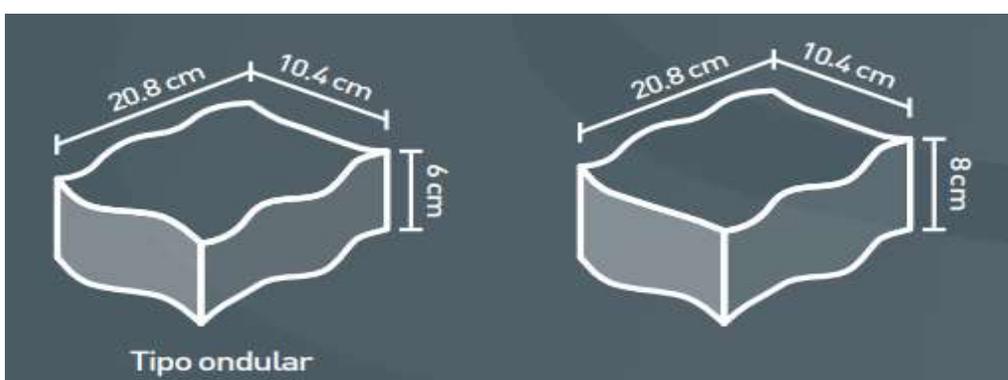


Adoquín con ondulaciones

El adoquín con ondulaciones es una variante del adoquín rectangular Tokio, pero que en lugar de tener sus laterales de manera completamente plana poseen ciertas hendiduras que le dan el aspecto de ondas. Los adoquines de este tipo que pertenecen a la versión peatonal y la versión vehicular mantienen sus dimensiones de largo y ancho, siendo estas de 20.8 centímetros de largo y 10.4 centímetros de ancho, lo único que varía es su espesor que va de 4 en una de sus versiones peatonales y la segunda de 6 centímetros y en su versión vehicular asciende a 8 centímetros (Yura, 2018).

Figura 8

Apariencia del adoquín rectangular con ondulaciones.



Fuente: Tomado de Yura , 2018 en https://www.supermix.com.pe/files/dip_adoquines.pdf

Adoquín cuadrangular

Adoquín cuadrado

El adoquín cuadrado es uno de los modelos de adoquines más fáciles de combinarlos con otras figuras geométricas de este material, no solo por su forma, sino porque se puede encontrar en distintas medidas, principalmente las que se empleen para pavimentado vehicular donde el espesor es el mismo que es 8 centímetros, pero sus dimensiones de ancho, largo, peso van cambiando. En el primer caso que es el más grande mide 30 centímetros de ancho y de largo y su

peso es de 9.28 kg, la medida mediana de este tipo de adoquín es de 20 centímetros de largo y ancho y eso ocasiona que su peso se reduzca hasta los 6.08 kg y finalmente la medida pequeña solo pesa 3.50 kg y esto se lo debe a su ancho y largo de 15 centímetros. La versión peatonal tiene un peso de 1.10 kg y esto se lo debe a sus 10 centímetros de largo y de ancho, pero también a que tiene un espesor de 5 centímetros (Granitos y Barros Hidalgo, 2015).

Figura 9

Apariencia del adoquín cuadrado.



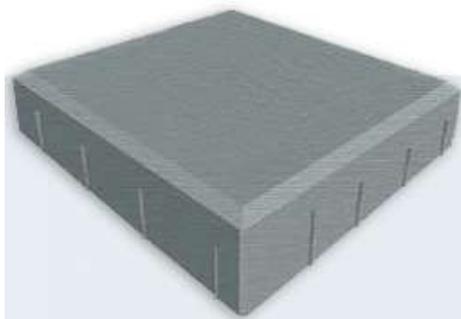
Fuente: Tomado de Granitos y Barros Hidalgo , 2015 en <https://www.granitosybarroshidalgo.com/catalogo/adocreto-cdmx/adocreto-cuadrado/>

Adoquín Londres

Los adoquines por su dimensión y su construcción son netamente peatonales, tienen 20 centímetros de largo y la misma dimensión de ancho y posee un espesor de 6 centímetros. Este tipo de adoquines tiene un peso promedio de 6 kg y tiene una resistencia aproximada 400 kg/cm^2 . Este tipo de adoquines no son tan recomendables para realizarse en modelo de adoquín vehicular, pero de hacerse al igual que en el caso anterior, sus dimensiones se mantienen y su espesor se incrementa a 8 centímetros y su peso llega a bordear los 13 kg (Hopu Adoquin, 2022).

Figura 10

Apariencia del adoquín cuadrado Londres.



Fuente: Tomado de Hapu Adoquín, 2022 en <https://adoquineshopu.com/descargas/FICHA%20TEC.%20ADOQUINES.pdf>

Adoquín Madrid

Los adoquines Madrid tienen dos presentaciones además de su versión peatonal y la vehicular, estas dos presentaciones se encuentran relacionadas con sus texturas superiores, una tiene líneas y la otra tiene pupos dando un relieve. Las dimensiones de ancho y de largo en este adoquín es de 30 centímetros al igual que el adoquín Londres y su resistencia es de 400 kg/cm^2 . El adoquín Madrid en su versión peatonal tienen un espesor de 6 centímetros lo que hace que su peso promedio sea de 12 kg y en su versión vehicular el espesor aumenta a 8 centímetros y su peso promedio rodea los 11,50 kg (Hapu Adoquin, 2022).

Figura 11

Apariencia del adoquín cuadrado Madrid.



Fuente: Tomado de Hapu Adoquín, 2022 en <https://adoquineshopu.com/descargas/FICHA%20TEC.%20ADOQUINES.pdf>

Adoquín Hexagonal.

El adoquín hexagonal es muy parecido al adoquín octagonal y al igual que este último, el adoquín hexagonal recibe su nombre de la figura geométrica de 6 lados. Este adoquín al igual que muchos de los que se han presentado en este apartado tiene más de una alternativa en su opción peatonal, pero con la peculiaridad de que en esta ocasión no varía su espesor que es de 6 centímetros, sino sus otras dos dimensiones, en el caso de su versión normal tiene 24 centímetros de largo y 27 centímetros de ancho, mientras que su versión chica tiene 18.5 centímetros de largo y 21 de ancho; estas variaciones afectan a que al peso de cada adoquín siendo 5.40 kg el peso del primero y de 3.28 kg la del segundo. En su versión vehicular, este adoquín tiene 24 centímetros de largo y 27 centímetros de ancho y un espesor de 8 centímetros, lo que provoca que su peso unitario sea de 7.50 kg aproximadamente (Granitos y Barros Hidalgo, 2015).

Figura 12

Apariencia del adoquín hexagonal.



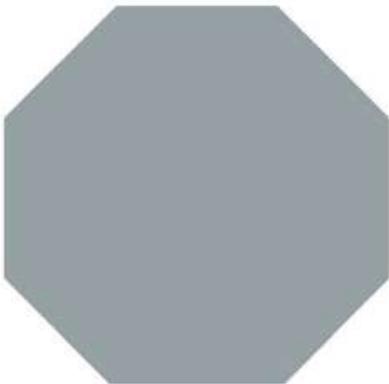
Fuente: Tomado de Granitos y Barros Hidalgo , 2015 en <https://www.granitosybarroshidalgo.com/catalogo/adocreto-cdmx/adocreto-hexagono/>

Adoquín Octagonal

El adoquín octagonal tiene un largo de 24 centímetros, un ancho de 10 centímetros y un espesor de 8 centímetros, haciéndolo ideal para el pavimentado y el uso vehicular porque tiene una resistencia promedio de 208 kg/cm^2 y otorgándole un peso de 8.15 kg por unidad (Grupo Traber , 2018).

Figura 13

Apariencia del adoquín octagonal.



Fuente: Tomado de Granitos y Barros Hidalgo , 2015 en <https://www.granitosybarroshidalgo.com/catalogo/adocreto-cdmx/adocreto-hexagono/>

Adoquines trapezoidales

Adoquín trébol

El adoquín trébol le debe su nombre a la planta trébol que en su terminación tres hojas se encuentran unidas al tallo, en este caso es similar y a simple vista parecieran tres adoquines hexagonales unidos, pero no, la realidad es que no es así. Este tipo de adoquín es usado en gran medida para adecuar espacios peatonales de allí que su espesor sea de 6 centímetros y que tenga un largo de 23 centímetros, un ancho de 26 centímetros lo que provoca que tenga un peso promedio por unidad de 5.06 kg (Granitos y Barros Hidalgo, 2015) .

Figura 14

Apariencia del adoquín trébol.



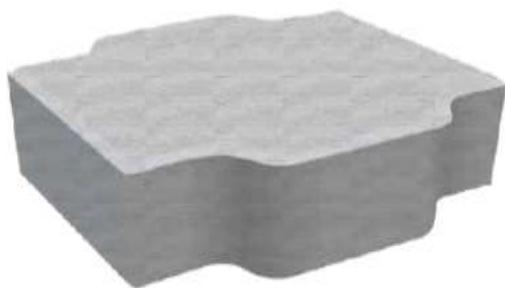
Fuente: Tomado de Granitos y Barros Hidalgo , 2015 en <https://www.granitosybarroshidalgo.com/catalogo/adocreto-cdmx/adocreto-hexagono/>

Adoquín Cruz Tabasco

El adoquín Cruz Tabasco es uno de los adoquines para exteriores por excelencia y tiene 24 centímetros de largo y 22 centímetros de ancho, al ser un adoquín para exteriores es de carácter vehicular y tiene un espesor de 8 centímetros con un peso promedio de 8.20 kg y con una resistencia promedio de 400 kg/cm^2 . Si se lo desea implementar para el uso de adoquín peatonal lo único que se reduce es su espesor a 6 centímetros y tendría un peso que llegaría a tener un promedio de 7.50 kg aproximadamente (Hopu Adoquin, 2022).

Figura 15

Apariencia del adoquín Cruz Tabasco.



Fuente: Tomado de Hapu Adoquín, 2022 en <https://adoquineshopu.com/descargas/FICHA%20TEC.%20ADOQUINES.pdf>

Adoquín Marbella

El adoquín Marbella tienen una dimensión de 18 centímetros de largo y 23 centímetros de ancho, tiene un espesor de 8 centímetros haciéndolo ideal para el pavimentado. Así también un peso promedio de 4.30 kg y posee una resistencia promedio de 400 kg/cm^2 al igual que todos los adoquines destinados para el uso vehicular (Hapu Adoquin, 2022).

Figura 16

Apariencia del adoquín Marbella.



Fuente: Tomado de Hapu Adoquín, 2022 en <https://adoquineshopu.com/descargas/FICHA%20TEC.%20ADOQUINES.pdf>

Adoquín Ecológico

El adoquín ecológico es ideal para ser colocado en las zonas que conectan las aceras con los garajes, pues soportan perfectamente el peso de los vehículos y por su estructura pueden albergar porciones de tierra en las que con el tiempo puede germinar pasto. Las dimensiones de este tipo de adoquín son de 40 centímetros de largo y 20 centímetros de ancho y tiene un espesor de 8 centímetros, lo que hace que posea un peso promedio de 10 kg y al igual que todos los adoquines mencionados a lo largo de este apartado poseen una resistencia promedio de 400 kg/cm^2 (Hapu Adoquin, 2022).

Figura 17

Apariencia del adoquín ecológico.



Fuente: Tomado de Hapu Adoquín, 2022 en <https://adoquineshopu.com/descargas/FICHA%20TEC.%20ADOQUINES.pdf>

Adoquín cruz

Los adoquines en forma de cruz, son particularmente empleados para la decoración de interiores en los jardines interiores o exteriores de las casas y tiene un largo de 18 centímetros y un ancho igual, su espesor puede variar pero generalmente es de 8 centímetros lo que ocasiona que cada pieza tenga un peso promedio de 3.85 kg y le otorga una resistencia promedio de 280 kg/cm²(Grupo Traber , 2018).

Figura 18

Apariencia del adoquín Cruz.



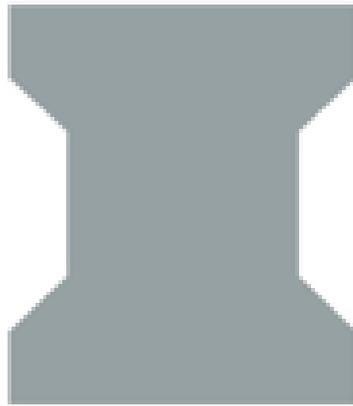
Fuente: Tomado de Grupo Traber, 2018 en <https://www.grupotraber.com/adocreto>

Adoquín I

Los adoquines en forma de I, le deben su nombre a que su estructura tiene forma de una letra I mayúscula y las medidas que posee son un largo de 22 centímetros y un ancho de 18 centímetros, su espesor puede variar, pero generalmente es de 8 centímetros lo que ocasiona que cada pieza tenga un peso promedio de 5.6 kg y le otorga una resistencia promedio de 280 kg/cm^2 (Grupo Traber, 2018).

