UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

TÍTULO

ESTUDIO Y PROPUESTA PARA EL RECICLAJE DE NEUMÁTICOS PROCEDENTES DE LOS VEHÍCULOS DE LA CIUDAD DE LOJA

Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico Automotriz.

AUTOR:

Christian Damián Poma Vélez

DIRECTOR:

José Francisco Ochoa Alfaro, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2018-2019

CERTIFICACIÓN

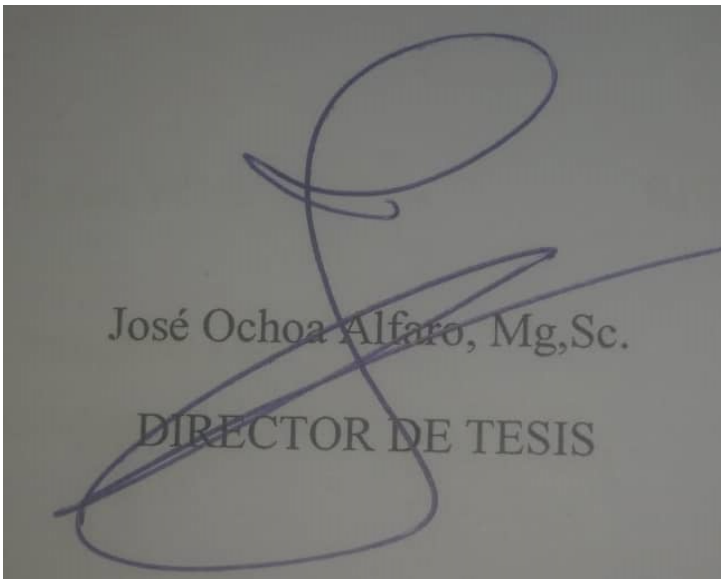
Ing. José Francisco Ochoa Alfaro, Mg. Sc.

DOCENTE DE LA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

C E R T I F I C O:

Que el presente trabajo de Titulación titulado **" ESTUDIO Y PROPUESTA PARA EL RECICLAJE DE NEUMÁTICOS PROCEDENTES DE LOS VEHÍCULOS DE LA CIUDAD DE LOJA",** desarrollado por el estudiante Christian Damián Poma Vélez, ha sido asesorado y elaborado bajo mi dirección, cumple con los requisitos de fondo y de forma que exigen los respectivos reglamentos e instituciones. Por ello autorizo su presentación y sustentación.

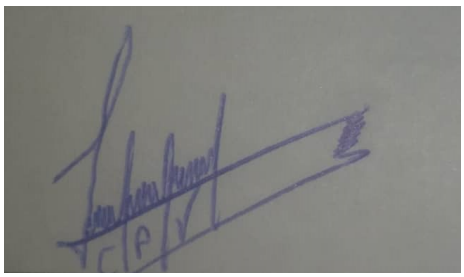
Loja, 28 de Febrero del 2019



AUTORÍA

Yo, CHRISTIAN DAMIÁN POMA VÉLEZ declaro ser el autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional - Biblioteca Virtual.

Firma: 

Cedula: 110517008-6

Fecha: 28 de Febrero del 2019

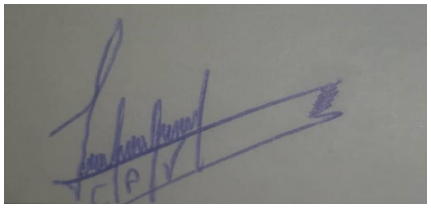
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, CHRISTIAN DAMIÁN POMA VÉLEZ, declaro ser el autor de la tesis titulada: "**ESTUDIO Y PROPUESTA PARA EL RECICLAJE DE NEUMÁTICOS PROCEDENTES DE LOS VEHÍCULOS DE LA CIUDAD DE LOJA",** como requisito para la obtención del Título de: INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visualización de su contenido que constará en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la Tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veintiocho días del mes de febrero del dos mil diecinueve.

Firma: 

Autor: Christian Damián Poma Vélez

Cédula: 110517008-6

Dirección: Loja (AV. Éxodo de Yangana, km 3)

Correo electrónico: cdpomav@gmail.com

Teléfono: 072547971 **Celular**: 0991245054

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. José Francisco Ochoa Alfaro, Mg. Sc.

TRIBUNAL DE GRADO: Ing. Thuesman Estuardo Montaño Peralta, Mg. Sc.
Ing. Jorge Luis Maldonado Correa, Mg. Sc.
Ing. Rubén Darío Carrión Jaura, Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

A las Autoridades de la Universidad Nacional de Loja, por haberme dado la oportunidad de obtener un título de tercer nivel y por haber contribuido a lograr mi propósito de ser profesional.

A los docentes de la carrera de Ingeniería en Mecánica Automotriz que siempre estuvieron prestos a brindar e impartir sus sabios conocimientos a sus estudiantes, para la formación moral, ética y profesional.

A mi director de tesis Ing. José Ochoa Alfaro. Mg, Sc., por contribuir con sus valiosos conocimientos durante el desarrollo de este trabajo de titulación.

Christian Poma

DEDICATORIA

Este proyecto final lo dedico a Dios y la Virgen del Cisne por ser la luz que ilumina mi vida, por darme oportunidades, fortaleza, voluntad para seguir adelante. Enseñándome a sobrellevar las vicisitudes que se presentan cotidianamente y a la vez dotándome de las aptitudes necesarias para sobrellevar la vida en sus aspectos laborales, sociales, familiares, etc.

A mis padres Javier y Rosa por convertirse en mi apoyo incondicional a lo largo de mi vida, por brindarme sus consejos y sabiduría; por estar presentes en todas las etapas de mi vida; por convertirse en ese motor que impulsó mis días hasta llegar a la consecución de esta tan anhelada meta.

A mis hermanos: Klever, Darío, Byron, Betty por ser una gran parte de mi vida; por ser dignos ejemplos a seguir; por su amistad; por el cariño y por las palabras de aliento que hoy me han permitido llegar a estas instancias dentro mi vida académica.

.

Christian Damián

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTOR:.....i
CERTIFICACIÓN ii
AUTORÍA..... iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO iv
AGRADECIMIENTO v
DEDICATORIA vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS vii
LISTAS DE FIGURAS.....xi
LISTA DE TABLAS xiii
TERMINOLOGÍA.....xiv
TÍTULO 1
RESUMEN 2
ABSTRACT.....3
INTRODUCCIÓN 4
OBJETIVOS 6
CAPÍTULO I. 7
1. REVISIÓN DE LITERATURA 7
1.1. El Neumático.....8
1.1.1. Definición: 8
1.1.2. Tipos.....8
1.1.2.1. Neumáticos Convencionales.....8
1.1.2.2. Neumáticos Radiales. 8
1.1.3. Estructura: 9
1.1.4. Composición. 10
1.1.5. Neumáticos Fuera de Uso y Medio Ambiente 13
1.1.6. Valorización material y energética de los NFU 15
1.1.7. Tecnologías para la Valorización material y energética de los NFU.....16
1.1.7.1. Trituración mecánica. 16
1.1.7.2. Trituración criogénica.....16
1.1.7.3. Termólisis. 17
1.1.7.4. Pirolisis. 17
1.2. Opciones más extendidas para el Reciclaje de los Neumáticos.....18

1.2.1. Reencauche. 18
1.2.2. Combustible y energía eléctrica 20
1.2.3. Aprovechamiento en muros de contención 22
1.2.4. Usos decorativos 23
1.2.5. Pistas de Atletismo. 24
1.2.6. Canchas de hierba Artificial 25
1.2.7. Pisos de caucho 27
1.2.8. Carreteras 28
1.2.8.1. Estudios Preliminares 29
1.2.8.2. Ventajas 30
1.2.8.3. Desventajas 31
1.3. Análisis a nivel Nacional de los NFU 31
1.3.1. Recuperación de neumáticos fuera de uso (NFU) 32
1.3.2. Políticas en marcha 33
1.3.3. Reciclaje 34
1.4. Análisis a nivel Local 35
1.4.1. Proveedores de neumáticos fuera de uso (NFU) 37
1.4.2. Conformación del parque automotor 37
1.4.3. Legislación sobre NFU 38
CAPÍTULO II. 40
2. MATERIALES Y MÉTODOS 40
2.1. Materiales 41
2.2. Metodología 44
2.2.1. Método analítico. 44
2.2.2. Método deductivo. 44
2.3. Técnicas de Investigación 44
2.3.1. Técnica de Investigación Documental 44
2.3.2. Técnica de Campo-Guia de observación y diario de Campo 44
CAPÍTULO III. 45
3. RESULTADOS 45
3.1. Selección del Método de Reciclaje 48
3.2. Mercado de NFU en carreteras 48
3.2.1. Diagnóstico Actual 48
3.2.2. Sistema Vial de la urbe de Loja 48
3.2.3. Demanda 49

3.3. Resultados de la utilización de NFU en carreteras 50
3.3.1. Rentabilidad: 50
3.3.2. Beneficios: 52
3.3.3. Retos de la industria - Obstáculos políticos 54
3.3.4. Porcentaje de llantas recicladas.....54
3.3.4.1. Pavimento Asfáltico: 54
3.3.4.2. Reparación de Baches:.....54
3.4. Programa de gestión integral de neumáticos.....55
3.4.1. Identificación y Localización de Puntos de Distribución y Almacenamiento de NFU en la ciudad de Loja 55
3.4.2. Calculo de NFU producidos anualmente en la provincia y cantón Loja 56
3.4.3. Mitigación de NFU 59
CAPÍTULO IV.....61
4. DISCUSIÓN 61
CAPÍTULO V 64
5. PROPUESTA.....64
5.1. Implementación de una Planta de Asfalto con NFU para la ciudad de Loja 65
5.2. Políticas de respaldo.....66
5.3. Recolección de neumáticos en la ciudad de Loja.....66
5.4. Área de Descarga y Clasificación 68
5.5. Almacenamiento de NFU.....68
5.6. Adquisición de Maquinaria para la obtención de polvo de caucho 69
5.6.1. Equipo de Trituración primaria.....70
5.6.2. Equipo de trituración secundaria.....70
5.6.3. Equipo de separación del textil 71
5.6.4. Equipo de Separación del Acero 72
5.6.5. Equipo de Molienda y Fresado 72
5.6.6. Equipo de manejo de Materiales 74
5.7. Estudio Económico Introductorio del reciclaje de NFU 75
5.7.1. Consumo Energético de las tecnologías de valoración de material 75
5.7.2. Costo de Infraestructura 76
5.7.3. Costo de Maquinaria 76
5.7.4. Costo de Mano de Obra 77
5.7.5. Adquisición de un vehículo para recolección de NFU 77
5.7.6. Obtención de materiales luego de haber sido procesados dentro de la planta 78

5.7.7. Estado de Resultados del Proyecto 78
5.8. Planta de Asfalto con base de polvo de NFU 80
5.8.1. Mezclas de campo 80
5.8.2. Especificaciones para las mezclas 81
CONCLUSIONES 85
RECOMENDACIONES 87
BIBLIOGRAFÍA 88
ANEXOS 95
ANEXO 1: Centros de acopio de NFU de la Ciudad 96
ANEXO 2: LEGISLACIÓN VIGENTE PARA EL MANEJO DE NFU 100
ANEXO 3: Generalidades del Asfalto 102
ANEXO 4: Características Técnicas de los Equipos de Trituración de NFU 107
ANEXO 5: Plano de Planta de Obtención de Gránulo de Caucho 113

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1.1 Tipos de Neumáticos 9

Figura 1.2 Partes de un neumático 9

Figura 1.3 Problema Ambiental de los neumáticos 13

Figura 1.4 Representación esquemática de la molienda criogénica 17

Figura 1.5 Muros de contención 22

Figura 1.6 Esquema de la construcción de un muro de contención 23

Figura 1.7 Usos decorativos delos NFU 24

Figura 1.8 Pista de atletismo hecha con NFU 25

Figura 1.9 Cancha de hierba sintética con GCR 25

Figura 1.10 Pisos elaborados con Caucho de NFU 28

Figura 1.11. Centro de gestión integral de residuos sólidos 36

Figura 1.12. Centro de acopio de neumáticos. 36

Figura 1.13 Tipos de Transporte del Cantón Loja 38

Figura 2.1 Logo de Google Maps 41

Figura 2.2 Logo de Google Earth 42

Figura 2.3 Aplicación GPS Handy Free 43

Figura 3.1 Clasificación de la red vial de la ciudad de Loja 49

Figura 3.2 Estado de las vías urbanas de la ciudad de Loja 50

Figura 3.3 Mantenimiento estatal con y sin Asfalto-Caucho (RTR-MB) 51

Figura 3.4Beneficio del uso de RTR-MB en carreteras 53

Figura 3.5 Ubicación de los establecimientos de recolección de NFU en la ciudad de Loja 56

Figura 3.6 NFU producidos por provincia de acuerdo al número de vehículos matriculados en Ecuador anualmente 57

Figura 3.7 Toneladas de NFU producidas anualmente 58

Figura 3.8 Proyección de NFU generados en 10 años 59

Figura 5.1.Planta de asfalto del Municipio de Loja 65

Figura 5.2 Ruta norte de recolección de NFU 67

Figura 5.3 Ruta sur de recolección de NFU 68

Figura 5.4 Esquema de la estructura automatizada para el procesamiento de NFU 69

Figura 5.5 Trituradora 70

Figura 5.6 Rallador 71

Figura 5.7 Separador de Textil 71

Figura 5.8 Separador Magnético 72

Figura 5.9 Prensa granuladora 73

Figura 5.10 Equipo de soporte para el manejo de materiales 74

Figura 5.11 Unidad móvil de mezcla para asfalto-caucho 80

Figura 5.12 Tanque de reacción móvil para asfalto-caucho 81

Figura 5.13 Viscosímetro rotacional de Brookfield (izquierda) y viscosímetro de mano Haake/Rion (derecha) 82

Figura 5.14 Planta de obtención asfalto-caucho 84

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Composición de Neumáticos 11

Tabla 1.2 Clasificación de los cauchos 11

Tabla 1.3 Propiedades del caucho de llantas 12

Tabla 1.4 Componentes peligrosos, producto de la quema de neumáticos 14

Tabla 1.5 Transporte particular, público y comercial del cantón Loja 37

Tabla 3.1 Resumen comparativo de los métodos de Reciclaje más extendidos 47

Tabla 3.2 Neumáticos reciclados por milla de carril 54

Tabla 3.3 Neumáticos reciclados por cada bache 55

Tabla 3.4 Vehículos más vendidos en el 2017 58

Tabla 3.5 NFU producidos anualmente en el cantón Loja en el 2018 59

Tabla 3.6 NFU producidos anualmente en el cantón Loja en el 2018 59

Tabla 3.7 NFU Necesarios para el mejoramiento de infraestructura Vial 60

Tabla 5.1. Tipo de polvo de caucho y granulometría 73

Tabla 5.2 Potencia Requerida por la Maquinaria de Trituración 75

Tabla 5.3 Costo de Infraestructura 76

Tabla 5.4 Costo de Maquinaria 76

Tabla 5.5 Costo de Mano de Obra 77

Tabla 5.6 Vehículos 77

Tabla 5.7 Ingresos por la venta del triturado de NFU 78

Tabla 5.8 Especificaciones de Graduación para el uso del Asfalto 81

TERMINOLOGÍA

ADOT The Arizona Department of Transportation

AR Asphalt-Rubber

BR Polibutadienos

CRM Miga de Caucho modificada

EPA (Environmental Protection Agency) Agencia de Protección Ambiental

GCR Grano de caucho reciclado

HMA Mezcla asfáltica en caliente

IR Polisoprenos sintéticos

NFPA (National Fire Protection Association) Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego.

NFU Neumático fuera de uso

NR Cauchos naturales

RMA (Rubber Manufacturers Association) Asociación de fabricantes de caucho

RTR Caucho de neumático reciclado

RTR-MB Caucho de neumático reciclado-Modificado con betún

SBR Estireno – Butadieno

SBR Copolímero estireno-butadieno

TÍTULO

ESTUDIO Y PROPUESTA PARA EL RECICLAJE DE NEUMÁTICOS PROCEDENTES DE LOS VEHÍCULOS DE LA CIUDAD DE LOJA

RESUMEN

La presente investigación **“ESTUDIO Y PROPUESTA PARA EL RECICLAJE DE NEUMÁTICOS PROCEDENTES DE LOS VEHÍCULOS DE LA CIUDAD DE LOJA”,** tuvo como objetivo general: ¨Conocer los diferentes procesos de reciclaje de neumáticos existentes en la actualidad con el fin de proponer una alternativa aplicable para la ciudad de Loja¨.

La realización del presente trabajo investigativo mostrará un estudio de los neumáticos en desuso almacenados en la ciudad de Loja y la gestión integral de estos residuos para aumentar la valorización de los mismos y reducir los grandes volúmenes de almacenamiento y efectos que causan daño al medio ambiente. Los medios para lograr este propósito es dar a conocer algunas alternativas que permitan el reciclaje de los neumáticos y su transformación en insumos útiles para la industria y la sociedad.

Las bases de esta investigación se realizaron a través de los métodos analítico y deductivo apoyados en la investigación documental y de campo. Se inició con un estudio de introductorio en el centro de acopio del Gobierno Autónomo Descentralizado de Loja, también se realizó un recorrido por toda la ciudad, lo que permitió identificar los diferentes puntos de acopio para los Neumáticos Fuera de Uso. El resto del trabajo se centró en la recopilación de material bibliográfico y análisis de la documentación encontrada.

Una vez identificado el problema de almacenamiento de los neumáticos en la ciudad de Loja, se ofrece una propuesta alternativa para el reciclado de NFU, basada en los beneficios de la industria y necesidades de la ciudad.

ABSTRACT

The present investigation "STUDY AND PROPOSAL FOR THE RECYCLING OF TIRES FROM THE VEHICLES OF THE CITY OF LOJA" had like general objective To know the different processes of recycling of existent tires at present with the purpose of proposing applicable alternative for the city of Loja.

The realization of this research work will show a study of the disused tires stored in the city of Loja and the integral management of these waste to increase the value of them and reduce the large volumes of storage and effects that cause damage to the environment. The means to achieve this purpose is to make known some alternatives that allow the recycling of tires and their transformation into useful inputs for industry and society.

The bases of this research were carried out through analytical and deductive methods supported by documentary and field research. It began with an introductory study at the decentralized autonomous government of Loja collection center, a tour was also carried out throughout the city that allowed identifying the different collection points for the tires out of use. The rest of the work focused on the collection of bibliographic material and analysis of the documentation found.

Once the problem of tire storage in the city of Loja, has been identified, an alternative proposal for the recycling of tires out of use is offered, based on the benefits of the industry and the needs of the city.

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador de acuerdo a los datos del Ministerio del Ambiente, cada año se desechan alrededor de 2´500.000 llantas usadas de toda clase, lo que representa un problema medioambiental. La principal problemática de las llantas usadas está asociada a su gran cantidad, a su volumen y a su lenta degradación (aproximadamente 500 años). Anteriormente el proceso de gestión final correspondía a la eliminación de estas a botaderos a cielo abierto, donde no existía ningún tipo de procesamiento de recuperación o mitigación de su impacto, e inclusive este desecho era depositado ilegalmente en quebradas, ríos y otros espacios abiertos. La inadecuada gestión de los neumáticos usados tiene un impacto social negativo reflejado en la salud pública, especialmente en sectores tropicales del País. La llanta al no ser gestionada adecuadamente se vuelve un contenedor de aguas de lluvia que coadyuvan a la proliferación de mosquitos que causan enfermedades como el dengue, paludismo, el chinkunguya, etc.

Debido al problema que representa la acumulación de neumáticos, resulta una necesidad imperiosa establecer un plan de manejo de Neumático Fuera de Uso (NFU) que permita la eliminación de estos residuos de una manera ecológica y con beneficios a la industria que lo promueva.

El primer capítulo de este trabajo se centra en las bases teóricas que rigen esta investigación, por lo que de una forma generalizada se aborda la estructura y componentes del neumático, así como las formas más extendidas de reciclaje y las respectivas tecnologías que contribuyen a su desarrollo. Otra temática abordada es la estructura actual utilizada a nivel local y nacional del manejo de NFU.

En el segundo capítulo se relatan brevemente las herramientas utilizadas en esta investigación y los métodos utilizados en el desarrollo de la misma.

En el capítulo tres se expone el método seleccionado para el reciclaje de NFU en la ciudad de Loja y se realiza una valoración de las necesidades del mercado local a través de un estudio actualizado del estado de la infraestructura vial. También se abordan los parámetros que contribuyeron a la selección de esta forma de reciclaje, fundamentados en los resultados que presentan los estudios entorno a la aplicación de esta metodología de reciclaje.

En el capítulo cuatro se muestra una breve reseña de los resultados obtenidos en el trabajo a través de la descripción del alcance de los objetivos planteados.

Finalmente en el capítulo cinco se describen los componentes necesarios para la implementación de la planta de asfalto en la ciudad de Loja tales como proveedores de NFU, rutas de recolección, maquinaria, infraestructura y especificaciones del material (mezcla asfáltica).

OBJETIVOS

Objetivo general

- Conocer los diferentes procesos de reciclaje de neumáticos existentes en la actualidad con el fin de proponer una alternativa aplicable para la ciudad de Loja.

Objetivos específicos

- Estudiar la composición química y estructural de los neumáticos para determinar los contaminantes que producen una vez que son desechados.
- Conocer los procesos actuales destinados al reciclaje de neumáticos en la ciudad de Loja e investigar acerca del reciclaje llevado a cabo en otras ciudades del país y del mundo.
- Seleccionar una forma de reciclaje basado en beneficios y necesidades de la ciudad de Loja para su posible implementación.
- Plantear una propuesta para el reciclaje de neumáticos procedentes de vehículos de la ciudad de Loja para su posible implementación en el entorno local.

CAPÍTULO I.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. El Neumático

1.1.1. Definición:

Proviene del griego neumáticos, «relativo al pulmón», por el aire que lleva. También denominado cubierta, llanta, caucho o goma; es una pieza toroidal de caucho que se coloca en las ruedas de diversos vehículos y máquinas. Su función principal es permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con el pavimento, posibilitando el arranque, el frenado y la guía. (Wikipedia, 2017)

1.1.2. Tipos

1.1.2.1. Neumáticos Convencionales.

Este tipo de neumático se caracteriza por tener una construcción diagonal que consiste en colocar las capas de manera tal, que las cuerdas de cada capa queden inclinadas con respecto a línea del centro orientadas de ceja a ceja. Este tipo de estructura brinda al neumático dureza y estabilidad que le permiten soportar la carga del vehículo (como se puede ver en la figura 1.1).

La desventaja de este diseño es que proporciona al neumático una dureza que no le permite ajustarse adecuadamente a la superficie de rodamiento ocasionando un menor agarre, menor estabilidad en curvas y mayor consumo de combustible.

1.1.2.2. Neumáticos Radiales.

En la construcción radial, las cuerdas de las capas del cuerpo van de ceja a ceja formando semiovalos. Son ellas las que ejercen la función de soportar la carga. Sobre las capas del cuerpo, en el área de la banda de rodamiento, son montadas las capas estabilizadoras. Sus cuerdas corren en sentido diagonal y son ellas las que proporcionan resistencia y mantiene la estabilidad del neumático.

Este tipo de construcción permite que el neumático sea más suave que el convencional lo que le permite tener mayor confort, manejabilidad, adherencia a la superficie de rodamiento, tracción, agarre, y lo más importante contribuye a la reducción del consumo de combustible (como se puede ver en la figura 1.1).

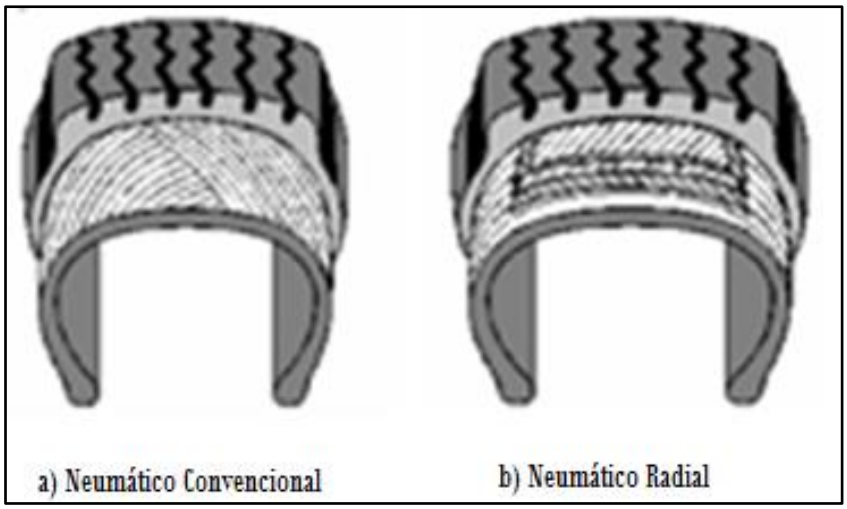


Figura 1.1 Tipos de Neumáticos
Fuente: (CONAE)

1.1.3. Estructura:

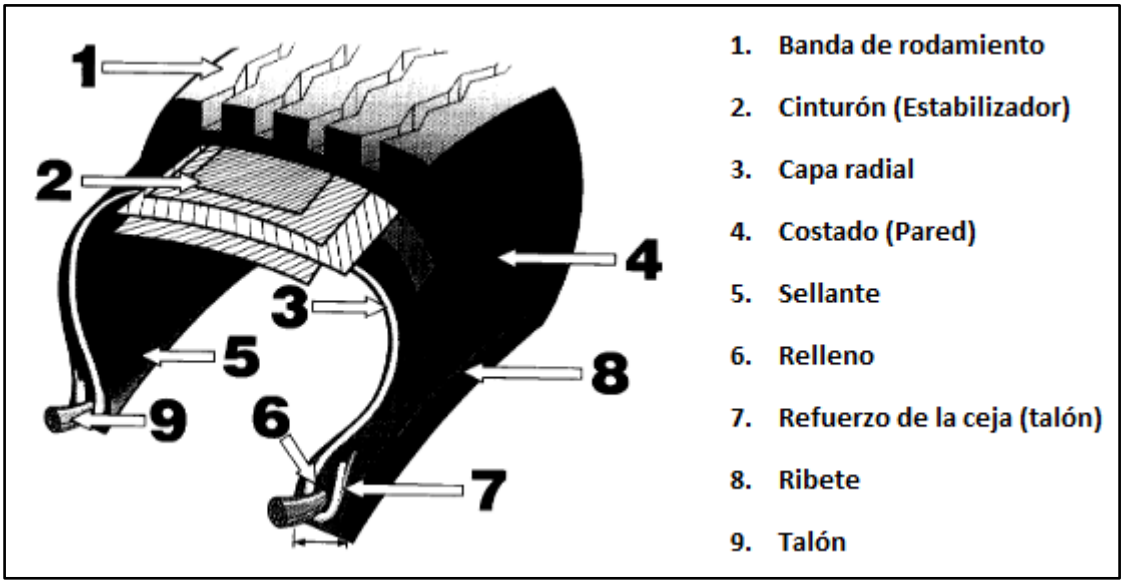


Figura 1.2 Partes de un neumático
Fuente: (CONAE)

De acuerdo con la CONAE (Comisión nacional para el ahorro de energía) las partes fundamentales de un neumático radial son:

- **Banda de rodamiento.** Esta parte, generalmente de hule, proporciona la interfase entre la estructura de la llanta y el camino. Su propósito principal es proporcionar tracción y frenado.