Figura 19

Apariencia del adoquín I.



Fuente: Tomado de Grupo Traber, 2018 en <https://www.grupotraber.com/adocreto/>

Adoquín de moño

El adoquín de moño se puede considerar como una variante del adoquín en forma de I, solo que en esta ocasión en lugar de inspirarse en la letra mayúscula toma su forma de un moño, se recomienda siempre que este tipo de adoquines se destinen para adecuar áreas peatonales como por ejemplo plazas, jardines interno y externos, de allí su espesor de 6 centímetros, y un largo de 28 centímetros y ancho de 19.5 que hace que tenga un peso promedio de 5 kg por unidad (Granitos y Barros Hidalgo, 2015).

Figura 20

Apariencia del adoquín moño.



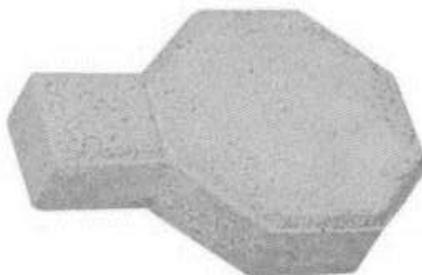
Fuente: Tomado de Granitos y Barros Hidalgo , 2015 en <https://www.granitosybarroshidalgo.com/catalogo/adocreto-cdmx/adocreto-mono/>

Adoquín raqueta.

En espacios abiertos y de gran extensión, los adoquines en forma de raqueta son una gran alternativa, pues por su forma poco convencional será siempre un acierto en la decoración del lugar. Este tipo de adoquín en su versión peatonal mide 23 centímetros de largo y 14 centímetros de ancho lo que sumado a sus 6 centímetros de espesor ocasiona que su peso unitario sea de 3.25 kg aproximadamente. En el caso de los adoquines raqueta destinados para el uso vehicular sus dimensiones de ancho y largo se mantienen, pero cambia su espesor a los 8 centímetros clásicos para los adoquines de exterior lo que hace que su peso se incremente hasta llegar a los 4.10 kg aproximadamente (Granitos y Barros Hidalgo, 2015).

Figura 21

Apariencia del adoquín raqueta.



Fuente: Tomado de Granitos y Barros Hidalgo , 2015 en <https://www.granitosybarroshidalgo.com/catalogo/adocreto-cdmx/adocreto-mono/>

2.3. Marco Legal

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador

Art 66.- numeral 2 Determina como derecho y garantía de las personas a una vida digna, que asegure la salud y saneamiento ambiental; Que, los literales a) y b) del numeral 3 del artículo 66 de la Constitución de la República del Ecuador, reconocen y garantizan a las personas el derecho a la integridad personal, que incluye la integridad psíquica y moral, y una vida libre de violencia en el ámbito público y privado. El Estado adoptará las medidas necesarias para prevenir, eliminar y sancionar toda forma de violencia.

Art 66.- numeral 15 Reconoce y garantiza a las personas el derecho a desarrollar actividades económicas, en forma individual o colectiva, conforme a los principios de solidaridad, responsabilidad social y ambiental;

Art 66.- numeral 26 Reconoce y garantiza a las personas el derecho a la propiedad en todas sus formas, con función y responsabilidad social y ambiental. El derecho al acceso a la propiedad se hará efectivo con la adopción de políticas públicas, entre otras medidas;

Art 66.- numeral 27 Determina el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza;

Art 71.- Reconoce a la naturaleza el derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará

a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema;

Art 72.- Establece que la naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas;

Art 83.- Establece que algunos de los deberes y responsabilidades de los ecuatorianos, en materia ambiental, son los siguientes: defender la integridad territorial del Ecuador y sus recursos naturales, respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible, conservar el patrimonio cultural y natural del país, y cuidar y mantener los bienes públicos;

Art 97.- Reconoce que todas las organizaciones podrán demandar la reparación de daños ocasionados por entes públicos o privados; formular propuestas y reivindicaciones económicas, políticas, ambientales, sociales y culturales; y las demás iniciativas que contribuyan al buen vivir;

Art 261.- Le otorga potestad y competencia exclusiva al Estado Central sobre: las áreas naturales protegidas, los recursos naturales, los recursos energéticos; minerales, hidrocarburos, hídricos, biodiversidad y recursos forestales;

Art 275.- Determina que el régimen de desarrollo es el conjunto organizado, sostenible y dinámico de los sistemas económicos, políticos, socioculturales y ambientales, que garantizan la realización del buen vivir, del sumak kawsay.

El Estado planificará el desarrollo del país para garantizar el ejercicio de los derechos, la consecución de los objetivos del régimen de desarrollo y los principios consagrados en la Constitución. La planificación propiciará la equidad social y territorial, promoverá la concertación, y será participativa, descentralizada, desconcentrada y transparente. El buen vivir requerirá que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades gocen efectivamente de sus derechos, y ejerzan responsabilidades en el marco de la interculturalidad, del respeto a sus diversidades, y de la convivencia armónica con la naturaleza;

2.3.2. Ley de gestión ambiental

Art. 1.- La presente Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

Art. 2.- La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.

Art. 3.- El proceso de Gestión Ambiental, se orientará según los principios universales del Desarrollo Sustentable, contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de 1992, sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

Art. 4.- Los reglamentos, instructivos, regulaciones y ordenanzas que, dentro del ámbito de su competencia, expidan las instituciones del Estado en materia ambiental, deberán observar las siguientes etapas, según corresponda: desarrollo de estudios técnicos sectoriales, económicos, de relaciones comunitarias, de capacidad institucional y consultas a organismos competentes e información a los sectores ciudadanos.

Art. 5.- Se establece el Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental como un mecanismo de coordinación transectorial, interacción y cooperación entre los distintos ámbitos, sistemas y subsistemas de manejo ambiental y de gestión de recursos naturales. En el sistema participará la sociedad civil de conformidad con esta Ley.

Art. 6.- El aprovechamiento racional de los recursos naturales no renovables en función de los intereses nacionales dentro del patrimonio de áreas naturales protegidas del Estado y en ecosistemas frágiles, tendrán lugar por excepción previo un estudio de factibilidad económico y de evaluación de impactos ambientales.

2.3.3. Código Orgánico del ambiente

CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE LIBRO PRELIMINAR TITULO I OBJETO, ÁMBITO Y FINES 2017

Art. 1.- Objeto. Este Código tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o sumak kawsay. Las disposiciones de este Código regularán los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, los que deberán asegurar la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente, sin perjuicio de lo que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines.

Art. 2.- **Ámbito de aplicación.** Las normas contenidas en este Código, así como las reglamentarias y demás disposiciones técnicas vinculadas a esta materia, son de cumplimiento obligatorio para todas las entidades, organismos y dependencias que comprenden el sector público, personas naturales y jurídicas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos, que se encuentren permanente o temporalmente en el territorio nacional. La regulación del aprovechamiento de los recursos naturales no renovables y de todas las actividades productivas que se rigen por sus respectivas leyes, deberán observar y cumplir con las disposiciones del presente Código en lo que respecta a la gestión ambiental de las mismas.

TITULO II

DE LOS DERECHOS, DEBERES Y PRINCIPIOS AMBIENTALES

Art. 4.- **Disposiciones comunes.** Las disposiciones del presente Código promoverán el efectivo goce de los derechos de la naturaleza y de las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, de conformidad con la Constitución y los instrumentos internacionales ratificados por el Estado, los cuales son inalienables, irrenunciables, indivisibles, de igual jerarquía, interdependientes, progresivos y no se excluyen entre sí. Para asegurar el respeto, la tutela y el ejercicio de los derechos se desarrollarán las garantías normativas, institucionales y jurisdiccionales establecidas por la Constitución y la ley. Las herramientas de ejecución de los principios, derechos y garantías ambientales son de carácter sistémico y transversal.

Art. 5.- **Derecho de la población a vivir en un ambiente sano.** El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende:

1. La conservación, manejo sostenible y recuperación del patrimonio natural, la biodiversidad y todos sus componentes, con respeto a los derechos de la naturaleza y a los derechos colectivos de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades;

2. El manejo sostenible de los ecosistemas, con especial atención a los ecosistemas frágiles y amenazados tales como páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares y ecosistemas marinos y marinos-costeros;

3. La intangibilidad del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, en los términos establecidos en la Constitución y la ley;

4. La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico;

5. La conservación y uso sostenible del suelo que prevenga la erosión, la degradación, la desertificación y permita su restauración;

6. La prevención, control y reparación integral de los daños ambientales;

7. La obligación de toda obra, proyecto o actividad, en todas sus fases, de sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental;

8. El desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías alternativas no contaminantes, renovables, diversificadas y de bajo impacto ambiental;

9. El uso, experimentación y el desarrollo de la biotecnología y la comercialización de sus productos, bajo estrictas normas de bioseguridad, con sujeción a las prohibiciones establecidas en la Constitución y demás normativa vigente;

10. La participación en el marco de la ley de las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos, en toda actividad o decisión que pueda producir o que produzca impactos o daños ambientales;

11. La adopción de políticas públicas, medidas administrativas, normativas y jurisdiccionales que garanticen el ejercicio de este derecho; y,

12. La implementación de planes, programas, acciones y medidas de adaptación para aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad ambiental, social y económica frente a la variabilidad climática y a los impactos del cambio climático, así como la implementación de los mismos para mitigar sus causas.

Capítulo III

Marco metodológico

3.1. Diseño de la investigación

El plan que debe ejecutar un investigador para desarrollar un estudio es denominado diseño de la investigación, con este elemento se define con claridad el procedimiento a seguir para un correcto levantamiento de datos del fenómeno analizado por el investigador. El diseño de la investigación también contribuye al establecimiento del rigor científico que un estudio llega a tener, ya que como parte de sus componentes se encuentran parámetros como por el ejemplo las técnicas de investigación, el diseño de los instrumentos de recolección de datos, la manera en la que serán aplicados y posteriormente como van a ser interpretados los datos encontrados para convertirlos en investigación (Leyva & Guerra, 2020).

El diseño de este proyecto académico está definido por los enfoques que se emplearán para el levantamiento de los datos que en este caso es mixto, debido a que para recolectar los datos se aplicará una técnica del enfoque cualitativo que es la observación no estructurada y una técnica correspondiente al enfoque cuantitativo que es la entrevista estructurada. La combinación de las técnicas de investigación permitirá a los investigadores presentar los hallazgos de su experimento; la entrevista dirigida a especialistas en el área de la ingeniería mecánica tiene la finalidad de orientar el proceso de diseño de una máquina que garantice el triturado de los neumáticos y posteriormente el derretimiento de este material para crear los adoquines, y la observación no estructurada que se realiza para recopilar la información de la operación de la máquina.

Los tipos de investigación que se emplearán en este trabajo académico son varios y se pueden categorizar mejor según el alcance y el diseño del estudio. En función al alcance, las investigaciones que se utilizarán son la exploratoria y la descriptiva, ya que no solo se va a

manipular el objeto de estudio, sino que también se procederá a describir los resultados de dicha manipulación. Por otro lado, con relación al diseño del estudio, se concluye que se implementará una investigación experimental.

3.1.1. Enfoque de la investigación

3.1.1.1. Enfoque cuantitativo

El enfoque cuantitativo es uno de los enfoques investigativos a nivel mundial al momento de realizar proyectos académicos, pues con la recolección estructurada de información a partir de una base poblacional se realizan proyecciones acertadas de la realidad de un fenómeno analizado. El enfoque cuantitativo es una gran alternativa cuando el investigador desea poner a prueba una hipótesis, debido a que con sus resultados se puede fácilmente aprobar o rechazar dicho planteamiento hipotético. Este tipo de enfoque también garantiza una medición de distintos aspectos que son parte de la o las variables del estudio llevado a cabo dentro de una investigación dejando a un lado la subjetividad y el criterio del investigador para concluir ciertos aspectos que se vuelven clave al momento de establecer el rigor de un proyecto académico (Cadena, 2017).

El proceso de análisis de datos en una investigación realizada bajo este enfoque se centra mucho en la parte estructurada de la información, ya sea gracias a análisis estadísticos o interpretativos de la data proporcionada por las herramientas de recolección de información. Este tipo de enfoques corresponde a los estudios realizados bajo una perspectiva deductiva, debido a que sustenta sus conclusiones en los hechos recopilados por los instrumentos que el investigador haya aplicado, definiendo así una representación parcial de una situación determinada y que a través de la proyección fácilmente sea extrapolada a la realidad de dicha situación (Otero, 2018).

En este proyecto académico este enfoque investigativo será muy relevante, pues gracias a la entrevista estructurada se tendrá una guía clara de cómo proceder para realizar la construcción

de una máquina que cumplan con la finalidad de no solo triturar los neumáticos, sino que también tenga la capacidad de transformar los residuos triturados en una masa maleable que sea fácilmente inyectada en moldes para construir los adoquines deseados.

3.1.1.2. Enfoque cualitativo

El enfoque cualitativo a diferencia del cuantitativo invita al investigador a tener un rol activo dentro del proceso de realización del estudio, debido a que apela mucho a las destrezas de la persona que realiza la investigación posee, como por ejemplo, sus conocimientos, sus habilidades o a sus experiencias para que sirvan de referente y contextualización del fenómeno indagado por el investigador. Por lo ya mencionado, es claro que este enfoque deja a un lado lo objetivo y rígido de los datos y da paso a lo subjetivo e interpretativo que pueda ser la persona que realiza el estudio y para cumplir con dicha tarea hace uso de técnicas como la observación, las entrevistas semiestructuradas o sin estructurar, los focus grup u otras técnicas que para obtener sus datos tengan que pasar por un proceso de análisis e interpretación por parte del investigador considerablemente altos (Moreno, 2020).

En este tipo de enfoque por su alto índice de subjetividad no es recomendable para estudios que persiguen la comprobación o el descarte de una hipótesis, o al menos así lo dejan ver muchos expertos en el campo de la metodología, que más bien lo recomiendan para estudios que buscan la creación de nuevas teorías que posteriormente tendrán que probar una hipótesis. Lo antes mencionado ocasiona entonces que este tipo de enfoque se emplee en estudios más orgánicos, más flexibles, pero sobre todo más naturales donde la cuantificación de los datos que se presentan como parte de los resultados no es una necesidad (Otero, 2018).

En esta investigación el enfoque cualitativo se aplicará gracias a la implementación de la técnica de investigación de la observación no estructurada que servirá para recolectar la

información que se genere con el uso de la máquina diseñada para dar cumplimiento a este trabajo académico.

3.1.2. Tipos de investigación a aplicar

3.1.2.1. Tipo de investigación según el diseño

Investigación experimental

Un proyecto académico cuya finalidad es realizar un experimento en su máxima capacidad, es decir, que él o los realizadores del estudio van a someter al sujeto u objeto de análisis a la influencia de distintas variables en ciertas condiciones definidas y plenamente controladas, es a lo que se conoce como una investigación experimental. Este tipo de investigación es propio de las ciencias sociales como la sociología o la psicología, pero también es ampliamente aplicada en las ciencias naturales como la física, la química, la biología u otras carreras en las que se aplique el método científico como la base del desarrollo de un análisis. La principal característica de este tipo estudios es rol activo que tiene el investigador a lo largo del desarrollo del proyecto, pues la intervención del investigador es vital para la obtención de los resultados (Maldonado, 2016).

Las investigaciones experimentales también se caracterizan por su alto índice de efectividad al momento de realizar pruebas de hipótesis, estudios de causa-efecto, análisis de correlación, etc. Para cumplir con esta tarea el investigador debe claramente establecer los lineamientos que normaran el desarrollo de su experimento, y estos parámetros deben estar debidamente sustentados en una investigación documental sólida que garantice tener una buena base teórica que respalde y valide la ejecución del estudio, porque de lo contrario los resultados del experimento son fácilmente refutables (Arias, 2012).

Una investigación de corte experimental puede encontrarse en tres rangos, el primero es preexperimental, es el más bajo en cuanto a manipulación de variables se refiere, por lo tanto, sus

resultados deben ser analizados con mucho detalle e incluso se lo puede considerar como una investigación exploratoria; el segundo es el experimental puro, donde la manipulación de las variables es completa; el tercero es el cuasi experimental, donde al no haber nivel de control de las variables difícilmente se encontrará la relación o incidencia de las variables (Ramos, 2021).

En este caso este proyecto académico corresponde a una investigación experimental puro, debido a que los investigadores manipularan de manera controlada al objeto de estudio que en este caso son los neumáticos, para triturarlos y posteriormente sometidos a la variable calor cambiando así su consistencia para que con el proceso de inyección se construyan los adoquines deseados.

3.1.2.2. Tipo de investigación según el nivel o el alcance.

Investigación Descriptiva

Una investigación descriptiva es aquella que para realizarse debe describir al objeto o al sujeto de estudio, así como las situaciones presentes en su entorno, sea este el natural o recreado por el investigador en un laboratorio con la finalidad de definir una realidad a partir de los hallazgos detectados en el proceso de recolección de datos. Para cumplir con esta tarea el investigador debe prestar atención a todas las peculiaridades que son parte del fenómeno analizado, porque esa será la única vía para describirlo con exactitud una vez el trabajo haya culminado. Al igual que en el enfoque cuantitativo las investigaciones descriptivas se ciñen estrictamente a los datos y el investigador retoma su estado pasivo en el proceso investigativo (Merino, Pintado, Sánchez, & Grande, 2015).

Una de las principales tareas que tiene este tipo de investigación es la de dar una respuesta clara a las interrogantes presentes en un estudio que trata de que sus resultados sacien la curiosidad científica de un investigador y que están relacionadas con preguntas tales como: qué, cuándo, dónde, por qué, o cómo surge el fenómeno que estudia. En gran parte porque estas interrogantes

establecen el contexto, el subtexto, y la relación del objeto o el sujeto de estudio con su entorno (Guevara, Verdesoto, & Castro, 2020).

La investigación descriptiva en este estudio se encuentra presente gracias a la aplicación de la guía de observación que servirá para recolectar información de las distintas máquinas que se han construido y se podrán describir para identificar los componentes indispensables que la máquina que se va a crear ahora tenga la capacidad de triturar y derretir los neumáticos usados y convertirlos en adoquines.

Investigación exploratoria.

La investigación exploratoria tiene lugar cuando el fenómeno de estudio ha sido poco indagado, por lo que cuando el investigador inicia su proceso de estudio se encuentra con muchas dudas en el campo del trabajo investigativo y para solucionarlas solo posee ideas poco definidas y nada concretas convirtiéndose únicamente en guías de estudio no indagadas. Para enfrentarse a ese panorama el individuo empieza a analizar el fenómeno abordándolo desde diferentes perspectivas para de esa manera clarificar esas interrogantes (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2014).

Las investigaciones exploratorias son consideradas el nivel más básico para comenzar un estudio y por ende uno de los primeros pasos que debe seguir cualquier persona que quiera realizar una investigación de cualquier campo. Lo antes mencionado ha llevado a que actualmente la investigación exploratoria sea desarrollada para que los individuos se acerquen en primera instancia al fenómeno que pretenden indagar; de esta manera el investigador identifique el estudio del arte del tema con el cual está trabajando o en palabras más simples lo que hasta ahora se ha analizado del fenómeno que pretende estudiar (Bernal, 2014).

En este estudio la investigación exploratoria sirvió no solo para que los investigadores tengan un primer acercamiento con los temas relevantes que enmarcan el desarrollo de este estudio como lo son las máquinas que se han construido y cuya finalidad es la trituración de neumáticos empleados, sino que también orientó a la identificación de los moldes de adoquines más funcionales y que se han creado hasta el momento.

3.1.3. Técnica e instrumento de investigación

3.1.3.1. Entrevista

La entrevista es la técnica de recolección de datos más empleada en cuanto al enfoque cualitativo se refiere, ya que al tener la finalidad de ampliar los datos que se obtienen en una encuesta orienta a que el entrevistado se exprese en una plática amena con su entrevistador consiguiendo más información y que para ser procesada como datos debe tener un alto índice de análisis e interpretación por parte del investigador. El formato bajo el cual se ejecutan las entrevistas ha cambiado a raíz de la crisis sanitaria que afectó al mundo entero y que aún no ha sido superada por completo; si antes las entrevistas generalmente eran semiestructuradas o no estructuradas y se daban de manera presencial, ahora se realizan más entrevistas estructuradas y de manera virtual (Murillo, 2016).

La técnica de entrevista para llevarse a cabo necesita de un cuestionario que es su instrumento al igual que muchas otras técnicas de recolección de información. Es recomendable que su aplicación se haga de manera presencial y semiestructurada, es decir, que el investigador tenga una batería de preguntas, pero que si durante la entrevista algo no queda del todo claro, pueda profundizar en ello. Lastimosamente, como se explicó en el párrafo anterior por el contexto sanitario actual, es algo que no siempre se da; lo usual es que las entrevistas se den de manera estructurada y de manera telemática, es decir, se le envía al entrevistado el cuestionario de

preguntas y él lo devuelve al entrevistador contestado, cabe mencionar que si el entrevistador generó nuevas interrogantes con la lectura de los resultados de la entrevista difícilmente serán contestadas, ya que para ello necesitaría aplicar otro cuestionario y el entrevistado no siempre tendrá el tiempo para realizarlo (Troncoso & Amaya, 2016).

Para llevar a cabo la aplicación de esta técnica de recolección de información se realizó un formato de cuestionario que se puede ver en el anexo 1 de esta tesis, este cuestionario será aplicado con la finalidad de conocer la experiencia de expertos en el tema de mecánica industrial en el diseño de máquinas y que esta información sirva de guía en la construcción de la máquina de trituración de los neumáticos usados de este proyecto académico. La entrevista se realizará de manera virtual y bajo los criterios de una entrevista estructurada, a través de las redes de comunicación virtual.

3.1.3.2. Observación

La observación al igual que otras técnicas de recolección de información se emplea en estudios que buscan la comprobación o el rechazo de una hipótesis con alto índice de confiabilidad. Esto se debe a que el investigador toma información de primera mano sobre el problema que se encuentra analizando y a través de sus conocimientos y capacidad de discernimiento determina la validez o no de dicha hipótesis. La observación como técnica de recolección de datos es una de las más demandantes que existe, porque para su correcta aplicación requiere que el investigador tenga un genuino interés sobre lo que estudia porque una vez se inicie la recolección de datos debe terminarse a pesar de que sea extenuante y un proceso muy cansado (Ñaupas, Valdivia, Palacios, & Romero, 2018).

La observación como técnica de recolección de información se puede encontrar tanto como parte del enfoque cualitativo o cuantitativo y su categorización dependerá del instrumento que se

use para su aplicación, ya que si su instrumento es no estructurado es cualitativo, y si es estructurado pertenece al enfoque cuantitativo. Otra forma de categorizar esta técnica es de acuerdo con el rol que tiene el investigador durante la observación, siendo la primera denominada como investigaciones participantes donde el investigador interactúa con observado y que es parte del enfoque cualitativo y la no participante que solo cuando el investigador se abstrae y se limita únicamente a recolectar la información que observa y que es parte del enfoque cuantitativo (Ñaupas, Mejía, Novoa, & Villagómez, 2014).

Para la aplicación de esta técnica como parte de este proyecto se hará uso de la observación participante y no estructurada y servirá para recolectar la información que se genere una vez se empiecen a realizar las pruebas de la máquina. Para observar la guía de observación se debe ver el anexo 2 de esta investigación.

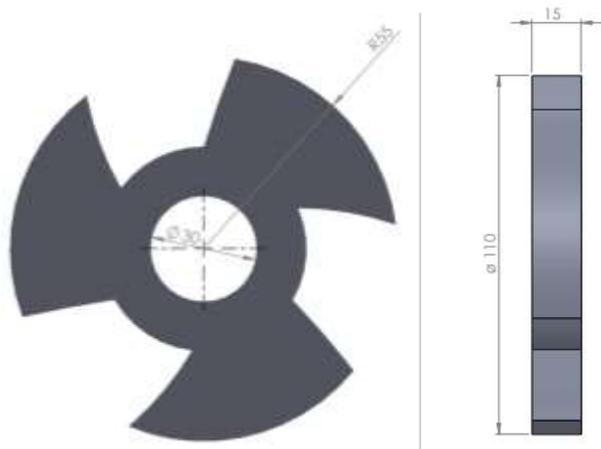
3.2 Diseño, cálculos y dimensionamiento del triturador de neumáticos.

3.2.1. Cálculos para la definición de los componentes de la máquina trituradora

El triturador está diseñado en un total de 24 cuchillas, 12 fijas y 12 móviles de 15 mm y una separación de 10 mm entre cada una de ellas. Todas sujetas a un eje de 30X280 mm entre diámetro y longitud. Sujetas a una base rectangular de 260X150x120 mm, mismas que en sus extremos están guiadas por 2 chumaceras.