- **Cinturón (Estabilizador).** Las capas del cinturón (estabilizador), especialmente de acero, proporcionan resistencia al neumático, estabiliza la banda de rodamiento y protege a ésta de picaduras.
- **Capa radial.** La capa radial, junto con los cinturones, contienen la presión de aire. Dicha capa transmite todas las fuerzas originadas por la carga, el frenado, el cambio de dirección entre la rueda y la banda de rodamiento.
- **Costado (Pared).** El hule del costado (pared) está especialmente compuesto para resistir la flexión y la intemperie proporcionando al mismo tiempo protección a la capa radial.
- **Sellante.** Una o dos capas de hule especial (en neumáticos sin cámara) preparado para resistir la difusión del aire. El sellante en estos neumáticos reemplaza la función de las cámaras.
- **Relleno.** Piezas también de hule con características seleccionadas, se usan para llenar el área de la ceja (talón) y la parte inferior del costado (pared) para proporcionar una transición suave del área rígida de la ceja, al área flexible del costado.
- **Refuerzo de la ceja (talón).** Es otra capa colocada sobre el exterior del amarre de la capa radial, en el área de la ceja, que refuerza y estabiliza la zona de transición de la ceja al costado.
- **Ribete.** Elemento usado como referencia para el asentamiento adecuado del área de la ceja sobre el rin.
- **Talón.** Es un conjunto de alambres de acero de alta resistencia utilizado para formar una unidad de gran robustez. El talón es el ancla de cimentación de la carcasa, que mantiene el diámetro requerido de la llanta en el rin.

1.1.4. Composición.

Según (Castro, 2008) los neumáticos son estructuras tubulares complejas, compuestas fundamentalmente de (ver tabla 1.1) caucho natural (su principal componente), cauchos sintéticos, negro de humo (carga de refuerzo), agentes químicos (azufre, óxido de zinc, cadmio y aditivos), aceites minerales y fibras reforzantes (hilos de acero y textiles).

Tabla 1.1 Composición de Neumáticos

Material	**Llantas de automóviles y camionetas (%)**	**Llantas de Camiones y Autobuses (%)**
Caucho Natural	14	27
Caucho sintético	27	14
Negro de humo	28	28
Acero	14-15	14-15
Fibra, textil, suavizantes, óxidos, antioxidantes, etc	16-17	16-17

Fuente: (Angulo & Duarte, 2005)

Los cauchos sintéticos más utilizados en la actualidad (ver tabla 1.2) son estireno-butadieno (SBR), polisoprenos sintéticos (IR) y poli-butadienos (BR). La matriz de caucho más utilizada es el copolímero estireno-butadieno (SBR), con un 25% en peso de estireno o una mezcla de caucho natural y SBR.

Tabla 1.2 Clasificación de los cauchos

Elastómeros	Cauchos Naturales	
	Cauchos Sintéticos	Estireno butadieno (SBR)
		Polibutadieno (BR)
		Isopreno
		Etileno-propileno (EPM-EPDM)
		Isobutileno-isopropeno (IIR)
		Cauchos de nitrilo (NBR)
		Policloropreno (neopreno)
		Cauchos florados (CMF-FMK)
		Cauchos de Silicona (Q)
		Termoplastico

Fuente: (Cano, Cerezo, & Urbina, 2006)

La combinación de cauchos naturales y sintéticos, se realiza de modo que los cauchos naturales proporcionen elasticidad y los sintéticos, estabilidad térmica. El proceso de vulcanizado al que se someten los neumáticos, es un entrelazamiento de cadenas de polímeros con moléculas de azufre a alta presión y temperatura. En este proceso, el caucho pasa de ser un material termoplástico a ser un elastómero.

En la siguiente tabla 1.3 se pueden observar las características los elastómeros más comunes

Tabla 1.3 Propiedades del caucho de llantas

Elastómero	**Propiedades**
Caucho Natural (Polisopropeno)	Excelentes propiedades mecánicas: tracción, flexión y comprensión.
Polibutadieno	Excelente aislante eléctrico, muy buena resistencia a los ácidos diluidos y detergentes. Buena adhesión a tejidos y metales Muy buenas propiedades mecánicas
Butadieno-Estireno	Resistencia al envejecimiento por calor y oxidación Buena resistencia a los ácidos diluidos

Fuente: (Cardona Gómez & Sanchez Montoya, 2011)

Según el estado del neumático después de su utilización, estos se pueden clasificar en:

- Neumáticos reutilizables.
- Recauchutados (pueden ser recauchutados y las especificaciones técnicas determinantes son fijadas por las empresas especializadas.
- Neumáticos no reutilizables.

1.1.5. Neumáticos Fuera de Uso y Medio Ambiente

Uno de los residuos que más caracterizan a las sociedades desarrolladas modernas, tan dependientes del automóvil, son los neumáticos fuera de uso. Aunque se trata de un residuo no peligroso, presenta una alta capacidad calorífica que dificulta su extinción en caso de incendios y no es degradable. Estas y otras características, constituyen factores que aconsejan la adopción de una norma que los regule teniendo en cuenta esas particularidades propias.

Es cierto que en principio los neumáticos usados no generan ningún peligro inmediato, pero su eliminación de manera inapropiada o su producción en grandes cantidades, puede contaminar gravemente el medioambiente u ocasionar problemas a la hora de eliminarlos (Figura 1.3). No en vano, los neumáticos han sido diseñados para resistir condiciones mecánicas y meteorológicas duras, son resistentes al ozono, la luz y las bacterias, lo que les hace prácticamente indestructibles por el paso del tiempo. Los neumáticos enteros son flexibles y por su forma y tamaño limitan la rehabilitación del vertedero al ser difícilmente compactables, además son refugio ideal de insectos y roedores, y acumulan gases y lixiviados, frecuentes en los basureros.

a) Almacenamiento de llantas al aire libre

b) Quema incontrolada de neumáticos

Figura 1.3 Problema Ambiental de los neumáticos
Fuente: (El Universal, 2009)

Otro problema es la combustión de neumáticos (ver figura 1.3) que representa un peligro para la salud ya que produce emisiones de gases que contienen contaminantes carcinógenos y muta génicos. La quema de neumáticos a cielo abierto provoca graves problemas ambientales, los efectos dañinos de esta contaminación son, entre otros: la lluvia ácida, el calentamiento de la atmosfera, y el adelgazamiento de la capa de ozono. (como se puede ver en la figura 1.3)

Entre los componentes dañinos al medio ambiente y salud productos de la quema de neumáticos tenemos los siguientes:

Tabla 1.4 Componentes peligrosos, producto de la quema de neumáticos

Compuesto	Criterios			
	CA	TLV	Subcronico RfC	Crónico RfC
Acenafteno	X			
Acenaftileno	X			
Arsénico	X			
Bario				X
Benzo(a)antraceno	X			
Benceno	X			
Benzo(a)pyreno	X			
Benzo(a)flouranteno	X			
Benzyl cloruro	X			
Butadieno	X			
Monóxido de carbono		X		
Tetracloruro de carbono	X			
Cloroformo	X			
Cromo	X			
Cryseno	X			
Brea de alquitrán de Ulla	X	X		
Cumeno			X	X
1,2 Dicloropropano	X		X	X
Di-benzo(a,h)antraceno	X			
Dicloruro de Etileno	X			
Hexacloroetano	X			
Hexano			X	X
Plomo	X			
Cloruro de Metileno	X			
Nickel	X			
Fenol	X			
Estireno	X			X
Dióxido de Azufre		X		
Ácido sulfúrico		X		X
Tolueno (Metilbenceno)			X	X
1,1,2 Tricloroetano	X			
Tricloroetileno	X			
Vanadio		X		
Xyleno		X		

Fuente: (Reisman, 1997)

El tipo de daños que pueden acarrear los componentes de la quema de NFU se presentan en la tabla 1.4, la misma se basa en tres criterios: CA (carcinógeno humano sospechado o confirmado), TLV (el valor reportado es el 33% del valor límite de umbral), RfC

(Concentración de referencia por inhalación). Cómo se puede observar el 70 % de estos compuestos son Carcinógenos humanos sospechoso o confirmado.

1.1.6. Valorización material y energética de los NFU

Para valorizar los neumáticos usados se privilegiaran los procedimientos que permiten reciclar directamente los materiales y en consecuencia usar con moderación los recursos naturales. Se pueden citar:

• **Valorización material:** enteros, troceados, molidos, los neumáticos pueden ser reutilizados y valorizados en diversas aplicaciones. Pueden destacarse las aplicaciones en arrecifes de los neumáticos enteros, como aislante térmico y acústico de los neumáticos triturados, o las aplicaciones en materiales bituminosos. La utilización del polvo de neumáticos usados, en aplicaciones en la red vial a través de betunes modificados, puede seguir otras posibles vías:

- Vía húmeda, mediante la cual se fabrica un ligante betún-caucho de neumático reciclado.
- Vía seca, el triturado de neumático usado se emplea como substituto de una fracción de los áridos utilizados para la fabricación del asfalto.
- Vía mixta, todavía en estudio, unifica las dos vías citadas. (Cano, Cerezo, & Urbina, 2006)

• **Valorización energética:** los neumáticos se pueden utilizar enteros o triturados como combustible de substitución en las cementeras, siempre que se respeten las disposiciones para la protección ambiental. También pueden reutilizarse en otras unidades de incineración, calderas industriales, centrales térmicas, a continuación se citan otros métodos de valorización:

- Recauchutado, si los neumáticos están todavía en buen estado, pueden revestirse de una nueva superficie de rodadura.
- Reciclaje directo de materiales, valorizando los productos resultantes de la preparación de neumáticos fuera de uso.
- El negro de carbono, utilizado en caucho, pinturas, y en la fabricación de carbono activo.

- El polvo de neumático, utilizado en la fabricación de neumáticos nuevos, pero también en adhesivos a base de látex, y revestimientos “silenciosos”.
- Gránulo de neumático, con posibles utilizaciones en la construcción ferroviaria, también para reducir emisiones sonoras. (Cano, Cerezo, & Urbina, 2006)

1.1.7. Tecnologías para la Valorización material y energética de los NFU

Existen diversas técnicas que permiten llevar a cabo la valorización material y energética de los neumáticos fuera de uso:

1.1.7.1. Trituración mecánica.

Es un proceso puramente mecánico y por tanto los productos resultantes son de alta calidad, limpios de todo tipo de impurezas, lo que facilita la utilización de estos materiales en nuevos procesos y aplicaciones. La trituración con sistemas mecánicos es, casi siempre, el paso previo en los diferentes métodos de recuperación y rentabilización de los residuos de neumáticos. Este concepto incluye la fragmentación del neumático en gránulos (GCR, Grano de caucho reciclado), separación de componentes (acero y fibras) y desvulcanización o no. Los usos son: materiales de relleno en productos de caucho, modificadores de asfalto, superficies de atletismo y deportes, y productos moldeados y calandrados. Lo que se pretende es incrementar la calidad y consistencia del GCR, y ello conducirá a un reciclado del material mucho más extenso. Algunos fabricantes indican que el uso de hasta un 10% de GCR como relleno en los neumáticos no altera sus prestaciones y calidad. Hoy en día los neumáticos contienen un 5% de material reciclado; pero hay opiniones que dicen que podrían contener hasta un 30%. (Castro, 2007)

1.1.7.2. Trituración criogénica.

Como se muestra en la Figura.1.4, este proceso utiliza nitrógeno líquido para congelar el RTR (generalmente entre -87 a -198 ºC) hasta que se vuelve quebradizo, y luego utiliza un molino de martillos para romper el caucho congelado en partículas lisas con un área de superficie relativamente más baja que las obtenidas por molienda ambiental. Varias características del granulado de caucho determinan las propiedades elásticas del caucho de miga y las que se confieren a la mezcla final: aumentan con la disminución de la gravedad específica y el tamaño de partícula, y aumentan con la mayor porosidad superficial de los

gránulos. De hecho, en el proceso húmedo, las partículas de caucho con una superficie lisa mostraron una reacción reducida con el betún y las propiedades elásticas de la mezcla fueron peores, si se comparan con las obtenidas mediante el uso de gránulos con superficies porosas más grandes y menos peso específico. Como resultado, se desaconseja el uso de CRM del proceso criogénico en mezclas bituminosas. (Presti, 2013)

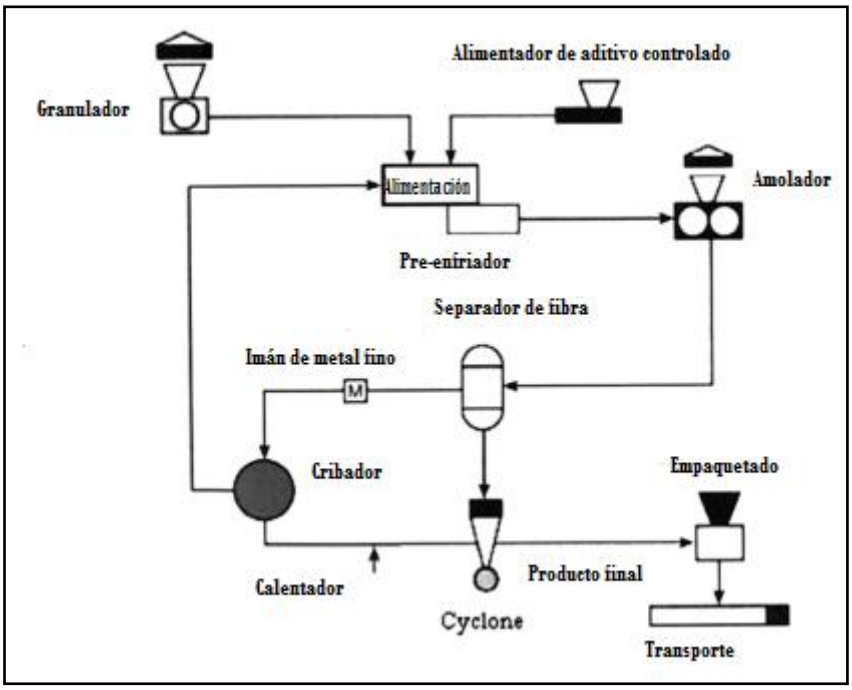


Figura 1.4 Representación esquemática de la molienda criogénica
Fuente: (Presti, 2013)

1.1.7.3. Termólisis.

Se trata de un sistema en el que se somete a los materiales de residuos de neumáticos a un calentamiento en un medio en el que no existe oxígeno. Las altas temperaturas y la ausencia de oxígeno tienen el efecto de destruir los enlaces químicos. Aparecen entonces cadenas de hidrocarburos. Es la forma de obtener, de nuevo, los compuestos originales del neumático, por lo que es el método que consigue la recuperación total de los componentes del neumático. Se obtienen metales, carbones e hidrocarburos gaseosos, que pueden volver a las cadenas industriales, ya sea de producción de neumáticos u a otras actividades. (Castro, 2007)

1.1.7.4. Pirolisis.

Está poco extendido, debido a problemas de separación de compuestos carbonados que ya están siendo superados. Este procedimiento (fabrica piloto) a operado en Taiwán desde 2002

con cuatro líneas de pirolisis que permitían reciclar 9000 toneladas / año. En la actualidad el procedimiento ha sido mejorado y es capaz de tratar 28.000 toneladas de neumáticos usados/año, a través de una sola línea. Los productos obtenidos después del proceso de pirolisis son principalmente:

Gas, similar al propano que se puede emplear para uso industrial.