Figura 22

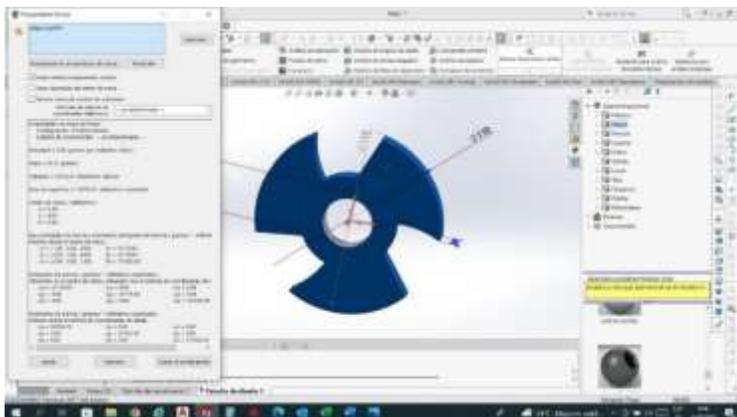
Diseño de las cuchillas que se emplearan en máquina de este proyecto.



Fuente: Elaborado por autores

Figura 23

Diseño de las cuchillas en el programa Solidworks.



Fuente: Elaborado por autores

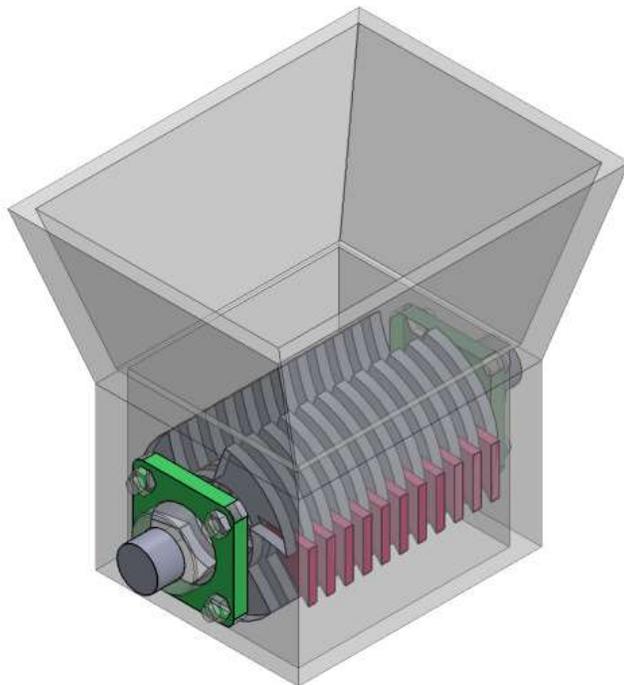
Tabla 5

Datos relevantes relacionados al diseño de las cuchillas en el programa Solidworks.

Componentes de las cuchillas	Datos del sistema
Masa	67.01 gramos
Volumen	67012.61 milímetros cúbicos
Área de superficie	18278.16 milímetros cúbicos

Figura 24

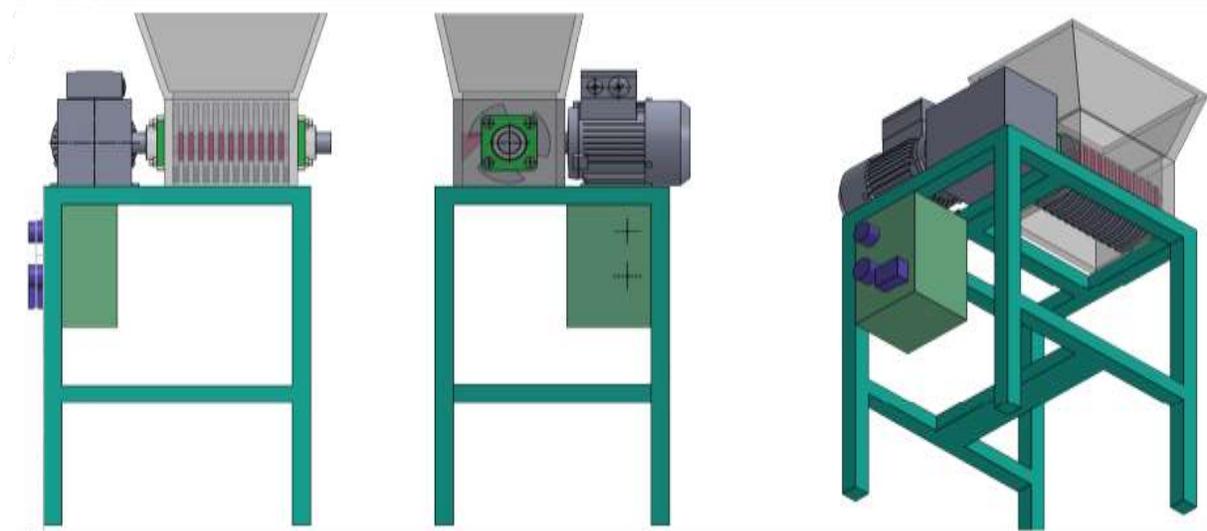
Diseño del árbol de transmisión que se emplearan en máquina de este proyecto.



Fuente: Elaborado por autores

Figura 25

Diseño de la máquina trituradora de este proyecto.



Fuente: Elaborado por autores

Para determinar el torque y la potencia que necesitará el eje para mover las cuchillas en sentido antihorario, se considera algunos factores, como el volumen de las cuchillas que se simularon en el software de Solidworks, el esfuerzo cortante que tiene el caucho, que se tomó de referencia de otros estudios, en este proyecto se utilizarán los neumáticos de rin 15 in.

Figura 26

Neumático usado de rin 15 in.



Fuente: Elaborado por autores

Según los estudios del caucho en los trabajos especializados de Marisol, como se citó en Moyano, Naranjo, & Tenicota (2020) se determina que el caucho de un neumático presenta una resistencia elevada a la abrasión y al impacto, pero se modera cuando se trata de resistencia de la flexión y el desgarró, propia de una referencia en promedio $0,176 \text{ kg/mm}^2$ de resistencia a la rotura. Estas propiedades sirven como punto de partida para la determinación del correcto proceso de corte o fragmentación de los neumáticos que han sido usados.

Fuerza de corte

$$\tau_{caucho} = 0,176 \text{ kg/mm}^2 \Rightarrow 1725490.19 \text{ N/m}^2$$

$$\omega = 50 \text{ rpm} \Rightarrow 6,28 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

Fuerza de corte (se toma del estándar que definió el estudio que se citó)

Torque

$T = \tau * V_{cuchilla}$ (Volumen de la cuchilla, se toma en cuenta de la simulación que se realizó en el Solidwork en este caso se lo convierte de mm^3 a m^3)

$$T = 1725490.19 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 0.000067012 \text{ m}^3$$

$$T = 115.81 \text{ Nm}$$

Potencia requerida

$$P = T * \omega$$

$$P = 115.81 \text{ Nm} * 5.35 \text{ rad/s}$$

$$P = 605.68 \text{ watts} \Rightarrow 0,81 \text{ HP}$$

Potencia Máxima

$P_{\text{max}} = P * F_s$ (Factor de seguridad que se toma de las recomendaciones del fabricante)

$$P_{\text{max}} = 605.68 * 1.2$$

$$P_{\text{max}} = 726.82 \text{ Watts} \Rightarrow 0.97 \text{ HP (se eligió motor de 1HP)}$$

Entonces considerando los resultados arrojados en los cálculos y luego de revisar varios catálogos, en función de un análisis entre costo, calidad y productividad, se optó por adquirir el

motor reductor de la serie TS80B4 que cuenta con 1 HP-0.75kW de potencia, 60 Hz, y podrá trabajar en 50 rpm, que se requiere como mínimo en el procedimiento.

Figura 27

Imagen referencial del motor reductor de la serie TS80B4 que se usará en la máquina.



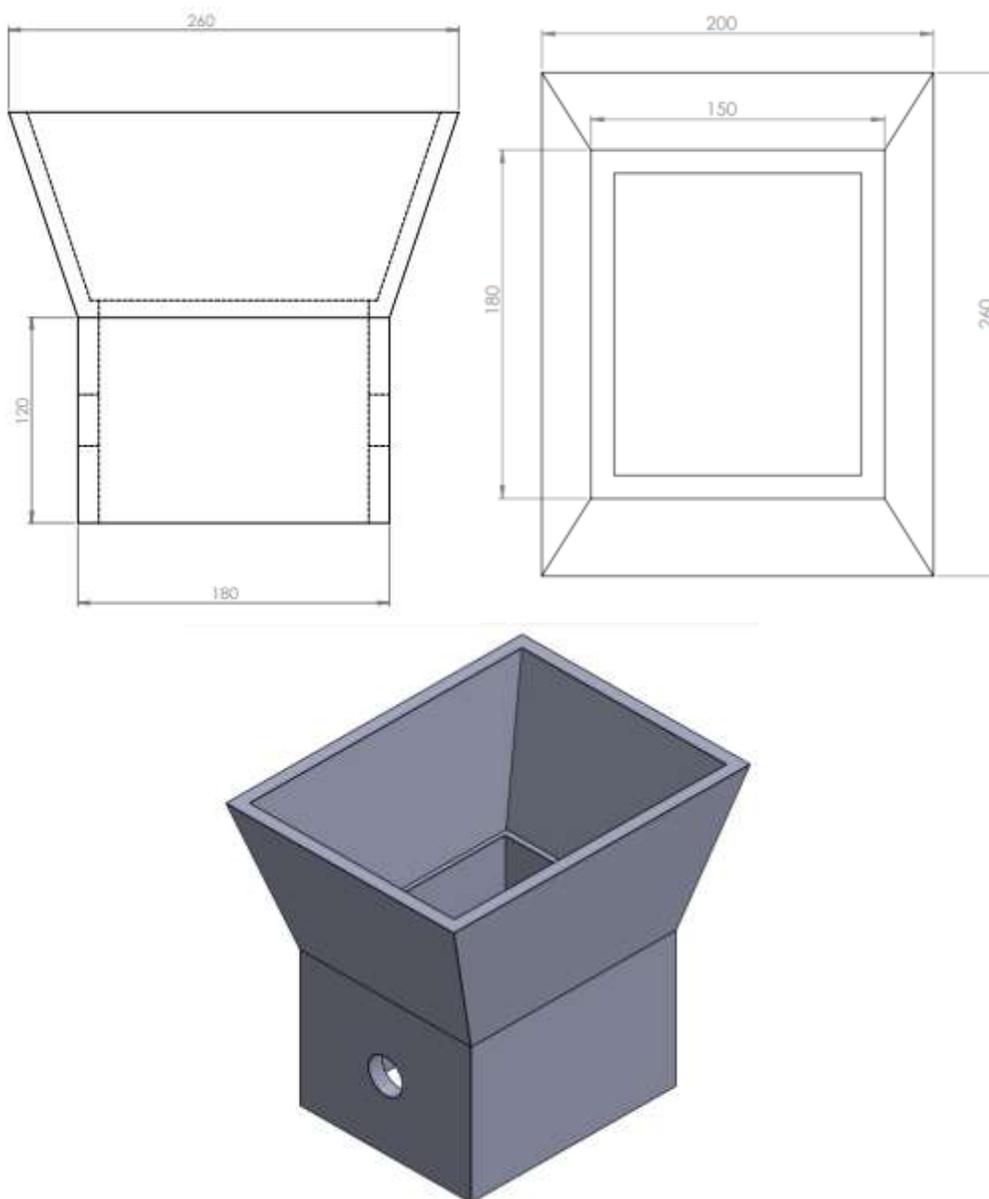
Fuente: Elaborado por autores

3.2.2. Diseño de la tolva de mantenimiento del neumático.

Para la preparación de las tolvas de alimentación no se requieren cálculos ya que son del mismo tamaño que el molinillo (Martínez, 2020). A continuación, se presenta el diseño de una tolva de mantenimiento del neumático.

Figura 28

Diseño de la tolva de la máquina trituradora de este proyecto.



Fuente: Elaborado por autores

3.2.3. Proceso de inyección.

Considerando la capacidad máxima del triturador, la carga o fuerza de salida para el cilindro neumático, sería de 10 kg. Es por esto por lo que para determinar que cilindro de doble

efecto sería el óptimo para el correcto funcionamiento del proceso de inyección se aplica la siguiente fórmula.

Carga = Fuerza de Salida (kg)

Presión de Entrada= MPa, Psi.

Diámetro de Émbolo= Geometría

Figura 29

Peso del material a triturar luego de ser debidamente preparado.



Fuente: Elaborado por autores

Presión de Entrada= 90 Psi, que se convierte a MPa para poder trabajar luego la fórmula para hallar el émbolo del cilindro, en este paso la conversión sería de 0,625MPa.

Diámetro de Émbolo= Geometría

Área del émbolo.

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

$$P = 90 \text{ Psi} = 0,625 \text{ Mpa}$$

$F = 10 \text{ Kg} = 98 \text{ N}$ (capacidad máxima en el almacenamiento del triturado)

$$A = F/P$$

$$A = \frac{98 \text{ N}}{0,625 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$A = 156.8 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D^2 = \frac{4 A}{\pi}$$

$$D^2 = \frac{4 * 156.8 \text{ mm}^2}{\pi}$$

$D = 14.12 \text{ mm}$ Este será el diámetro del émbolo del cilindro de doble efecto que va a necesitar.

Luego de revisar varios catálogos, el cilindro de doble efecto que se va a implementar en la construcción de la máquina para inyectar el caucho al molde será de la serie SMC CD85N25-80-B, que posee una presión operacional de 15 a 145 psi y un rango de velocidad de 30 a 800 mm/s (Fitsitech, 2017).

Molde elaborado en la maquina CNC

A continuación se presenta unos pasos a realizar cuando se va a utilizar una máquina CNC:

INFORMACIÓN PREVIA DISPONIBLE: Con el plano se obtiene la información geométrica y tecnológica: Formas, contornos, tolerancias, acabado superficial, material, número de piezas a mecanizar, cambio manual o automático de pieza y/o herramientas a utilizar, etc.

1. **SELECCIÓN DEL PLAN DE TRABAJO:** Secuencia de operaciones, utillajes, selección de herramientas, selección de avances y velocidades de corte.

2. PROGRAMACIÓN: El estudio geométrico permite determinar las coordenadas de puntos particulares de la pieza necesarios para la programación.
3. LA PROGRAMACIÓN EN MASTERCAM: Se realiza la programación y se generan los códigos.
4. PREPARACIÓN DE MAQUINA: Se introduce el programa en la memoria de la máquina CNC.
5. EJECUCIÓN: consiste en la elaboración, pruebas y puesta en marcha del molde para la producción del artículo en proceso de fabricación.

Códigos más utilizados en la programación.-

G90 Coordenadas Absolutas (desde origen)

G91 Coordenadas Incrementales (desde punto final)

G54-G56 Origen (cero de herramienta)

G20 Medidas en in

G21 Medidas en mm

G00 Avance rápido

G01 Avance Programado

G02 Sentido de la interpolación

S Rpm (acompañado de un valor en rpm)

M03 Giro husillo en sentido horario

M04 Giro husillo en sentido anti horario

M05 Apagar Husillo

M06 Cambio de herramienta

M30 Fin del programa

Figura 30

Imagen referencial de la máquina CNC.



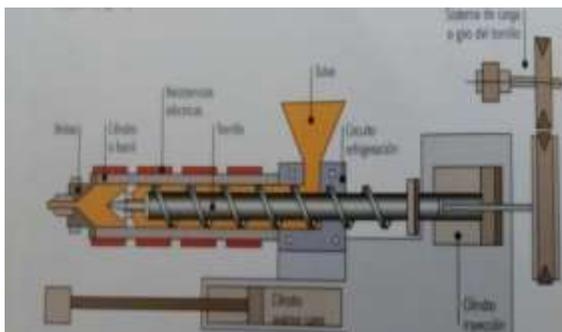
Fuente: Elaborado por autores

El grupo de inyección está compuesto por:

- Cilindro o barril.
- El tornillo con su ojiva.
- Las bridas que son adaptador que da soporte a la boquilla.
- La tolva.
- Los mecanismos hidráulicos y mecánicos para mover, hacer girar el tornillo y producir la inyección, que están en la parte opuesta del cilindro de inyección y que son: cilindro hidráulico, motor de giro y válvula de contrapresión.

Figura 31

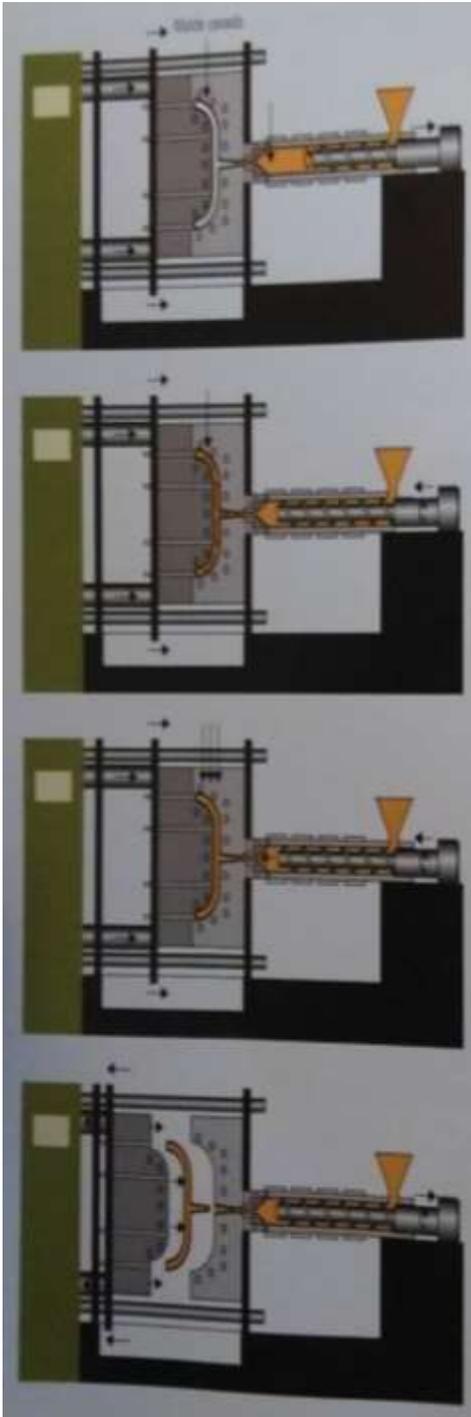
Esquema del sistema de inyección.



Fuente: Elaborado por autores

Figura 32

Secuencia del proceso de inyección.



1. La máquina está en acción: se cierra la prensa y el material está plastificado y dosificado.

2. La máquina ha inyectado y el tornillo comienza a girar plastificando el polímero.

3. El plástico se enfría dentro del molde hasta aproximadamente 60°C de temperatura y el tornillo en acción de alimentación gira para plastificar la siguiente carga a inyectarse.

4. Se abre la prensa y se produce la extracción de la pieza.

3.2.4. Mecanizado del sistema de enfriamiento

Para proceder con el proceso de mecanizado del sistema de enfriamiento del adoquín hexagonal una vez el caucho pase de un estado rígido a un maleable, se considera los siguientes puntos:

1. Primero se elige la forma y las dimensiones de las cuales se desea el producto, en este caso de 132 en su medida lateral por 18 mm de altura.
2. Se procede a diseñar el producto en un software CAD, en este caso solidworks; a partir de este diseño se elabora el molde el cual debe tener un mínimo de 15 mm de separación entre las paredes para que pase el circuito de enfriamiento tanto por los laterales como por la parte inferior.
3. Luego de tener el artículo se realiza una diferencia para así obtener la cavidad en el eje de metal y posteriormente aplicar el programa en un software CAM, que para este estudio es el programa Mastercam que permite optimizar tiempos en el mecanizado, el cual será en base a opción de cajera con una herramienta de diámetro 16 mm de insertos de widia que permite mecanizar el acero P 20 el cual tiene excelentes propiedades mecánicas.
4. Posterior al mecanizado del molde se procede a realizar el circuito de enfriamiento el cual consta de perforaciones verticales y horizontales de 6 mm de diámetro esto con la finalidad de acelerar el proceso de enfriamiento.
5. Luego se procede a mecanizar la tapa del molde que a su vez servirá como punto de inyección por donde será introducido el material a inyectar.

3.2.5. Dimensiones de la máquina trituradora

En esta sección conocerá un resumen y datos técnicos de las trituradoras propuestas. El tamaño de la trituradora es el siguiente:

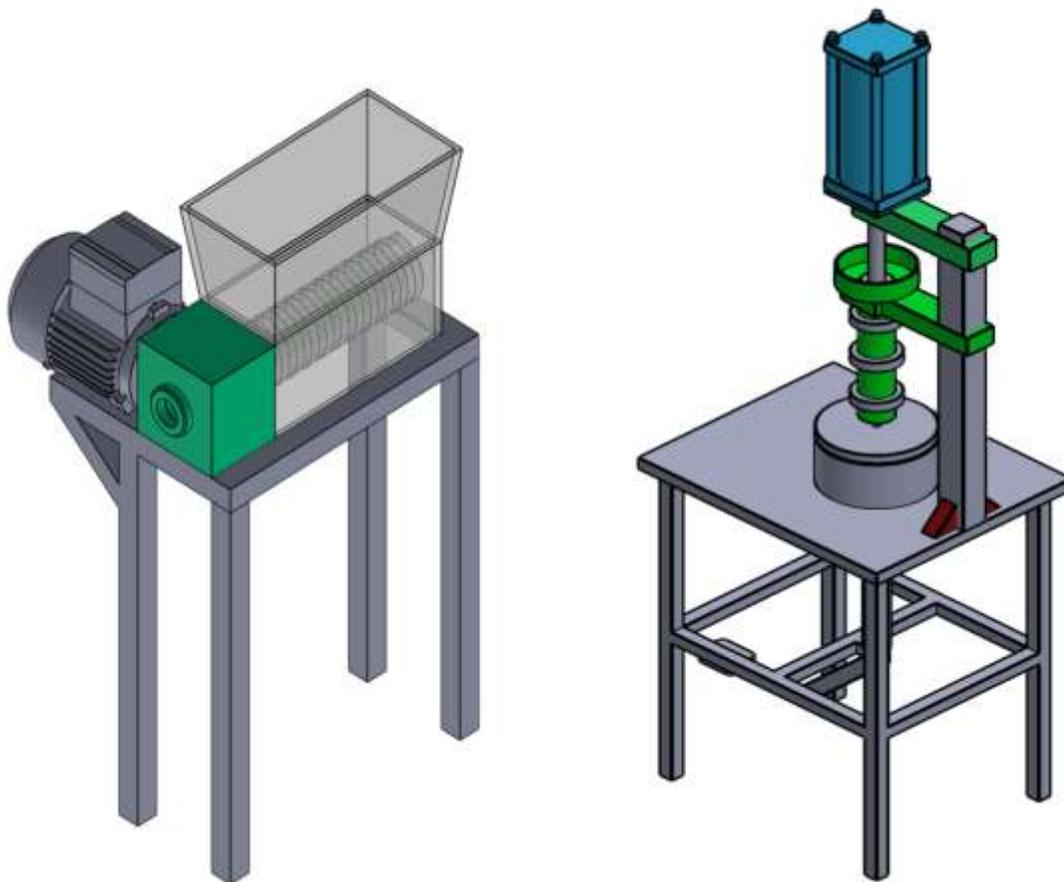
Tabla 6

Dimensiones del triturador.

Dimensión del triturador	Medida del triturador
Alto (mm)	280
Largo (mm)	150
Ancho (mm)	120

Figura 33

Estructura independiente de los dispositivos que integran la máquina de este proyecto.



Fuente: Elaborado por autores

3.2.6. Características técnicas del triturador de neumáticos

Tabla 7

Características del triturador.

TRITURADOR	
Potencia instalada	1 HP
Velocidad de salida moto	50 RPM
Torque requerido	115.81 Nm

Tabla 8

Características técnicas del árbol de transmisión.

ÁRBOL DE TRANSMISIÓN	
Diámetro de apoyo:	45 mm
Longitud:	450 mm
Acabado:	Laminado en caliente
Material:	AISI 4140

Tabla 9

Características técnicas de las placas laterales.

PLACAS LATERALES	
Largo:	350 mm
Ancho:	150 mm
Alto:	200 mm
Material:	ASTM A36

Tabla 10

Características técnicas de las cuchillas de la trituradora.

CUCHILLAS	
Diámetro Exterior:	100 mm
Diámetro Interior (Hexágono):	45 mm
Espesor:	15 mm
Material:	DF 2 56HRC
Número de cuchillas:	12 totales

Tabla 11*Características técnicas de las cuchillas de la trituradora.*

TOLVA	
Largo:	550 mm
Ancho:	350 mm
Alto:	250 mm
Material:	ASTM A36

3.2.7. Características técnicas del triturador de neumáticos

El proceso básico utilizado en el moldeo por inyección de caucho es bastante simple. Se crea un molde de metal con las especificaciones y dimensiones exactas de la pieza de goma. Este molde se inserta en una prensa y se conecta a un sistema de inyección de caucho. Una prensa aplica presión para mantener unidas las partes superior e inferior del molde. El caucho se inyecta en el molde mediante un gran pistón o tornillo. El caucho sin curar calentado se introduce a la fuerza en la cavidad del molde mediante una boquilla de inyección. Puede producirse goma extra o rebosamiento, debido a la fuerza requerida y la necesidad de llenar el molde por completo. A medida que la goma se enfría, se separa de las paredes del molde, conservando los detalles y la forma del diseño. Se abre la prensa y se suelta la pieza de goma.