Aceite industrial líquido que se puede refinar en Diesel.

Coque y acero. (Castro, 2007)

1.2. Opciones más extendidas para el Reciclaje de los Neumáticos

1.2.1. Reencauche.

El reencauchado es el proceso industrial mediante el cual se remplaza la vieja y desgastada banda de rodamiento de una llanta por otra completamente nueva, que se instala sobre la carcasa original (puede ser frío o caliente), El proceso de reencauche debe cumplir con las especificaciones contenidas en la norma INEN 2582. En el mercado actualmente se consiguen bandas con diseños y características apropiadas para todas las necesidades de los transportadores, como las diseñadas para el montaje en los ejes portadores de vehículos pesados y extra pesados, especialmente para carreteras mixtas (asfalto-gravilla), las de uso en asfalto transportando pasajeros, las diseñadas para terrenos más agrestes, para los ejes libres, para los trenes direccionales, incluso algunas de uso mixto. (Publi Camión, 2016)

Este modelo de negocio nació durante la Segunda Guerra Mundial, cuando los recursos eran escasos y era necesario extender al máximo la vida útil de las llantas usadas por los camiones militares. Hoy en día las cubiertas para camiones de buena calidad, están diseñadas para ser recauchutadas, permitiendo así extender la vida útil hasta 3 veces más, siempre y cuando se les dé el mantenimiento y cuidado apropiado. Teniendo en cuenta que en promedio, una llanta de camión pesa 68 kg y que una nueva banda de rodadura solo 20, al realizar el proceso de reencauche se pueden lograr importantes volúmenes de ahorro en cuanto a materias prima cercanos al 70%. Igualmente las llantas recauchutadas son sustancialmente más baratas que sus equivalentes nuevas y compiten en calidad con estas, si el proceso es realizado por una empresa reconocida y con amplia experiencia; resultando en una alternativa rentable para el transportador. En igual sentido, el reencauche puede generar

ahorros importantes en el consumo de energía (proceso productivo), también genera menos emisiones de CO_2 a la atmósfera en la fabricación.

La llanta reencauchada cuesta menos, se estima que el ahorro puede llegar al 48%, al compararla con una llanta completamente nueva, y la vida útil resulta similar en cuanto a kilometraje recorrido.

Proceso de Obtención.

La norma INEN 2582 establece que el proceso se inicia con una limpieza de las carcasas usadas, para retirar todas las impurezas que pudieren afectar el trabajo, posteriormente se procede a realizar una completa inspección visual, la cual determina si es apta o no para el reencauche, o si requiere algún tipo de reparación adicional, a continuación pasan por un ´raspado´ con el fin de retirar la viaja banda de rodamiento y dejar la carcasa lista, según las especificaciones del fabricante. En el cardeo se preparan las imperfecciones que se hayan encontrado en la inspección inicial, para luego ser reparadas (el caucho de relleno se inyecta con una pistola especial en las áreas cardeadas-cavidades, para logar una superficie pareja), igualmente se arreglan y refuerzan las áreas con pinchaduras (hoyos); con esto listo se procede a poner un material de caucho, que servirá como soporte a la nueva banda de rodamiento denominado “cojín” o “cushion” y se selecciona la nueva banda, con el grabado solicitado. Para finalizar, la llanta se introduce en un autoclave y se procede con la vulcanización, con una temperatura y presión especificados de acuerdo con la llanta. Finalmente pasa por una inspección final que garantiza la calidad del trabajo. (Publi Camión, 2016)

Sin embargo no todas las llantas son aptas para el reencauche, se estima que entre el 10% y 17% son rechazadas por diversos motivos: desgaste excesivo de la banda de rodadura, daños o perforaciones producto del trabajo pesado o por un mantenimiento inadecuado, perforaciones en el lateral, etc; por lo tanto, desde el momento de la compra se debe preguntar al vendedor si la llanta es apta para este proceso una vez cumpla su primer ciclo de vida útil, es un asunto de concientización.

Las llantas recauchutadas resultan tan fiables como las nuevas, sin embargo, la falta de mantenimiento, la sobrecarga, una presión incorrecta y el exceso de velocidad, son los factores que pueden provocar fallas, ya sea en unas nuevas o recauchutadas.

Con una llanta nueva de una marca reconocida la vida útil promedio, rodando en buenas condiciones y con un mantenimiento adecuado, puede llegar a 80.000, incluso 130.000 kilómetros, con un trabajo más intenso como el de recolección de basura en una ciudad grande, pueden alcanzar 50.000 o 70.000 kilómetros en ejes de tracción, en los ejes libres como en tráiler o ejes direcciones el rendimiento puede ser un 15% y 30% más, todo depende del buen cuidado y mantenimiento que le dé el conductor.

Ventajas de los neumáticos recauchutados

- Reducción de los costos de operación.
- Las llantas utilizadas de manera óptima pueden recauchutarse hasta dos o tres veces.
- El proceso de recauchutado aprovecha recursos y es menos contaminante que la producción de corazas totalmente nuevas.
- Las llantas recauchutadas son más resistentes al aquaplaning que los neumáticos viejos.
- Es falso que se estallen (el recauchutado es integral), o que no puedan ser balanceadas.

Desventajas de los neumáticos recauchutados

- Aguantan menos kilómetros que un neumático nuevo.
- Algunas propiedades como: volumen, adherencia, precisión de la conducción, no resultan las mismas que en uno nuevo, si el proceso de recauchutado no se realiza correctamente.
- Deben elegirse marcas y fabricantes conocidos, que trabajen con buenos materiales y seleccionen cuidadosamente las cubiertas a utilizar (con inspecciones visuales y radiografías).
- No deben excederse en la carga y velocidad. (Publi Camión, 2016)

1.2.2. Combustible y energía eléctrica

El Foro Económico de Astaná ha seleccionado un método de reciclaje de neumáticos desarrollado por el CSIC como una de las mejores tecnologías de la UE susceptibles de

aplicación industrial. El coordinador del proyecto, Félix López, investigador del Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (Cenim-CSIC), explica en qué consiste este proceso, que combina tratamiento termoquímico, gasificación y transformación de los aceites y permite obtener combustibles líquidos y energía eléctrica. (Interempresas, 2013)

Procedimiento de obtención. Es un tratamiento termoquímico del neumático mediante el cual los cauchos se convierten en gases que, posteriormente, se condensan a muy baja temperatura. Después de la condensación, una parte de los gases se convierten en aceites y otra, denominada gases no condensables, se convierten en energía eléctrica mediante turbinas. La energía eléctrica obtenida, se "inyecta" a Red Eléctrica mediante un sistema convertidor. Los aceites se someten a un proceso químico mediante el cual se transforman en gasolina, diésel y combustibles pesados tipo nafta. Finalmente, el negro de carbono existente en el neumático inicial no se altera por el proceso termoquímico señalado y, en una segunda etapa, se gasifica obteniéndose un gas (denominado Syn-gas) rico en hidrógeno y metano, que también se convierte en energía eléctrica mediante turbinas. "Esta tecnología permite el aprovechamiento total del neumático"; de acuerdo con López.

Avances. En este proyecto, diversos Centros de Investigación del CSIC (El Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas y el Instituto Nacional del Carbón) junto con la empresa Enreco 2000 llevan trabajando más de 3 años para alcanzar un desarrollo pre-industrial.

Desde una primera etapa de concepto o investigación básica, hasta la construcción de una planta demostrativa, se han ido recorriendo etapas con diversos grados de dificultades. Sin duda, explica López, el diseño de la instalación ha sido la etapa más crítica ya que el diseño es totalmente innovador, sobre todo en cuanto al proceso termoquímico se refiere.

Sostenibilidad. Según López para lograr rentabilidad económica hay que comercializar todos los productos que se obtienen del tratamiento del neumático. Sólo así, el balance económico puede resultar positivo. En este caso, se obtienen kilovatios eléctricos, con un valor de mercado, que puede ser variable en función del escenario energético de cada país e incluso del momento (existencia o no de subvenciones estatales a las energías renovables) y, al mismo tiempo, gasolina y diésel, que son combustibles que también tienen un precio de mercado. "Cuanto más afinemos nuestra tecnología para intentar obtener más kilovatios y más litros de combustibles, mayor será la rentabilidad del proceso desarrollado". (Interempresas, 2013)

1.2.3. Aprovechamiento en muros de contención

Los neumáticos fuera de uso, pueden ser utilizados en la construcción de muros de contención de taludes, margenes de rios o diques, pueden ser empleados también en la estabilización de taludes, confirmación de terrasas.

Figura 1.5 Muros de contención
Fuente: (Muro de Llantas, 2014)

Los muros de llantas sirven para proteger caminos, viviendas o terrenos que tienen amenazas de derrumbes, también es útil para estabilizar taludes y laderas inestables, a través de la retención de suelos. Adicional el sistema de muro armado se conceptualiza como una solución técnica para la retención y estabilización de suelos contra la erosión, generando una contención de empuje como la que brinda los muros de contención tipo gravedad, por su geométrica circular permite construir infinidad de diseños según la forma y tamaño del área a proteger. Los muros tienen larga duración y resistencia a la acción de agentes naturales como el agua y el suelo mismo, su construcción es sencilla y de fácil adaptación en las comunidades. “Utilizando como materia prima llantas o neumáticos de desecho, contribuyendo al mejoramiento del medio ambiente, siendo un sistema que no produce residuos ni emisiones a la atmosfera por combustión o calentamiento”. El muro de llantas es funcional porque el soporte se da por su propio peso de gravedad, su estabilidad se incrementa por una sobre posición de llantas armadas e inclinadas hacia atrás, entre diversos niveles o filas de llantas se colocan de abajo hacia arriba a modo de escalera. El uso de tierra como relleno en su interior, puede incrementarse agregando cemento. (Barón Zambrano & Sánchez Peña, 2014)

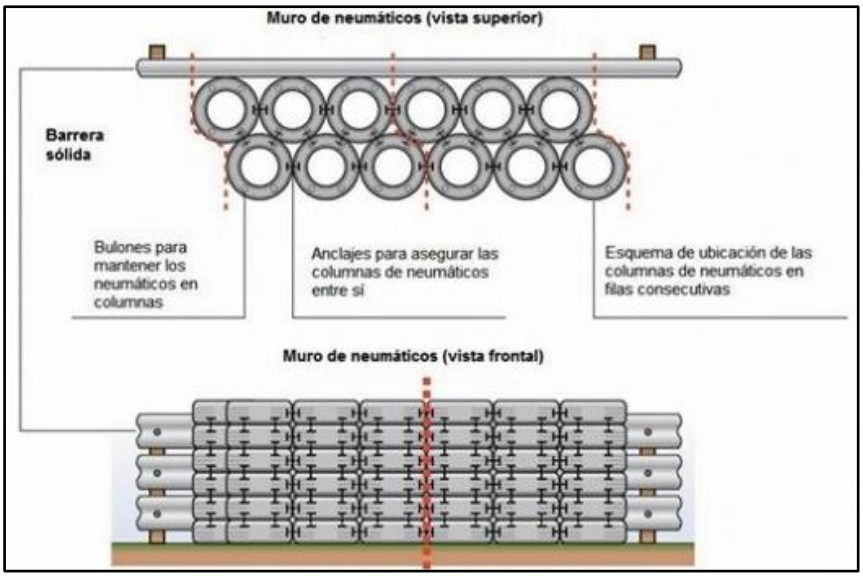


Figura 1.6 Esquema de la construcción de un muro de contención
Fuente: (Hernandez, 2014)

Para la construcción de un muro de contención (ver figura 1.6) de 15 metros de largo por 2 metros de alto, se utiliza 200 neumáticos.

1.2.4. Usos decorativos

El uso de RTR en la industria de la artesanía es un proceso que actualmente se ha difundido por todo el mundo y a nivel nacional. El uso de RTR en artesanías depende de su creador y constituye un medio muy factible para el reciclado de NFU.