Hay dos tipos diferentes de moldes: horizontal y vertical. Estas unidades tienen mucho en común, pero hay algunos elementos principales que difieren entre los dos modelos. En una máquina horizontal, a menudo se requiere robótica para mover el molde a otra parte de la máquina y expulsar el producto terminado. En una máquina vertical, las piezas terminadas simplemente caen en un contenedor de espera. Se pierde menos caucho con cada parte de un sistema vertical, ya que la presión en el sistema de inyección debe competir con la fuerza de la gravedad.

Para la obtención de un adoquín a través de un molde se utilizará el sistema de cavidades donde el caucho será inyectado directamente al molde y este adoptará la forma del mismo, posteriormente el circuito de refrigeración se activará para que baje la temperatura del caucho y pueda salir el adoquín.

A continuación se detallan la lista de los materiales que se usarán así como las cantidades destinadas para proceder con el montaje y el diseño de la máquina que sea capaz de triturar, pero también de llevar los residuos triturados a un estado maleable para que a través del proceso de termoformado se elaboren los adoquines hexagonales.

Tabla 12

Lista de materiales.

Cantidad	Descripción
1	Eje de 3" X 1MT
10	Pedazos de plancha negra de 40mm x 40mm x2"
3	Tubos de 1"X 1.54 mm
2LB	Soldadura 6011
1	Variador de frecuencia 5 a 25 220V 60AMP
1	Motor reductor de 3HP 220 Monofasico
2	Contactores 220V 60AMP
2	Disyuntor para 220V
10 MT	Cable #12
3 MT	Cable Concéntrico de 3 polos #10
1	Botonera dobles
1	Temporizador
1	Cilindro neumático de 25 x 5 x 10
10 MT	De manguera plus 8
6	Racores con regulación plus 8X M8
1	Rotula de quiebre 3/8

1	Caja perforada 30x30
1	Compresor de 1HP
3	Fundas electro soldadas
1	Serpentín de temperatura de 3 boquillas
1	Regular de caudal para GLP

Capítulo IV

4.1. Presentación de los resultados de los instrumentos investigativos.

4.1.1. Presentación de los resultados de la entrevista

Tabla 13

Principales resultados de las entrevistas aplicadas a expertos.

Preguntas	Entrevistado 1	Entrevistado 2
¿Cuáles son los programas más recomendados para el diseño de maquinaria y por qué?	Solidworks, Inventor son los programas más completos al momento de diseñar algún prototipo.	Solidface e Inventor son programas que permiten crear, innovar, visualizar y proyectar diferentes tipos de maquinaria.
¿Cuáles son los retos más grandes al momento de diseñar y fabricar una nueva maquinaria y cómo pueden ser superados?	El simple hecho de diseñar algo ya es un reto, ya que existen muchos componentes por alinear y que deben funcionar de manera correcta para cumplir su fin, y la manera de irlo superando es investigando.	El reto más grande al momento de diseñar es la integración del todo en el producto final, porque si desde el principio no se realiza un correcto análisis a la ingeniería, se desencadenarían problemas durante la fabricación y para superarlos hay que hacer un correcto análisis de la ingeniería.
¿Cómo se asegura que el proceso de diseño y fabricación de una maquinaria sea exitoso?	El diseño nunca va a poder estar concluido si la maquina no está terminada ya que el diseño te ayuda mucho a aproximarse a la realidad, pero en el ensamble de un proyecto actúan muchas variantes las cuales paso a paso debes ir superando.	Se asegura desde el momento del diseño, ya que si el mismo se encuentra enfocado acorde a los procesos y funciones que realizará la maquinaria está al construirse podrá ser funcional.
¿Cuáles son los puntos claves que hay que considerar en el proceso de diseño y fabricación de una maquinaria y por qué?	Presupuesto, tiempo, experiencia y capacidad de investigación, habilidad, ingenio y paciencia; son los más importantes ya que el momento de decidir emprender el reto de crear algo debes tener claro que no va a ser fácil ni rápido.	Orden, planeación, presupuesto, conocimiento, perspicacia, y destreza. Debido a que cada uno de estos puntos se complementan entre sí para poder llevar a cabo el proceso de la maquinaria.
¿Cuál es la tendencia futura en este tipo de maquinarias? (trituradoras para el reciclaje y reproceso)	En la actualidad se potencia el desarrollo sostenible, es por esto por lo que la tendencia a futuro va totalmente inclinada hacia arriba, y se buscan proyectos para desarrollar este tipo de máquinas, productos, procesos, etc.	Actualmente muchas empresas se están comprometiendo con el medio ambiente, es por ello por lo que este tipo de maquinaria se verá replicado en muchos lugares, y no solo en el caso del caucho, si no otro tipo de materiales contaminantes.

4.1.2. Análisis de los resultados de la entrevista

Inventor es el programa por excelencia que los expertos en mecánica automatizada recomiendan al momento de realizar el diseño de una máquina porque es uno de los programas más completos cuando de llevar a cabo esta tarea se trata. Los expertos también recomiendan los programas de Solidworks y Solidface, quizás no sean tan completos como el primero, pero igual son bastante funcionales para lograr el diseño de una maquinaria.

El reto más grande al momento de diseñar una máquina, es el mismo hecho de decidir realizar la creación de la máquina, porque para que funcione adecuadamente se deben considerar distintos factores como la integración de todos los componentes que conforman el mecanismo y para superar estas circunstancias se debe hacer una investigación profunda, así como también un correcto análisis de la ingeniería.

Para asegurar el proceso de diseño de una maquinaria los expertos coinciden en puntos como el presupuesto, los conocimientos y las destrezas, pero difieren en otros puntos claves como la experiencia que tiene la persona, la capacidad de investigación, y su ingenio o su persistencia. Lo más relevante en este criterio es que si se suman todos los aspectos que ambos expertos han indicado resulta en una combinación interesante que de seguro hará que el proceso tanto de diseño como de fabricación de una maquinaria sea exitoso.

Los expertos consideran que el estudio, el diseño y la fabricación de este tipo de maquinarias es muy pertinente y necesario porque cada vez más son las empresas que han entrado en un estado de conciencia donde la sustentabilidad y sostenibilidad son las herramientas indispensables en su accionar y estas empresas están en búsqueda de este tipo de proyectos para crear estas máquinas, no solo para reutilizar el caucho de los neumáticos, sino también otros residuos que contaminan el medioambiente.

4.1.3. Presentar los resultados de la guía de observación

Tabla 14

Presentación de la guía de observación aplicada para recolectar la información de la máquina.

Observador 1 (Obs. 1): Wellington Chica		
Observador 2 (Obs. 2): Andy Figueroa		
Objetivo: Recolectar la información relevante del funcionamiento de la máquina.		
Indicadores de observación	Observaciones	
	Obs. 1	Obs. 2
Adecuación de la materia prima previo a la trituración.	12 min	10 min
Tiempo de trituración de las tiras de neumático	5 min	6 min
Capacidad mínima de trituración de la máquina por adoquín	2,5 kg	2,3 kg
Capacidad máxima de trituración de la máquina por adoquín	10 kg	10 kg
Dimensión promedio de las tiras de neumáticos a triturar	5	4
Capacidad mínima de la cámara de inyección	2.5 kg	2.3 kg
Capacidad máxima de la cámara de inyección	5 kg	5.2 kg
Cantidad de merma del producto en el proceso de inyección	0.25 g	0.35 g
Filtro separador de residuos metálicos y textiles.	Si	Si
Tiempo necesario para que el material triturado se encuentre en estado maleable	17 min	19 min
Tiempo necesario para la inyección en los moldes de adoquines del material en estado maleable	3 min	4 min
Tiempo necesario para el enfriamiento y desmontado del adoquín.	5 min	5 min
Tiempo requerido para la producción de un adoquín	42 min	44 min
Cantidad de adoquines producidos empleando la capacidad mínima de la máquina trituradora	1	1
Cantidad de adoquines producidos empleando la capacidad máxima de la máquina trituradora	3	3

4.1.4. Análisis de los resultados obtenidos con la guía de observación

Con la fabricación de un molino de 24 cuchillas, 12 fijas y 12 móviles giradas en sentido antihorario por un motor de 1HP de potencia se logra la trituración de neumáticos de rin 15 que debe ser preparado, para lo cual se utiliza un disco de corte y una cizalla con las que se producen tiras de 50x500mm. Esta etapa de procedimiento tiene una duración promedio de entre 9 y 10 minutos hasta obtener un peso 1.2 kg que es la cantidad promedio que el molino puede triturar, dando como resultado la obtención 3 adoquines.

Figura 34

Proceso de fabricación de las cuchillas de la máquina de este proyecto.



Fuente: Elaborado por autores

Figura 35

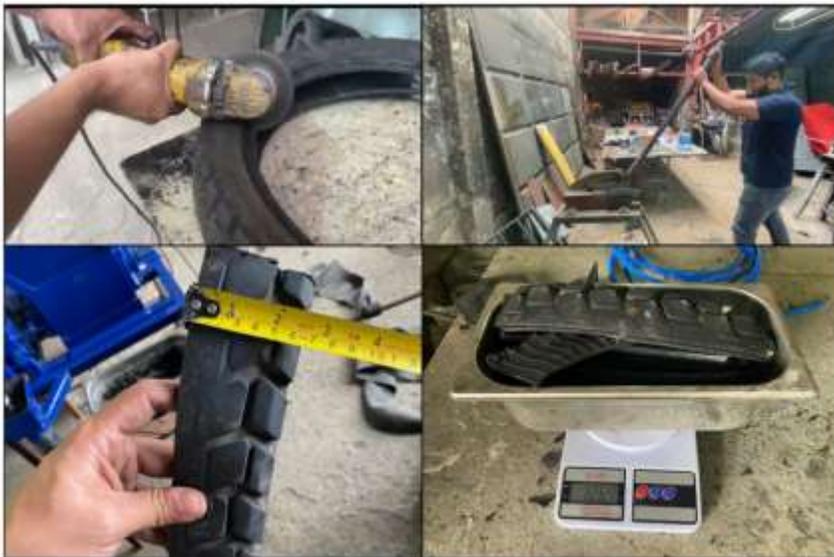
Molino de cuchillas de la máquina del proyecto.



Fuente: Elaborado por autores

Figura 36

Proceso de preparación del neumático para que sea triturado.



Fuente: Elaborado por autores

Posterior a que los neumáticos estén debidamente cortados, se coloca una a una las tiras dentro de la tolva dónde se va a triturar poco a poco el neumático dónde se irá procesando y pasará a estar en tiras finas de caucho que se depositarán dentro un almacenador, dónde se puede ir midiendo la cantidad necesaria de tiras de caucho que se van a necesitar para la siguiente etapa del proceso que es el llevar el caucho de sólido a un estado maleable.

Figura 37

Proceso de triturado del neumático una vez se encuentra listo.



Fuente: Elaborado por autores

Figura 38

Fragmento de caucho producto del proceso de trituración de los neumáticos.



Fuente: Elaborado por autores

Una vez que el almacenador se encuentra lleno en un 70% se procede a retirar las tiras de caucho que pasaron por el proceso de triturado, se apaga el motor de la trituradora y se enciende el regulador de temperatura que gracias a una termopupa se determinará la temperatura de la cámara de inyección, la misma que debe llegar a un promedio de 360 a 375 grados Celsius.

Figura 39

Proceso de preparación de la cámara de inyección.



Fuente: Elaborado por autores

Lista la cámara de inyección, se coloca dentro el caucho triturado que se calentará a una temperatura que oscilará entre 365 y 370 grados Celcius, con la finalidad de que el caucho triturado pase de un estado sólido a un estado maleable. Este proceso de transformación del material llevará entre 17 a 10 minutos aproximadamente y llegado a este punto dentro del proceso se imprime fuerza de presión de 45 psi con el cilindro de doble efecto para que el caucho descienda y llene el molde, pasando primero por un filtro que tiene la función de detener cualquier tipo de residuo metálico u otros componentes que no sean caucho.

Figura 40

Proceso de inyección del caucho en estado maleable al molde del adoquín.