El reciclaje de NFU para usos decorativos se ha convertido en una excelente forma de reutilización de estos desechos. Su uso varía (ver figura 1.7) desde maceteros, juegos recreacionales, figuras decorativas, lámparas hasta cómodos sofás**.**

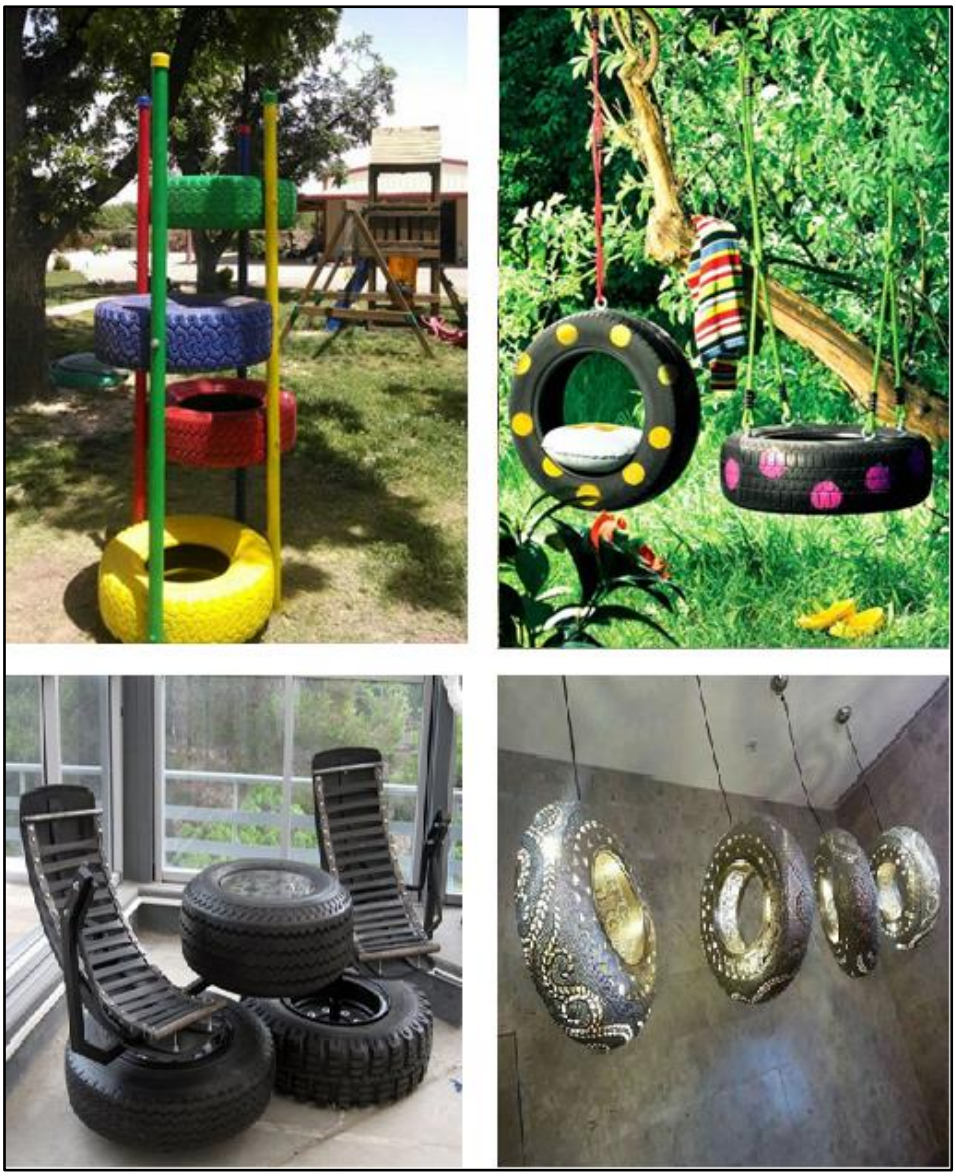


Figura 1.7 Usos decorativos delos NFU
Fuente: (Diaz D. , 2016)

1.2.5. Pistas de Atletismo.

Para la construcción de pistas de atletismo, los neumáticos usados se convierten previamente en granulado de caucho especial para su uso específico como tartanes de estas áreas deportivas, en los que el 75% de su composición es neumático triturado.

Para cubrir una pista de atletismo olímpica de 8 calles y 400 metros de distancia se necesitaría el equivalente a 8.000 neumáticos fuera de uso, lo que evitaría más de 490.000 kg de emisiones de CO2 a la atmósfera y ahorraría más de 84.000 litros de petróleo. El resultado es un producto muy resistente y medioambientalmente sostenible que aumenta el confort del atleta en pista y reduce el riesgo de lesiones.

Figura 1.8 Pista de atletismo hecha con NFU
Fuente: (Hellas, 2011)

El suelo de caucho granulado aporta un equilibrio firme a la vez que suave, absorbiendo los impactos de la zancada del atleta mientras neutraliza su rebote y proporcionando una excelente tracción en carrera. Asimismo su superficie rugosa es antideslizante, no tiene juntas y representa una opción más económica. Además son permeables, por lo que el agua de la lluvia drena a través de sus poros sin dificultad, siendo excepcionalmente resistente y duradero a las condiciones climáticas. (Residuos Profesional, 2016)

1.2.6. Canchas de hierba Artificial

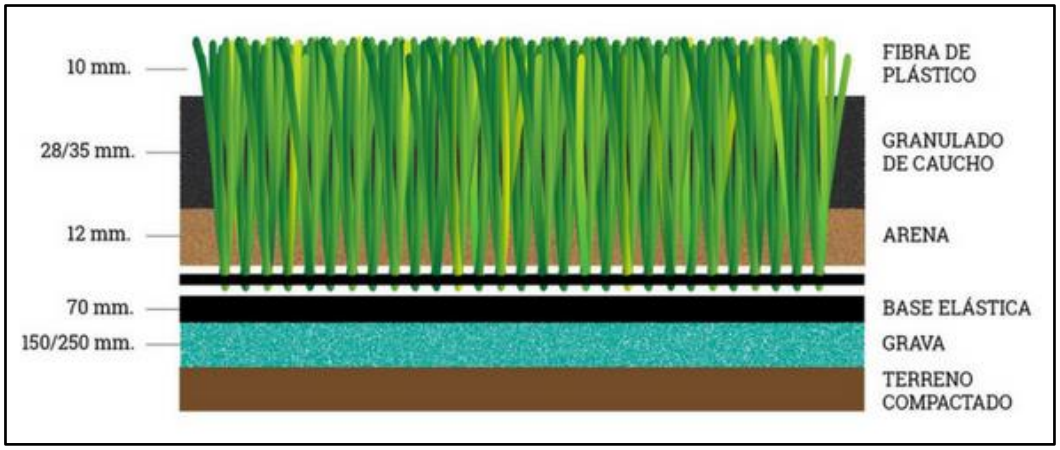


Figura 1.9 Cancha de hierba sintética con GCR
Fuente: (López Cózar, 2017)

De acuerdo con (López Cózar, 2017) los campos de césped artificial son muy comunes en muchos países donde el mantenimiento de campos de césped natural supondría un costo excesivo. Pero además, el caucho que se utiliza en su fabricación proporciona varios beneficios como:

- ✓ Evita lesiones. El caucho es un material deformable que tiene la capacidad de absorber el impacto de los golpes. Eso, en un campo de fútbol, se traduce en menos lesiones musculares y sobrecargas en rodillas y articulaciones. Tanto es así que cada vez más preparadores físicos y médicos deportivos apuestan por el césped artificial para entrenamientos y recuperación de lesiones, respectivamente. Además, el caucho favorece el deslizamiento sobre el terreno de juego, evitando raspones y quemaduras indeseadas.
- ✓ Reproduce las prestaciones de los campos de hierba natural. El granulado de caucho se utiliza como material de relleno en césped artificial para asegurar que el balón bote y ruede adecuadamente, aportando características muy similares a las de los terrenos de juego convencionales. El interés por reproducir fielmente las prestaciones de los campos de fútbol de hierba natural ha llevado a las principales federaciones de fútbol nacional, europea y mundial a regular el uso del caucho reciclado. El tamaño estándar de los gránulos de caucho en España es de 0,8 x 2,5 milímetros y el espesor de las capas de relleno se sitúa entre los 28 y 35 milímetros.
- ✓ Más cómodo y confortable. El caucho reciclado es el relleno más utilizado en los campos de hierba artificial por su alta calidad y su bajo coste. Se trata de un material termoestable resistente a las condiciones atmosféricas y, al mismo tiempo, de un excelente aislante para eliminar la electricidad estática de millones de fibras de plástico entrelazadas. Además, su alta elasticidad proporciona una sensación de comodidad que gusta tanto a los profesionales del fútbol. Por eso, los campos de césped artificial de tercera generación no sólo llevan una capa final de granulado de caucho, sino también una base elástica de caucho que viene a reemplazar a los aglomerados asfálticos que se utilizaban antes. El objetivo es aumentar la comodidad y confort de los terrenos de juego.
- ✓ Ayuda a mantener la verticalidad de la hierba. El relleno de césped artificial (formado por caucho y arena de sílice) sirve, además, para mantener la verticalidad de las fibras de plástico. Al tratarse de una hierba alta necesita que algún soporte le dé cierta rigidez.

- ✓ Cuida el medio ambiente ya que permite la eliminación de una gran cantidad de neumáticos (en España esto ha supuesto el reciclado de más de 30.000 toneladas de neumáticos al año).

1.2.7. Pisos de caucho

Los pisos elaborados por MAT-PRO (ver figura 1.10) son pisos fabricados agregando poliuretanos de alta calidad, como aglutinante, otorgando características óptimas en distintos usos de la vida cotidiana del hombre: usos estéticos, de confort, de seguridad, de higiene y de calidad. Además de la resistencia mecánica, adherencia al paso, y seguridad. Las principales características son: comodidad, amortiguación de golpes, aislación de humedad, aislación térmica y acústica (según compuestos y espesores), variedad de colores, calidez, y soluciones para interior y exterior. (Cardona Gómez & Sanchez Montoya, 2011)

De acuerdo con (Cardona Gómez & Sanchez Montoya) otro caso exitoso en la elaboración de pisos a partir de caucho usado es reportado en Estados Unidos, allí la empresa ECORE (figura 1.10). Cada año recicla 80 millones de libras de desechos de caucho, ahorrando así más de un millón de barriles de crudo y evitando el descartar al basurero alrededor de 2,000 cargas de camiones llenos de llantas desechadas. La materia prima usada por ECORE es una combinación de caucho reciclado de llantas (SBR) y Etileno-propileno (EPM-EPDM), estos materiales se encuadernan en una red elastométrica por un proceso de baja energía que requiere un mínimo de agua, evita el calor, y reúsa los desechos de la línea de producción, disminuyendo los residuos.

Las principales características de los pisos fabricados por ECORE son: Bajos Costos, contenido reciclable, no tóxico, cero Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC), resistente a abrasión, extrema durabilidad, insuperable longevidad, fácil Instalación, libre de soldadura de calor, bajo costo inicial, mantenimiento fácil, a bajo costo y acabado de fábrica

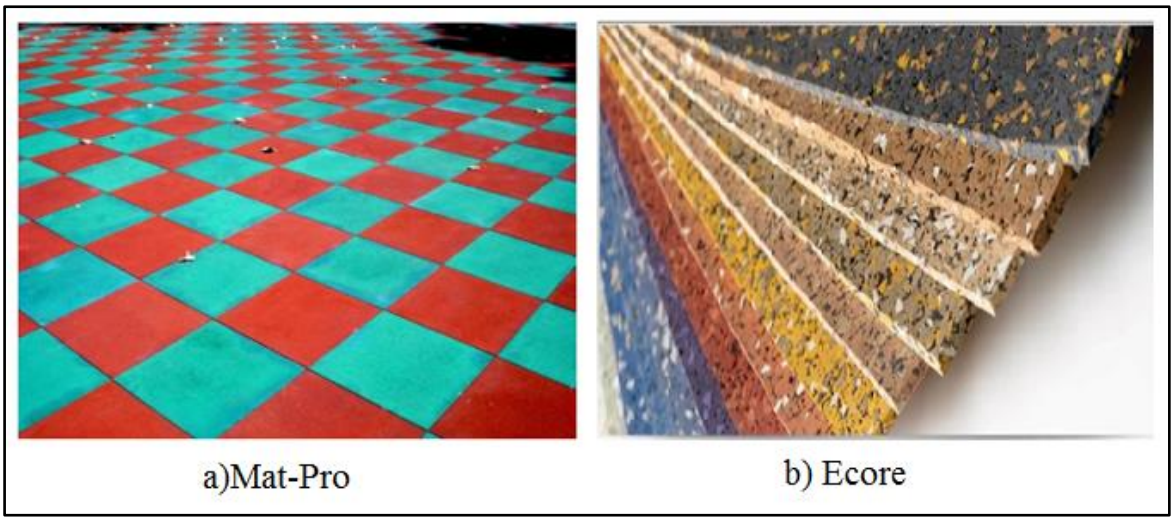


Figura 1.10 Pisos elaborados con Caucho de NFU
Fuente: (Cardona Gómez & Sanchez Montoya, 2011)

1.2.8. Carreteras

Los materiales obtenidos mediante el reciclado de neumáticos pueden ser utilizados como materiales para el asfalto (Ver Anexo 3) y pavimentación de carreteras. Con estos materiales se consigue que las carreteras sean más silenciosas y más seguras y además se disminuye la extracción de áridos de las canteras.

La construcción y rehabilitación de muchos tramos de carretera a partir del polvo de caucho tiene importantes ventajas no sólo para el medio ambiente sino para los conductores.

Las mezclas son menos susceptibles a las altas y bajas temperaturas y se 'fatigan' menos que las carreteras convencionales; la técnica no es una novedad en el mundo científico, pese a las pocas carreteras construidas de acuerdo a este método. Conviene recordar que las primeras pruebas, realizadas en los Estados Unidos, se remontan a los años 60 y es ahora, tras más de cinco décadas de investigaciones, cuando se ha podido constatar que las carreteras que contienen caucho en su mezcla no sólo son una alternativa viable, sino que constituyen la solución a un problema medioambiental con el añadido de un aumento en la calidad de las autovías

1.2.8.1. Estudios Preliminares

Se ha realizado una considerable investigación sobre el asfalto modificado con caucho de miga desde la aprobación en 1991 de la Ley de Eficiencia del Transporte Intermodal de Superficie. Esta investigación ha abordado tanto el desempeño como los problemas ambientales; investigación adicional está examinando el uso de caucho de llantas de desecho en otras aplicaciones relacionadas con la carretera.