Fuente: Elaborado por autores

Es necesario tener en cuenta que la temperatura no debe llegar a un punto muy alto, ya que de lo contrario el material se quemaría y se arruinaría proceso. Para que esto no ocurra se implementó como parte de la estructura de la máquina un regulador de temperatura de la serie REX-C100 cuya especificación técnica permite regular la temperatura desde 0 a 370 °C.

Figura 41

Pruebas de control de temperatura.



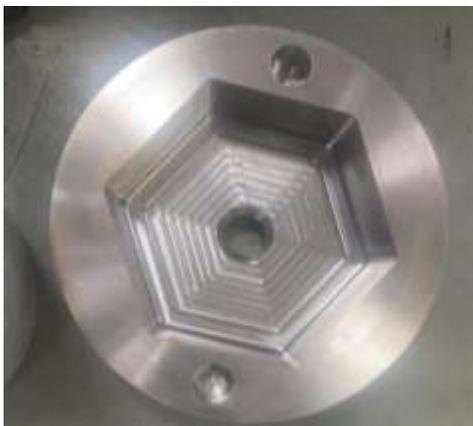
Fuente: Elaborado por autores

El proceso de inyección debe hacerse de forma que el pistón esté ejerciendo presión de forma constante, pero con una velocidad moderada, para que todo el tiempo se esté inyectando el caucho hasta el molde y no exista cámaras de aire, que afecten el proceso de inyección generando imperfecciones en el resultado final. El proceso llevará entre 2 a 3 minutos aproximadamente.

El caucho en estado maleable será depositado en un molde de tipo hexagonal que fue realizado en una máquina CNC para dar forma a una placa de acero p20 obteniendo así el molde del adoquín que de manera lateral mide 132 mm y de alto 18 mm.

Figura 42

Molde hexagonal del adoquín.



Fuente: Elaborado por autores

Una vez que se termina de inyectar el producto dentro del molde, se procede a activar el sistema de enfriamiento, el cual consiste en cámaras transversales de agua a través del molde, lo que ayudará en la aceleración del proceso de enfriamiento del molde. Esta etapa del proceso tendrá una duración aproximada de 5 – 6 minutos, finalizado este tiempo, a través de un voltador se podrá retirar el producto del molde, teniendo como resultado el adoquín a base de neumáticos.

Figura 43

Utilización del sistema de enfriamiento en el molde del adoquín una vez se ha llenado.



Fuente: Elaborado por autores

Figura 44

Proceso de desmoldado del adoquín una vez se ha enfriado el caucho.



Fuente: Elaborado por autores

Figura 45

Adoquines obtenidos tras la finalización del proceso de triturado y termoformado del caucho.



Fuente: Elaborado por autores

4.2. Análisis de costo del proyecto

4.2.1. Costos Directos del proyecto

Tabla 15

Costos directos del proyecto.

Descripción	Unidad	Cant	Precio Unit	Valor Total
Sistema de Trituración				
Variador de Frecuencia 5 A 25 - 220a660	U	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Motor reductor de 1 hp	U	1	\$ 300,00	\$ 300,00
Eje de 3"	MT	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Pedazos de plancha negra 40x10	U	10	\$ 12,50	\$ 125,00
Tubo de 1"x1,5mm	MT	3	\$ 8,00	\$ 24,00
Disco de core	U	5	\$ 0,95	\$ 4,75
Disco por pala	U	2	\$ 1,63	\$ 3,25
Sistema de Inyección				
Contactores 220v 60amp	U	2	\$ 35,00	\$ 70,00
Disyuntores de 60 amp	U	2	\$ 17,25	\$ 34,50
Cable concentrico #12	MT	10	\$ 0,87	\$ 8,70
Cable concentrico #16	MT	5	\$ 1,25	\$ 6,25

Bonotera	U	1	\$ 2,13	\$ 2,13
Timer	U	1	\$ 48,00	\$ 48,00
Fundas electrosoldadas	U	15	\$ 0,02	\$ 0,35
Resistencia	U	1	\$ 43,00	\$ 43,00
Cilindro neumático	U	1	\$ 29,00	\$ 29,00
Manguera #8	MT	5	\$ 1,50	\$ 7,50
Racord M8	U	6	\$ 1,46	\$ 8,76
Serpentín de temperatura	MT	3	\$ 0,16	\$ 0,47
Regulador para glp tipo sonda	U	1	\$ 0,25	\$ 0,25
Compresor	U	125	\$ 1,00	\$ 125,00
Sistema de enfriamiento y molde				
Acero P20	U	1	\$ 85,00	\$ 85,00
Broca 8''	U	1	\$ 1,57	\$ 1,57
Otros materiales				
Soldadura 6011	LB	2	\$ 1,00	\$ 2,00
Rotula 3/8	U	6,46	\$ 1,00	\$ 6,46
Pernos 3/8 x 1 1/2	U	8	\$ 0,35	\$ 2,80
Tuercas 3/8	U	8	\$ 0,20	\$ 1,60
Anillos planos	U	8	\$ 0,05	\$ 0,40
Pintura azul	LT	1	\$ 3,00	\$ 3,00
Diluyente	LT	0,5	\$ 3,00	\$ 1,50
Masilla	U	1	\$ 6,50	\$ 6,50
Subtotal				\$ 1.035,53
Iva 12%				\$ 141,21
Total				\$ 1.176,74

4.2.2. Costos indirectos

Tabla 16

Costos indirectos del proyecto.

DESCRIPCIÓN	Unidad	Cant.	Precio Unit	Valor Total
Equipos de seguridad industrial	U	2	\$ 15,00	\$ 30,00
Alquiler de taller para construcción de la máquina (2 meses)	U	2	\$ 180,00	\$ 360,00
Gastos varios	GLB	1	\$ 32,00	\$ 32,00
Servicios Básicos (2 meses)	U	2	\$ 45,00	\$ 90,00
SUBTOTAL				\$ 512,00
IVA 12%				\$ 61,44
TOTAL				\$ 573,44

4.2.3. Costo total del proyecto

Tabla 17

Costo total del proyecto.

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	
COSTO DIRECTO	\$ 1.176,74
COSTO INDIRECTO	\$ 573,44
TOTAL	\$ 1.750,18

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Se logró diseñar y fabricar satisfactoriamente un molino con 24 cuchillas que va a ser capaz de triturar caucho de neumáticos reciclados que previamente son cortados en tiras con la finalidad de que este producto pueda ser reutilizado y transformado en un producto diferente.

Se creó el sistema de inyección en donde a través de un cilindro de doble efecto se puede inyectar el caucho previamente triturado en el molino y calentado dentro de la cámara de inyección, hasta el molde, donde el material adopta la forma que se ha propuesto, en ese caso una forma hexagonal.

Se pudo diseñar y fabricar un molde de forma hexagonal utilizando un material que pueda resistir las temperaturas a las que se va a someter el caucho de neumáticos reciclado para cambiar su estado sólido y se obtenga como producto final un adoquín a base de este producto.

Se mecanizó el molde que se fabricó para obtener el producto del adoquín, con la finalidad de tener en el molde un sistema de enfriamiento que permita acelerar este proceso y poder desmontar el adoquín de forma más rápida y eficiente, realizando con la ayuda de una broca, unas perforaciones transversales alrededor de la circunferencia del molde.

Recomendaciones

Para quienes deseen realizar futuros diseños o fabricación de molinos capaces de triturar neumáticos que si quieren evitar la preparación del corte en tiras o deseen reducir la cantidad de cortes al neumático, se recomienda la implementación de más cuchillas, haciendo que el eje sea mayor en sus dimensiones y se aumentaría la potencia del motor reductor.

Se recomienda revisar y limpiar el filtro donde se van quedando los residuos diferentes al caucho, ya que estos al no ser inyectados dentro del molde y quedarse alojados ahí mucho tiempo, podrían causar inconvenientes al querer inyectar.

Cabe destacar que existen varias formas y tipos de moldes que se pueden diseñar y fabricar aparte del hexagonal, y utilizando como referencia este proyecto se podría realizar experimentos para fabricar moldes diferentes, conociendo las tendencias de la actualidad o de pronto el descubrir nuevos diseños novedosos y aplicables.

Los moldes de este tipo pueden ser mecanizados para poder adaptarles un sistema de enfriamiento, pero además se puede efectuar el sistema de enfriamiento a través de agua o sino también a través de aire, conectados a una línea de suministro de aire utilizando los mismos materiales.

Anexos

Anexo 1 Guía de preguntas para la realización de la entrevista

Entrevista a expertos en mecánica

Objetivo: Recopilar información relevante de los expertos mecánica para que sirva de base en el proceso de diseño y fabricación de una máquina capaz de triturar neumáticos usados y que este material sea empleado en la fabricación de adoquines.

- ¿Cuáles son los programas más recomendados para el diseño de maquinaria y por qué?
- ¿Cuáles son los retos más grandes al momento de diseñar y fabricar una nueva maquinaria y cómo pueden ser superados?
- ¿Cómo se asegura que el proceso de diseño y fabricación de una maquinaria sea exitoso?
- ¿Cuáles son los puntos claves que hay que considerar en el proceso de diseño y fabricación de una maquinaria y por qué?
- ¿Cuál es la tendencia futura en este tipo de maquinarias? (trituradoras para el reciclaje y reproceso)

Anexo 2 Guía de observación

Observador 1 (Obs. 1):		
Observador 2 (Obs. 2):		
Objetivo: Recolectar la información relevante del funcionamiento de la máquina.		
Indicadores de observación	Observaciones	
	Obs. 1	Obs. 2
Adecuación de la materia prima previo a la trituración.		
Tiempo de trituración de las tiras de neumático		
Capacidad mínima de trituración de la máquina por adoquín		
Capacidad máxima de trituración de la máquina por adoquín		
Dimensión promedio de las tiras de neumáticos a triturar		
Capacidad mínima de la cámara de inyección		
Capacidad máxima de la cámara de inyección		
Cantidad de merma del producto en el proceso de inyección		
Filtro separador de residuos metálicos y textiles.		
Tiempo necesario para que el material triturado se encuentre en estado maleable		
Tiempo necesario para la inyección en los moldes de adoquines del material en estado maleable		
Tiempo necesario para el enfriamiento y desmontado del adoquín.		
Tiempo requerido para la producción de un adoquín		
Cantidad de adoquines producidos empleando la capacidad mínima de la máquina trituradora		
Cantidad de adoquines producidos empleando la capacidad máxima de la máquina trituradora		

Anexo 3 Aplicación de entrevista a expertos en el área de mecánica

Entrevista 1 a experto en mecánica

Objetivo: Recopilar información relevante de los expertos mecánica para que sirva de base en el proceso de diseño y fabricación de una máquina capaz de triturar neumáticos usados y que este material sea empleado en la fabricación de adoquines.

- **¿Cuáles son los programas más recomendados para el diseño de maquinaria y por qué?**
SOLIDWORKS, INVENTOR son los programas más completos al momento de diseñar algún prototipo ya que cuentan con herramientas que nos permiten visualizar posibles errores antes de fabricar el prototipo, además nos proporciona la lista de herramientas con medidas reales para fabricar el prototipo

- **¿Cuáles son los retos más grandes al momento de diseñar y fabricar una nueva maquinaria y cómo pueden ser superados?**

El simple hecho de diseñar algo ya es un reto ya que existen muchos componentes por alinear y que deben funcionar de manera correcta para cumplir su fin, la manera de irlo superando es investigando consultando con personas relacionadas con el tema las cuales te pueden dar un punto de vista técnico o científico, e incluso uno empírico que muchas veces es un punto clave para poner en marcha tu proyecto.

- **¿Cómo se asegura que el proceso de diseño y fabricación de una maquinaria sea exitoso?**

El diseño nunca va a poder estar concluido si la maquina no está terminada ya que el diseño te ayuda mucho a aproximarse a la realidad, pero en el ensamble de un proyecto actúan muchas variantes las cuales paso a paso debes ir superando.

- **¿Cuáles son los puntos claves que hay que considerar en el proceso de diseño y fabricación de una maquinaria y por qué?**

Presupuesto, tiempo, experiencia y capacidad de investigación, habilidad, ingenio y paciencia

Estos son los más importantes ya que el momento de decidir emprender el reto de crear algo debes tener claro que no va a ser fácil ni rápido.

- **¿Cuál es la tendencia futura en este tipo de maquinarias? (trituradoras para el reciclaje y reproceso)**

En la actualidad cada vez más se potencia el desarrollo sostenible, es por esto que la tendencia a futuro va totalmente inclinada hacia arriba, porque cada vez más se busca proyectos para desarrollar este tipo de máquinas, productos, procesos, etc.; que sean amigables al medio ambiente, para el cuidado de la casa común.