La compañía de Carson City, Nevada, que comercializa un muro de ruido que contiene neumáticos de caucho reciclado y plásticos reciclados también está investigando el uso de neumáticos de caucho en relleno liviano, aislamiento de subsuelo y protección de pendientes de canal, así como un aditivo para el concreto de cemento Portland.

El Departamento de Transporte de Carolina del Norte realizó recientemente un estudio de laboratorio sobre el uso de llantas de desecho de tierra en concreto de cemento Portland. Después de que los neumáticos de desecho se procesaron para eliminar el acero suelto y las fibras, se molieron finamente. El caucho molido se sustituyó luego por el agregado fino en la mezcla en incrementos de 10, 20 y 30 por ciento en volumen de agregado fino. Las pruebas realizadas para determinar las resistencias a la compresión y la flexión mostraron que estas disminuyeron con cantidades crecientes de caucho.

Un proyecto de 1992 en Richmond, Maine, evaluó la efectividad del uso de chips de neumáticos como capa aislante para limitar la penetración de escarcha debajo de una carretera con superficie de grava que experimentó un deterioro severo durante la descongelación de primavera. Se instalaron termopares, medidores de resistividad, pozos de monitoreo de aguas subterráneas y una estación meteorológica para monitorear el proyecto. Después de un año, los resultados indicaron que una capa de astillas de neumático de 152 mm de grosor puede reducir la penetración de escarcha hasta en un 40 por ciento.

Una compañía de Mankato, Minnesota, comercializa bloques hechos de neumáticos reciclados para una variedad de usos, incluso para jardinería y muros de contención.

Una compañía en Pittsburgh, Pensilvania, ha desarrollado un proceso que puede convertir llantas de desecho en una forma que se puede usar como postes o estacas. El proceso, que solo requiere que los neumáticos se dividan y aplanen, los enrolla en forma de espiral para formar un "tronco" casi sólido de material de caucho reforzado. (Federal Highway Administration, 1994).

1.2.8.2. Ventajas

Varios estudios han demostrado que el firme compuesto por mezclas bituminosas que contienen polvo de neumático presenta como características:

- ✓ Disminuye la susceptibilidad térmica.
- ✓ Se obtienen mezclas más rígidas a altas temperaturas de servicio reduciendo el ahuellamiento.
- ✓ Se obtienen mezclas más flexibles a bajas temperaturas de servicio reduciendo el fisuramiento.
- ✓ Disminuye la exudación del asfalto: por la mayor viscosidad de la mezcla, su menor tendencia a fluir y su mayor elasticidad.
- ✓ Mayor elasticidad: debido a los polímeros de cadenas largas.
- ✓ Mayor adherencia: debido a los polímeros de cadenas cortas.
- ✓ Mayor cohesión: el polímero refuerza la cohesión de la mezcla.
- ✓ Mejora la trabajabilidad y la compactación: por la acción lubricante del polímero o de los aditivos incorporados para el mezclado.
- ✓ Mejor impermeabilización: en los sellados bituminosos, pues absorbe mejor los esfuerzos tangenciales, evitando la propagación de las fisuras.
- ✓ Mayor resistencia al envejecimiento: mantiene las propiedades del ligante, pues los sitios más activos del asfalto son ocupados por el polímero.
- ✓ Mayor durabilidad: los ensayos de envejecimiento acelerado en laboratorio, demuestran su excelente resistencia al cambio de sus propiedades características.
- ✓ Mejora la vida útil de las mezclas: menos trabajos de conservación.
- ✓ Fácilmente disponible en el mercado.
- ✓ Permiten mayor espesor de la película de asfalto sobre el agregado.
- ✓ Mayor resistencia al derrame de combustibles.
- ✓ Reduce el costo de mantenimiento.
- ✓ Disminuye el nivel de ruidos: sobre todo en mezclas abiertas.
- ✓ Aumenta el módulo de la mezcla.
- ✓ Permite la reducción de hasta el 20% de los espesores por su mayor módulo.
- ✓ Mayor resistencia a la flexión en la cara inferior de las capas de mezclas asfálticas.
- ✓ Permite un mejor sellado de las fisuras.
- ✓ Buenas condiciones de almacenamiento a temperaturas moderadas.
- ✓ No requieren equipos especiales.

1.2.8.3. Desventajas

- ✓ Alto costo del polímero.
- ✓ Dificultades del mezclado: no todos los polímeros son compatibles con el asfalto base (existen aditivos correctores).
- ✓ Deben extremarse los cuidados en el momento de la elaboración de la mezcla.
- ✓ Los agregados no deben estar húmedos ni sucios.
- ✓ La temperatura mínima de distribución es de 145ºC por su rápido endurecimiento.

Es evidente que la mayor desventaja de estos es el alto costo inicial del asfalto modificado, sin embargo, si hacemos un análisis del costo a largo plazo (es decir, la vida útil de la vía); podemos concluir que el elevado costo inicial queda sobradamente compensado por la reducción del mantenimiento futuro y el alargamiento de la vida de servicio del pavimento. (Tonda, 2007)

1.3. Análisis a nivel Nacional de los NFU

De acuerdo con SEGINUS la principal problemática de las llantas usadas está asociada a su gran cantidad, a su volumen y a su lenta degradación aproximadamente 500 años. Anteriormente el proceso de gestión final correspondía a la eliminación de estas a botaderos a cielo abierto, donde no existía ningún tipo de procesamiento de recuperación o mitigación de su impacto, e inclusive este desecho era depositado ilegalmente en quebradas, ríos y otros espacios abiertos.

La inadecuada gestión de los neumáticos usados tiene un impacto social negativo reflejado en la salud pública, especialmente en sectores tropicales del País. La llanta al no ser gestionada adecuadamente se vuelve un contenedor de aguas de lluvia que coadyuvan a la proliferación de mosquitos que causan enfermedades como el dengue, paludismo, el chinkunguya, etc.

El artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir. Además, se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio

genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (GRIN, 2017)

El 30 de agosto de 2012 mediante Informe Técnico Nº 002-2012-MAEPN-GIDS-DPE, la Subsecretaría de Calidad Ambiental del Ministerios del Ambiente presenta el Instructivo para promover la responsabilidad extendida y aplicar una gestión Integral para los Neumáticos Usados, que se modificó y se ratificó en agosto del 2015 con el Acuerdo Ministerial Nº 098 que regula y organiza la disposición de estos desechos. (Ver anexo 2).

1.3.1. Recuperación de neumáticos fuera de uso (NFU)

Entre el 2014 y 2015 se recuperaron más de 1´500.000 neumáticos fuera de uso a nivel nacional a través de la aplicación de la política pública emitida por el Ministerios del Ambiente por medio de Acuerdos Ministeriales que apuntan a fomentar la reducción, reutilización, reciclaje y otras formas de valoración de los neumáticos.

Entre el 2013 y 2017 se han recuperado alrededor de 3.600000 millones de neumáticos usados. Otro de los mecanismos que el MAE ha puesto en marcha desde el 2014 es el "Plan Nacional de Movilización de Neumáticos Fuera de Uso (NFU)", cuyo propósito es retirar los NFU acopiados en los distintos sitios de disposición final de las ciudades, en coordinación con las Direcciones Provinciales de Ambiente (DPA), Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADM) y el Ministerios de Salud Pública.

Entre noviembre y diciembre del año 2018 se logró recoger más de 45.000 neumáticos usados de 88 puntos de destino final a escala nacional, por parte de 66 gobiernos municipales, 40 empresas importadoras o productoras y 11 gestores ambientales calificados. Los neumáticos fueron incluidos en nuevos procesos productivos que incluyen la elaboración de artesanías, piezas mecánicas, canchas sintéticas, moquetas, pisos, entre otros, a partir del polvo y chip de caucho.

El Gobierno de Ecuador prevé recoger unos 100.000 neumáticos viejos hasta febrero de 2019 para reciclarlos y contribuir a una campaña para reducir los pasivos ambientales y los riesgos para la salud; de acuerdo con un informe del Ministerio del Ambiente. El proyecto, denominado Llantatón 2018 y organizado por un programa nacional del Ministerio para la gestión de desechos sólidos a escala nacional, busca recoger la goma usada que,

generalmente, es depositada en vertederos u otros sitios de destino final para los neumáticos. (El Telégrafo, 2018)

1.3.2. Políticas en marcha

El reciclaje o reutilización de llantas es un tema que genera inquietud a escala global. En Ecuador, se estima que anualmente se desechan 2 400 000 llantas (SEGINUS, 2018). Estos neumáticos no siempre son desechados apropiadamente y terminan convirtiéndose en basura común que se acumula en carreteras, terrenos abandonados, orillas de ríos, etc. Pensando en dar una solución a este problema un grupo de empresarios creó el Sistema ecuatoriano de gestión integral de neumáticos usados (Seginus). Esta corporación sin fines de lucro tiene el respaldo del Ministerio de Ambiente y trabaja para darle un tratamiento adecuado a las llantas que han terminado su vida útil. Son alrededor de 30 empresas, importadoras de neumáticos principalmente, que trabajan para reciclar y reutilizar llantas y sus componentes. Las empresas que integran Seginus representan el 80% del mercado de neumáticos del país y su meta es articular de manera integral toda la cadena de gestión de llantas fuera de uso (de acuerdo con Jacinto Monserrate, director ejecutivo de Seginus). Esta corporación opera a través de 1 000 puntos de comercialización de neumáticos repartidos por distintas ciudades del país. Las llantas de los vehículos son consideradas, desde el 2012, como un residuo especial por el Ministerio de Ambiente. Esto implica que requieren un tratamiento específico. Seginus encontró en esta normativa una manera de actuar con responsabilidad social.

El proceso de gestión de neumáticos empieza con la recolección de las llantas, su acopio, el triturado o corte de los neumáticos para terminar aprovechando los subproductos, como el alambre que se entrega a fundidoras de metal o el gránulo de caucho que se utiliza para canchas deportivas de césped sintético, así como para elaborar una serie de adoquines plásticos usados en gimnasios, parques o áreas de recreación. La corporación proyecta procesar un millón de neumáticos al año.

La corporación también ha contactado con transportistas para que recolecten la ‘materia prima’ y plantas trituradoras interesadas en ser parte. “Esto permitió optimizar la gestión al máximo”. En el proceso nació la figura que Seginus denomina el ‘ecovalor’. Esta palabra significa desglosar de una factura el costo de la gestión de neumáticos usados. Por eso, cada neumático nuevo tiene un valor extra de un dólar, desde el 1 de julio del 2018. Lo que se recaude con ese valor permitirá cubrir los valores de la gestión de la llanta vieja. “Eso

asegura que la llanta que se compra será tratada de forma integral", una vez que se la deseche. Al tener como meta gestionar un millón de llantas al año, se estaría generando un millón de dólares anuales que sirve para cubrir el proceso. (Líderes, 2018)

1.3.3. Reciclaje

Muebles, pisos, repuestos de auto, canchas sintéticas, asfalto modificado para carreteras, rompevelocidades son algunos de los productos nuevos que se obtienen del caucho reciclado en Ecuador.

Procaucho, una empresa familiar de Cuenca, es una de las que produce varios artículos de decoración a partir de llantas. Entre ellos: piletas de agua, sillas, jarrones, y vasijas que tienen buena aceptación entre el público. Durante varios años han trabajado en la fabricación de repuestos automotrices (bases para motor, empaques...).

En Quito, Ruberaction corta, tritura y muele el caucho para obtener el grano reciclado que sirve para canchas sintéticas de fútbol. También ha incursionado en la fabricación del asfalto modificado.

En Loja, la Planta GODOY ACEITE Y ENERGÍA GOACEN CIA. LTDA, está en capacidad de procesar 7 toneladas aproximadamente de neumáticos usados, se trabaja con 4 personas asistentes (obreros), 1 técnico de planta y supervisor, 1 guardia, y un administrativo. El proceso en si empieza cuando llega la materia prima en este caso los neumáticos usados, los mismos que son seleccionados, separados y almacenados, para luego ser troceados y puestos dentro del reactor. La producción luego de un proceso que dura aproximadamente 14 horas se obtienen productos como aceite tipo diésel, alambre, y carbón black. Una vez obtenidos los productos, se almacenan para su posterior traslado a las fábricas conforme tipo de uso diésel combustible CREVIGO y otras, alambre se vende empresa de reciclaje de metal, y el carbón black que actualmente se almacena y se utiliza como fuente de calor para quema en hornos para producción de ladrillos y tejas. Es una Empresa nueva con tecnología especializada en pirolisis para residuos de plásticos no comercializable tampoco reutilizable / llantas / caucho y el tratamiento posterior del negro de humo. La fábrica está situada en el sector porvenir, Parque Industrial de Ballesteros, Ciudad de Catamayo, Provincia de Loja. (GOACEN, 2015).

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente, Gadere, Proneumacosa, Incinerox y Ecocaucho son otras de las empresas que lideran esta actividad.

Entre las reglas de funcionamiento, una establece que los importadores y productores de llantas son responsables y están obligados a colocar 30% de lo introducido para el reciclaje. La norma fue emitida en mayo del 2016. (El Universo, 2016)

1.4. Análisis a nivel Local

En la actualidad el cantón Loja no cuenta con un registro del número de neumáticos fuera de uso (NFU), tanto por parte del Municipio, Concejo Provincial, empresas de transporte como; Cooperativa Loja, Nambija, Yanzatza, Unión Cariamanga, Sur Oriente, Vilcatur, Tursur, Taxis, vehículos de alquiler, transporte urbano, transporte de carga liviana y pesado, transporte escolar y transporte de materiales pétreos (volquetes).

El Municipio de Loja dispone de un relleno sanitario, conocido como "Centro de Gestión Integral de Residuos Sólidos" que se encuentra ubicado en el sector de Chontacruz, situado al sur oeste de la ciudad de Loja (ver figura 1.11), con un total de 45 hectáreas, que procesa los residuos inorgánicos que son separados y clasificados manualmente el cartón, papel, plástico, vidrios, aluminio, chatarra para luego ser prensados y después empacados para su posterior venta a empresas recicladoras de Loja y el País.

De la información recopilada del Centro de Gestión Integral de Residuos Sólidos, se sabe que la recolección diaria de residuos sólidos no tiene una clasificación, es decir que la recolección se la hace de manera conjunta de plásticos, vidrios, llantas, chatarra y sobre todo no se cuenta con un registro del ingreso de este tipo de residuos.

El Relleno Sanitario está conformado de 3 componentes:

a) Plataforma de descarga de desechos.
b) Área de neumáticos (ver figura 1.12) con capacidad para 60.000 a 80.000 neumáticos, para rines pequeños, medianos y grandes. Actualmente en esta área que comprende una superficie de 0.5 hectáreas, existe un número aproximado de 3.000 neumáticos, los mismos que se encuentran en una pequeña parte Almacenados en filas de 3 metros de altura, bajo una cubierta de 200 metros cuadrados aproximadamente, cubierta que se encuentra casi deteriorada, y la mayor parte de neumáticos se encuentran fuera de este

galpón, desparramadas, en un número aproximado de 2.500 neumáticos, convirtiéndose en un foco de infección y contaminación ambiental.

c) Laguna de lixiviados.

En las siguientes fotografías se determina la forma en cómo se encuentran almacenados los neumáticos fuera de uso (NFU) en el Centro de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Figura 1.11. Centro de gestión integral de residuos sólidos
Fuente: Municipio de Loja

Figura 1.12. Centro de acopio de neumáticos.
Fuente: Municipio de Loja

1.4.1. Proveedores de neumáticos fuera de uso (NFU)

En el Cantón Loja, los neumáticos que quedan fuera de uso llegan al Relleno Sanitario desde el Concejo Provincial, Empresa Eléctrica, Municipio, Obras Públicas y muy eventualmente pequeños generadores (vehículos particulares).

De esta información se desprende que los generadores de NFU como; taxis, cooperativas de transporte público y particular, vehículos particulares, transporte escolar, vehículos de carga y de alquiler, los neumáticos los cambian en talleres particulares y los dejan en estos lugares, otros los llevan y no se conoce su destino y al no ser tratados adecuadamente, generan impactos negativos en el ambiente y al desarrollar técnicas para su recuperación, este proceso de recolección que se lleva actualmente, disminuirá considerablemente los impactos negativos que generan los NFU.

1.4.2. Conformación del parque automotor

El parque automotor actualmente se encuentra conformado por vehículos particulares, taxi convencional, taxi Ejecutivo, transporte Escolar, transporte intercantonal, transporte de carga liviana, transporte Público, transporte pesado (de carga y volquetes), conforme se observa en la Tabla 3.1.

Tabla 1.5 Transporte particular, público y comercial del cantón Loja

Tabla 1.5 Transporte particular, público y comercial del cantón Loja	
Tipo de transporte	%
Particular	84.44
Escolar	0.39
Taxi Ejecutivo	1.12
Taxi Convencional	3.03
Carga liviana	0.62
Transporte mixto	0.33
Intercantonal	0.59
Urbano	5.36
Cooperativas	0.62
Compañías de Alquiler	2.76
Estado	0.65
Gobiernos Seccionales	0.09

Fuente: Unidad de Tránsito de Loja

En la figura 1.13 se puede visualizar de una mejor manera la constitución de parque automotor del cantón Loja del cual el 84.44% abarca casi en su totalidad el transporte particular, seguido por el transporte Urbano con un 5,36% y los Taxis Ejecutivo y Convencional que comprende el 4.15%, y el resto de transporte solo comprende el 6,05 % del parque automotor.

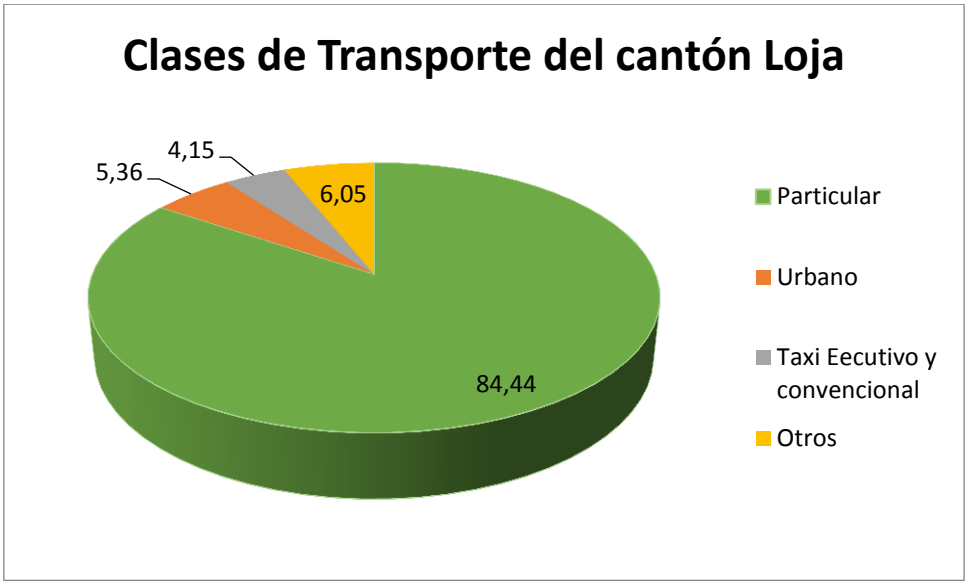


Figura 1.13 Tipos de Transporte del Cantón Loja
Fuente: Unidad de Tránsito de Loja

1.4.3. Legislación sobre NFU

Revisada la "Recopilación Codificada de la Legislación Municipal de Loja. Edición 2015", se desprende que no se ha considerado Ordenanzas Municipales sobre los NFU, a excepción de la Ordenanza emitida el 2 de Junio de 2002, referente a "Regulación del sistema de verificación obligatoria de emisiones de gases, humos y partículas contaminantes de los vehículos automotores que circulan en el Cantón Loja, motivo por el cual se vuelve imprescindible la elaboración de la respectiva Ordenanza Municipal para controlar, preservar y defender el medio ambiente**.** En igual forma es necesario facilitar los medios logísticos y económicos a emprendedores locales (Artesanos calificados) para que continúen con la elaboración de figuras decorativas con los NFU.

El artículo 136 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, señala que corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales gobernar, dirigir, ordenar, disponer u organizar la gestión ambiental, la defensoría del medio ambiente y la naturaleza, en el ámbito de su territorio; estas acciones se

realizarán en el marco del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental y en concordancia con las políticas emitidas por la Autoridad Ambiental Nacional.

El artículo 104 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA emitido mediante Acuerdo Ministerial 061, publicado en el Registro Oficial 316 de 4 de mayo de 2015, describe como una obligación de los fabricantes o importadores de productos que al término de su vida útil u otras circunstancias se conviertan en desechos peligrosos y/o especiales, tienen la obligación de presentar ante la Autoridad Ambiental Nacional, para su análisis, aprobación y ejecución, programas de gestión de productos en desuso o desechos que son consecuencia del uso de los productos puestos en el mercado. El programa de gestión deberá incluir la descripción de la cadena de comercialización, mecanismos y actividades para la recolección, devolución y acopio de los productos en desuso o desechos por parte de los usuarios finales, sistemas de eliminación y/o disposición final, así como actividades para promover la concientización, capacitación y comunicación al respecto de los mecanismos y actividades propuestas. (MAE, Neumàticos fuera de uso).

CAPÍTULO II.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

Para este trabajo se ha utilizado algunos materiales que han permitido la recopilación de datos y tratamiento de la información obtenida; pero sobre todo han facilitado el proceso investigativo contribuyendo eficazmente a la entrega de resultados.

Entre las herramientas utilizadas tenemos los siguientes:

Google Maps.

Figura 2.1 Logo de Google Maps
Fuente: (Wikipedia, 2018)

Google Maps es un servidor de aplicaciones de mapas en la web que pertenece a Alphabet Inc. Ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotografías por satélite del mundo e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones o imágenes a pie de calle con Google Street View, condiciones de tráfico en tiempo real (Google Traffic) y un calculador de rutas a pie, en coche, bicicleta, transporte público y un navegador GPS. (Wikipedia, 2018).

Ya que este proyecto involucro la ubicación física de cada uno de los locales destinados al acopio de NFU (vulcanizadoras, distribuidoras, tecnicentros e importadoras), se precisó de esta herramienta, para ubicar cada dirección. Gracias a la localización de estos centros se pudo realizar un bosquejo que sirva de futura guía a la implementación de este trabajo.

Otra parte importante, a la que contribuyo está herramienta es el trazado de rutas de los locales predispuestos a comercialización de neumáticos y almacenamiento de NFU.

Google Earth.

Figura 2.2 Logo de Google Earth
Fuente: (David G., 2015)

Google Earth es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital. El mapa de Google Earth está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por imágenes satelitales, fotografías aéreas, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por computadora.

El programa está disponible en varias licencias, pero la versión gratuita es la más popular, disponible para dispositivos móviles, tabletas y computadoras personales. (Wikipedia, 2018)

A través de esta herramienta se pudieron ejemplificar los diferentes puntos de acopio en la ciudad, permitiendo de esta forma conocer la distribución de los locales a través de la ciudad y con ello plantear posibles metodologías de recolección basadas en la localización de los diferentes puntos de acopio.

GPS Handy Free

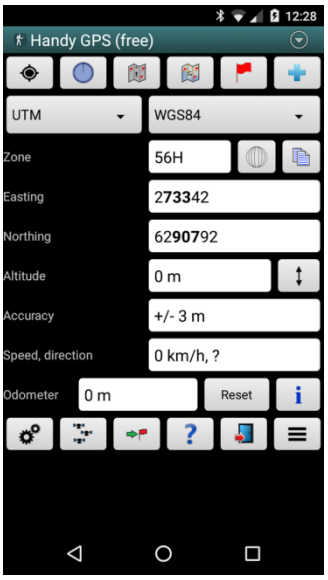


Figura 2.3 Aplicación GPS Handy Free
Fuente: (Bynary Earth, 2018)

Esta aplicación es una poderosa herramienta de navegación diseñada para deportes al aire libre como senderismo, caminatas, ciclismo de montaña, etc. También es útil para aplicaciones de topografía, geología, minería, arqueología y silvicultura. Es fácil de usar y funciona incluso en el país más remoto, ya que no requiere conectividad de red. Le permite trabajar en coordenadas UTM (latitud y longitud). Los puntos de ruta y los registros de seguimiento registrados en el campo se pueden ver más adelante en Google Earth. (Bynary Earth, 2018)

Esta herramienta contribuyo con el trabajo de campo a través de la localización exacta (es decir permitió determinar la longitud y latitud) de los diferentes puntos de acopio de NFU que se averiguaron que existían en la ciudad de Loja. El conocer las coordenadas geográficas de los diferentes centros de acopio facilitó su ubicación dentro de las herramientas de google mapas y google earth y de este modo en conjunto permitieron agilizar y plasmar el trabajo de campo realizado.

2.2. Metodología

2.2.1. Método analítico.

El presente trabajo se basa en el método analítico, ya que a partir de la descomposición en partes o elementos se puede observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis se basa en la observación y examen de los procesos estudiados. Por lo que resulta necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia. Este método nos permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento.

2.2.2. Método deductivo.

Esta metodología es imprescindible en el cumplimiento de objetivos ya que permitirá a partir de los datos recopilados deducir por medio del razonamiento lógico, varias suposiciones, es decir; parte de verdades previamente establecidas como principios generales, para luego aplicarlo a casos individuales y comprobar así su validez.

2.3. Técnicas de Investigación

2.3.1. Técnica de Investigación Documental

El presente trabajo es una investigación que se enmarca en el tipo de investigación bibliográfico, ya que es un estudio apoyado en la investigación documental, cuyo propósito es conocer, comparar, ampliar, profundizar y deducir diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre metodologías que se pueden aplicar para solucionar la problemática actual del tema que se ha planteado.

2.3.2. Técnica de Campo-Guía de observación y diario de Campo

Esta técnica se usó para que a través de la observación y toma de datos se pudiera apoyar la información bibliográfica recopilada, además de que contribuya de una forma directa al planteamiento de la propuesta realizada en este trabajo.

Mediante este instrumento de recolección de información se logró construir una base de datos de los sitios encargados de distribución y reciclado de NFU la misma que se puede observar en el anexo 1.

CAPÍTULO III.

3. RESULTADOS

Actualmente todos los usos de NFU tienen una gran aceptación en el mercado debido a sus diversas características como rentabilidad y disminución de costos. Algunos de estos procesos tienen mucho tiempo de invención y uso, mientras otros son relativamente nuevos. Sin embargo la difusión de los mismos depende de la rentabilidad que presentan, así como del nivel de inversión necesario para desplegarlos; los costos excesivos de planta pueden representar un problema. En cambio los proyectos nuevos constituyen un reto en cuanto al manejo de nuevas tecnologías poco conocidas y no estandarizadas. Otro factor negativo es el compromiso medioambiental de estas aplicaciones, ya que algunos usos desembocan en contaminantes medioambientales, desestimando así las tecnologías como ecológicas y convirtiéndolas en nuevas formas de residuos tóxicos.

De acuerdo a la bibliografía consultada se ha elaborado un resumen de las características más relevantes de los métodos de reciclaje de NFU, para con ello poder contrastarlas y definir de una manera objetiva un medio de manejo de residuos acorde a las necesidades de la ciudad de Loja. En la tabla 3.1 se puede observar un contraste entre las diferentes formas de reciclaje; a través de parámetros como ventajas, extensión de la industria, costos y mercado. Dentro de este último parámetro se busca hacer referencia al grupo adquisidor del servicio (cliente potencial).