Entrevista 2 a experto en mecánica

Objetivo: Recopilar información relevante de los expertos mecánica para que sirva de base en el proceso de diseño y fabricación de una máquina capaz de triturar neumáticos usados y que este material sea empleado en la fabricación de adoquines.

• **¿Cuáles son los programas más recomendados para el diseño de maquinaria y por qué?**
Bajo mi criterio personal, considero que SOLIDFACE e INVENTOR son programas que permiten crear, innovar, visualizar y proyectar diferentes tipos de maquinaria, acorde a la necesidad para la que se está creando, con datos puntuales que se pueden llevar a escala real según sea el caso.

• **¿Cuáles son los retos más grandes al momento de diseñar y fabricar una nueva maquinaria y cómo pueden ser superados?**

El reto más grande al momento de diseñar puede ser la integración del todo en el producto final que en este caso es la maquinaria que se está diseñando, puesto que, si desde el principio no se realiza un correcto análisis a la ingeniería, podría desencadenarse un problema durante la fabricación.

• **¿Cómo se asegura que el proceso de diseño y fabricación de una maquinaria sea exitoso?**

Se asegura desde el momento del diseño, ya que si el mismo se encuentra enfocado acorde a los procesos y funciones que realizará la maquinaria está al construirse podrá ser funcional. Se debe procurar mantener un orden conforme al modelado de cada una de las piezas que conformarán la maquinaria.

• **¿Cuáles son los puntos claves que hay que considerar en el proceso de diseño y fabricación de una maquinaria y por qué?**

- Orden
- Planeación
- Presupuesto
- Conocimiento
- Perspicacia
- Destreza

Debido a que cada uno de estos puntos se complementan entre sí para poder llevar a cabo el proceso de la maquinaria.

• **¿Cuál es la tendencia futura en este tipo de maquinarias? (trituradoras para el reciclaje y reproceso)**

Actualmente muchas empresas se están comprometiendo con el medio ambiente, es por ello que este tipo de maquinaria se verá replicado en muchos lugares, y no solo en el caso del caucho, el cual es el material que se está reprocessando en este proyecto para darle un nuevo uso; este tipo de maquinarias también podrán reprocessar otro tipo de materiales contaminantes que afectan con el paso de los años al ecosistema.

Bibliografía

- Aceros y Sistemas Hidráulicos. (15 de Junio de 2015). *Aceros y Sistemas Hidráulicos de México*. Obtenido de <http://www.ashm.mx/blog/como-se-calcula-el-area-del-piston-de-un-cilindro/>
- Asamblea Constituyente del Ecuador. (12 de Marzo de 2020). *Biblioteca digital de la Defensoría Pública del Ecuador*. Obtenido de <http://biblioteca.defensoria.gob.ec/handle/37000/2726>
- Autocosmos. (7 de Marzo de 2012). *Autocosmos*. Obtenido de <https://noticias.autocosmos.com.ar/2012/03/07/que-diferencia-hay-entre-torque-y-potencia>
- Automociononline. (2019). *Automociononline*. Obtenido de <https://automociononline.com/formacion-online/piston/>
- Bernal, A. (2014). *Competencia emprendedora e identidad personal. Una investigación exploratoria con estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid: Revista de Educación .
- Bonilla, W., & Pilatasig, I. (Febrero de 2018). *Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4505>
- Bravo, V., Abarca, E., & Escobar, M. (2020). las propiedades mecánicas de un cabezote, biela y pistón de motor mono-cilindrico de dos tiempos 100cc, aplicando ingeniería inversa. *ConcienciaDigital*, 510-527.
- Cabezas, M. (27 de Febrero de 2014). *Repositorio Digital Institucional de la Escuela Politécnica Nacional* . Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7225>
- Cáceres, A. (2018). *Diseño de tolva minera medrado y analisis estructural*. Resistencia de Materiales.
- Cadena, P. (2017). Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: un acercamiento en las ciencias sociales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1603-1617.

- Cardona, L., & Sánchez, L. (11 de 11 de 2016). *Repositorio digital de la Universidad de Medellín*.
Obtenido de oairepository.udem.edu.co:11407/375
- Casanova, O. (2016). Diseño del sistema de transmisión con inversión de marcha por cargas límites, para triturador de neumáticos fuera de uso. *Tesis de Grado*. Universidad de Matanzas, Matanzas.
- Cepeda, J. (Septiembre de 2016). *Repositorio Universidad Técnica de Ambato*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24314>
- Compañía Levantina de Reductores. (29 de Mayo de 2017). *Compañía Levantina de Reductores*.
Obtenido de <https://clr.es/blog/es/que-es-factor-de-servicio-calcularlo/>
- Congreso Nacional. (Septiembre de 2012). *Ministerio de Ambiente*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>
- DeVargas, A. (18 de Agosto de 2021). *Hormiglass*. Obtenido de <https://www.hormiglass.cl/adoquines-en-arquitectura-beneficios/>
- Espinosa, W., & Tatamués, R. (14 de Junio de 2016). *Repositorio Digital Istitucional de la Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16318>
- Fernández, R. (2018). *La vanguardia*. Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20181211/453406386366/cambio-climatico-historia-contaminacion-cronologia.html>
- Fitsitech. (2017). *Fitsitech*. Obtenido de <http://www.fitsitech.com/sau80x25s-sau-series-standard-air-cylinder.html>
- Flores, A., & Idrovo, H. (2018). *Repositorio Digital UIDE*. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2478>
- Frers, C. (2018). *Los problemas de las aguas contaminadas*. Buenos Aires: Internatura. Obtenido de http://www.internatura.org/estudios/informes/agua_contaminada.html
- Gómez, R. (2018). *Repositorio digital de la Universidad Nacional De La Amazonía Peruana*. Obtenido de <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5945>

- Granitos y Barros Hidalgo. (2015). *Granitos y Barros Hidalgo*. Obtenido de <https://www.granitosybarroshidalgo.com/catalogo/adocreto-cdmx/adocreto-cuadrado/>
- Granitos y Barros Hidalgo. (2015). *Granitos y Barros Hidalgo*. Obtenido de <https://www.granitosybarroshidalgo.com/catalogo/adocreto-cdmx/adocreto-hexagono/>
- Granitos y Barros Hidalgo. (2015). *Granitos y Barros Hidalgo*. Obtenido de <https://www.granitosybarroshidalgo.com/catalogo/adocreto-cdmx/adocreto-trebol/>
- Granitos y Barros Hidalgo. (2015). *Granitos y Barros Hidalgo*. Obtenido de <https://www.granitosybarroshidalgo.com/catalogo/adocreto-cdmx/adocreto-mono/>
- Grupo Traber . (Octubre de 2018). *Grupo Traber*. Obtenido de <https://www.grupotraber.com/adocreto/>
- Guerrero, D. (Octubre de 2018). *Repositorio de la Universida de Pamplona*. Obtenido de http://www.igm.mex.tl/images/5147/Factor%20de%20Seguridad_Servicio_Dise%C3%B1o.pdf
- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 163-173.
- Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc GrawHill.
- Hopu Adoquin. (Agosto de 2022). *Hopu Adoquin*. Obtenido de <https://adoquineshopu.com/descargas/FICHA%20TEC.%20ADOQUINES.pdf>
- Kresisch, T. (2021). *Trituradora de Plástcos*. Buenos Aires: Editorial Libróptica.
- Leyva, J., & Guerra, Y. (2020). Objeto de investigación y campo de acción: componentes del diseño de una investigación científica. *EduMecentro*, 241-260.
- Maldonado, T. (2016). Investigaciones experimentales. *Universidad Yacambu*, 1-5.
- Márquez, A. (22 de Enero de 2021). *Ecología Verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/problemas-ambientales-en-el-ecuador-3145.html#:~:text=Contaminaci%C3%B3n%20ambiental%20en%20el%20Ecuador,->

%C2%BFC%C3%B3mo%20afecta%20la&text=El%20desarrollo%20de%20industrias%20petroleras,calidad%20de%20aire%20en%20Ecuador

Martínez, V. (Enero de 2020). *Repositorio Institucional UTM* . Obtenido de <http://repositorio.utm.mx/home.jsp?locale=en>

Mecánica automotriz. (2015). *Manual de árbol de transmisión, diferencial, propulsión, eje y semiejes* . Toyota .

Mejía, J. (2021). Diseño de una planta procesadora de neumáticos fuera de uso para la producción de polvo de caucho en la reencauchadora americana Relino - Chiclayo. *Tesis de Grado*. Universidad Señor de Sipán.

Méndez, C., & Solano, F. (2010). Diseño de triturador de neumáticos usados; capacidad de 1TON/h, para la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC). *Tesis de Grado* . Universidad Politecnica Saseciana.

Mendoza, J. (2010). UNA APROXIMACIÓN METODOLÓGICA PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE AUTOMATIZACIÓN USANDO ELEMENTOS NEUMÁTICOS. *Scientia Et Technica*, 92-96.

Merino, M., Pintado, T., Sánchez, J., & Grande, I. (2015). *Introducción a la investigación de mercado*. Madrid: Esic.

Ministerio del Ambiente. (12 de Abril de 2017). *LEXIS FINDER*. Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf

Moreno, J. (2020). *Análisis de las estrategias de la comunicación externa de la Universidad de Guayaquil, año 2020*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

Moyano, J., Naranjo, E., & Tenicota, A. (2020). Diseño y selección de cuchillas para el proceso de trituración de neumáticos y análisis de costos de fabricación. *Conciencia Digital*, 29-43.

Mueses, S. (10 de Octubre de 2017). *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte* . Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7150>

- Murillo, J. (2016). *Metodología de Investigación Avanzada*. Argentina: Universidad Católica de Argentina.
- Nexu. (17 de Octubre de 2018). *Nexu*. Obtenido de <https://www.nexu.mx/blog/torque-del-motor-potencia-y-rendimiento/>
- Nuteco. (26 de Julio de 2020). *Prefabricados de la Jara*. Obtenido de <https://www.prefabricadosjara.com/adoquines-de-hormigon-en-peatonales/>
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (4a. Edición ed.). Bogotá: Ediciones de la U.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Organización de Naciones Unidas. (2018). *Organización de Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.un.org/es/global-issues/climate-change#:~:text=En%202018%20el%20IPCC%20public%C3%B3,los%20aspectos%20de%20la%20sociedad.>
- Otero, A. (2018). *Enfoques De Investigación: Métodos Para El Diseño Urbano - Arquitectónico*. ResearchGate.
- Pástor, C. (2022). *Repositorio institucional de la Universidad del Azuay* . Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/1163>
- Ramos, C. (2021). DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN Diseños de investigación experimental . *CienciAmérica*, 3-28.
- Ramos, G. (11 de Marzo de 2021). *Repositorio Institucional Continental*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8537>
- Rodríguez, M., Mance, H., Barrera, X., & García, C. (2015). *Cambio climático: lo que está en juego*. El Bando Creativo.

- Roydisa. (Septiembre de 2018). *Roydisa*. Obtenido de <https://www.roydisa.es/archivos/5419#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20un%20motorreductor%3F,un%20equipo%20de%20forma%20autom%C3%A1tica>.
- Samaniego, A. (2016). *Repositorio Digital de la Universidad Técnica de Machala*. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7664>
- Sánchez, R. (2012). Segunda vida de los neumáticos usados. *Química Viva*, 24-39.
- Sew-eurodrive. (1 de Agosto de 2019). *Sew-eurodrive*. Obtenido de <https://www.sew-eurodrive.es/productos/motorreductores/getriebemotoren.html>
- Transec. (2021). *Transec*. Obtenido de <https://www.transec.com.ar/soporte/18450/que-es-un-motor-electrico-y-como-funciona/>
- Troncoso, C., & Amaya, A. (2016). *Entrevista: guía práctica para la recolección de datos cualitativos en investigación de salud*. Colombia: Revista de la Facultad de Medicina .
- Uglietti, C., Gabrielli, P., Cooke, C., Vallelonga, P., & Thompson, L. (2015). *Dicyt*. Obtenido de <https://www.dicyt.com/noticias/la-contaminacion-ambiental-se-inicio-en-america-del-sur-240-anos-antes-de-la-revolucion-industrial>
- Unoreciclaje. (Febrero de 2022). *Técnicas de Gestión y Maquinaria Medioambiental*. Obtenido de <https://www.unoreciclaje.com/productos/bomatic/b1000s/>
- Untha. (Marzo de 2022). *Untha*. Obtenido de <https://www.untha.com/es/productos/rs3040-reciclaje>
- Veintimilla, A. (06 de Octubre de 2015). *Repositorio digital de Espol*. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/30436>
- Yura. (Febrero de 2018). *Concretos Supremix* . Obtenido de https://www.supermix.com.pe/files/dip_adoquines.pdf