Las artesanías con la utilización de NFU ya tiene un uso extendido y muy subjetivo (artesanos), aunque la mitigación de desechos se realiza a pequeña escala constituye un medio económico y novedoso en el mercado. A nivel nacional existen pequeñas empresas (Asociación de artesanos de Cuenca) dedicadas a este proceso.

El uso de neumáticos enteros en muros constituye un sector importante en ingeniería de bajo costo y su efectividad lo hace ser un medio muy factible en el reciclaje de NFU, el porcentaje de demanda de este material depende del tipo de infraestructura a regular.

El uso de neumáticos en energía y combustible es un tema poco conocido, aunque ya existen algunas patentes del producto, aun no existen estudios concretos con respecto a los materiales de toxicidad producidos y de las ventajas reales producidas.

Uno de los usos más extendidos de NFU es el uso de miga de caucho a partir de la trituración de neumáticos, este tipo de tecnología permite un gran número de aplicaciones como es el caso de canchas, pisos y asfalto.

Tabla 3.1 Resumen comparativo de los métodos de Reciclaje más extendidos

Usos	Características					
	Disminución de Costos (%)	% de NFU reciclados	Experimental-Funcional	Ventajas	Desventajas	Mercado
Reencauchado	50	80	Funcional	Permite extender su vida útil 3 veces más, disminución de CO2 al ambiente	No todos los neumáticos son aptos para este proceso (10-17%), fiabilidad (características de precisión dependen del fabricante)	Industrial
Combustibles	SD	90	Experimental (Kasajistan (500 toneladas), Taiwan, España)	Permite obtener combustibles y energía eléctrica	Altos costos de planta , dificultad en la implementación de infraestructura, producción de NOx (óxidos de nitrógeno)y CO	Industrial
Muros	50-70	100	Funcional (Todo el mundo (Francia , Canadá Brasil)	Resistencia y disminución de costos		Consumidor
Fabricación de pisos	30	80	Funcional (Argentina, EEUU, Colombia)	Resistencia y durabilidad	costos iniciales	Industrial
Fabricación de canchas	30-40	80	Funcional (Todo el mundo)	Resistencia y confort	costos iniciales	Industrial
Fabricación de pistas	40	80	Funcional (Todo el mundo)	Resistencia y confort	costos iniciales	Industrial
Artesanías	50	100	Funcional (Todo el mundo)	El reciclaje es del 100%		Consumidor
Carreteras	50	80	Funcional (Todo el mundo)	Disminución de costos, mejoras en la infraestructura vial	costos iniciales mayores a los costos convencionales	Gobierno

Fuente: El Autor

3.1. Selección del Método de Reciclaje

Los diferentes tipos de reciclaje que se detallaron en el capítulo uno constituyeron la plataforma para la selección de un medio adecuado de reciclaje en la ciudad de Loja

Aunque cada forma de reciclaje resulta atractiva a un mercado poco explotado y que apenas está despegando en las grandes ciudades (a nivel nacional), la selección se realizó en base a la apertura del mercado, y a los resultados que han presentado los estudios realizados en torno a este tipo de reciclaje.

El Asfalto con miga de caucho (RTR-MB), es el proceso más antiguo al que han sido destinados los NFU; por lo que existen varios estudios de los beneficios que ofrece, así como costos, retos de la industria, etc. A continuación se detalla las pautas que hacen de esta industria del reciclaje, el medio más afín al entorno económico y productivo de la ciudad.

3.2. Mercado de NFU en carreteras

3.2.1. Diagnóstico Actual

La red vial provincial tiene aproximadamente 6 462,76 Km. de los cuales el 86,41% corresponde a la red vial vecinal rural provincial, el 13,59 % a la red estatal. El ámbito del Gobierno Provincial de Loja abarca la vialidad rural provincial, que equivale a 5584,276 km. que están a cargo de la Entidad, la superficie de rodadura está conformada por tierra 67,36%; lastre 30,69% y sólo el 1.94% tiene capa de rodadura estable, 0,68 % con DTSB (doble tratamiento superficial bituminoso) y 1,26 % con Carpeta asfáltica. (VIALSUR.EP, 2017)

3.2.2. Sistema Vial de la urbe de Loja

De acuerdo con el proyecto movilidad urbana de la ciudad de Loja; la red vial de la ciudad cuenta con una longitud total de 745.93 km, según su función está compuesta de vías arteriales, colectoras y locales (ver figura 3.1)

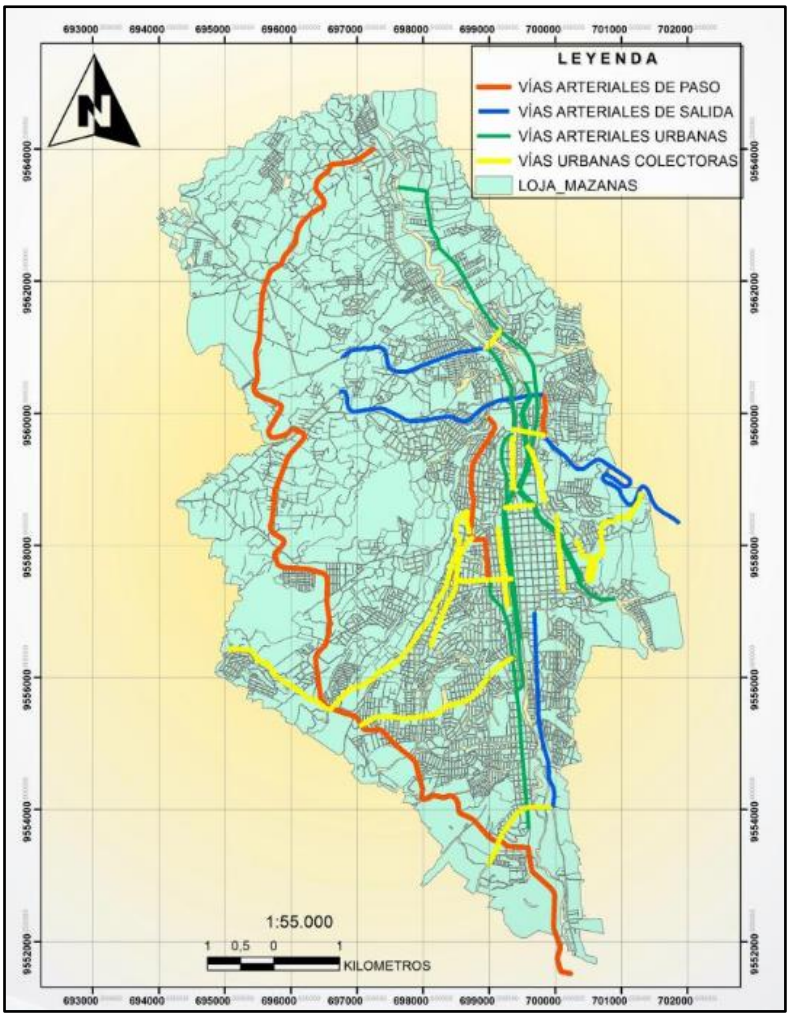


Figura 3.1 Clasificación de la red vial de la ciudad de Loja
Fuente: (Jaramillo Sangurima, 2016)

3.2.3. Demanda

El plan vial provincial vigente comprende mantenimiento y mejoramiento de las vías, cuya capa de rodadura es de lastre y tierra, consideradas en regular y en mal estado representan el 85 % de la red vial.

En la figura 3.2 se muestra el estado actual de la infraestructura vial, aquí se puede observar que el 54,89% de la red urbana vial se encuentra en malas condiciones, el 30,39 % en estado regular y el 14,7 en buen estado.

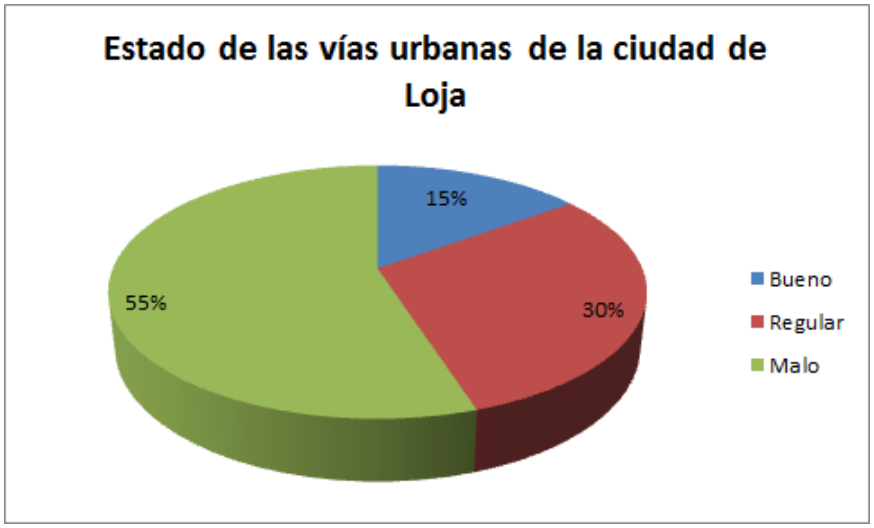


Figura 3.2 Estado de las vías urbanas de la ciudad de Loja
Fuente: (Jaramillo Sangurima, 2016)

La red Vial Provincial de Loja por el tráfico que soporta, la falta de mantenimiento y por las condiciones climáticas, se deteriora constantemente; esto dificulta el flujo normal de vehículos, afectando directamente al crecimiento socio económico y turístico de la provincia,

Entre las principales afectaciones dependiendo del tipo de calzada están las siguientes:

- ✓ Perdida en la uniformidad en la rasante.
- ✓ Formación de Baches.
- ✓ La pérdida de material de mejoramiento.
- ✓ Presencia de derrumbes.
- ✓ Deslizamientos o movimiento de masas.
- ✓ Disminución del ancho efectivo de la calzada principalmente en época lluviosa.
- ✓ Obstrucción de alcantarillas y obras de drenaje. (Olbur, 2014)

3.3. Resultados de la utilización de NFU en carreteras

3.3.1. Rentabilidad:

Los costos del ciclo de vida estudiados por Oregon State University en Arizona, California y Texas, donde se usa ampliamente el asfalto combinado con miga de caucho (RTR-MB), muestran grandes ahorros a lo largo de la vida del proyecto, tanto como $ 8.77 por cada metro cuadrado de pavimento.

Eso es más de $ 31,000 por cada kilómetro de carril. Después de diez años, los pavimentos de asfalto y caucho tienen solo un tercio de los costos de mantenimiento (ver figura 3.3).

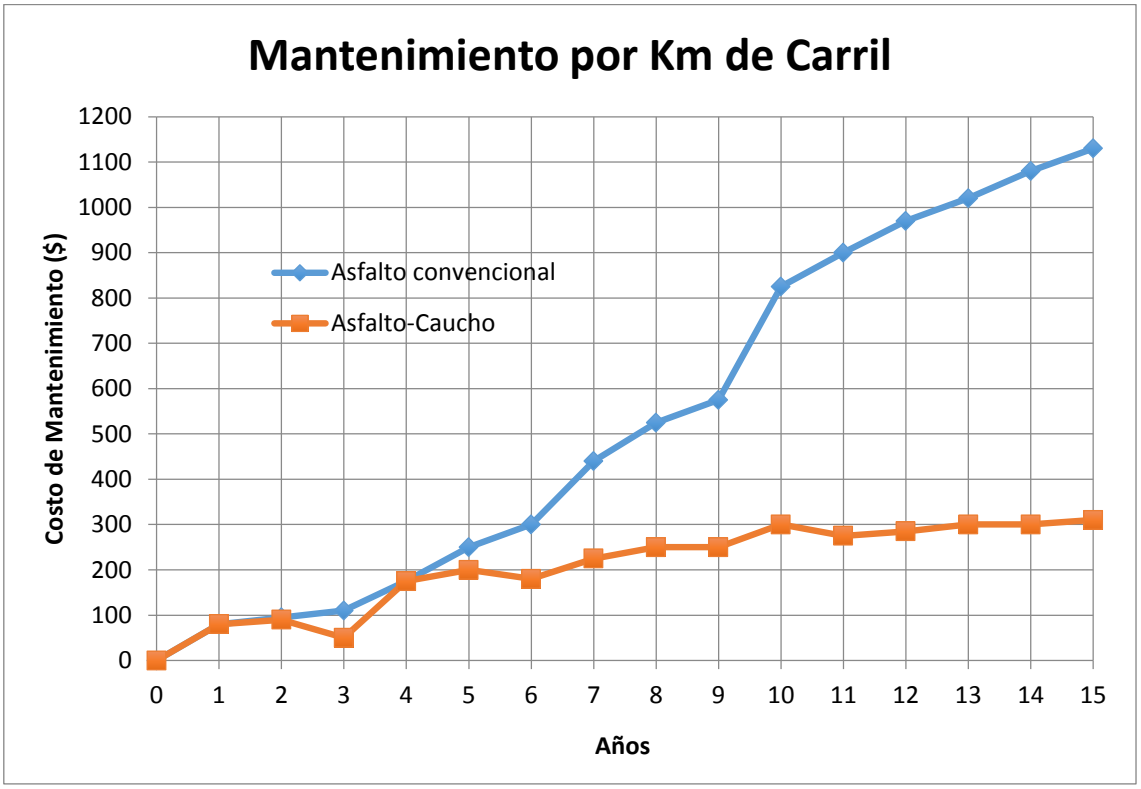


Figura 3.3 Mantenimiento estatal con y sin Asfalto-Caucho (RTR-MB)
Fuente:(Way, Kaloush, & Prapoorna, 2001)

RTR-MB es significativamente rentable a largo plazo. Las cantidades de caucho asfáltico se pagan por tonelada. El costo inicial del material RTR-MB por tonelada es mayor que el costo inicial del material de asfalto de cemento por tonelada. Sin embargo, el costo inicial del material RTR-MB continúa disminuyendo a medida que crece el mercado para este material y aumenta la competencia. Además, las patentes anteriores sobre el material se han agotado y el material ahora es parte del dominio público, lo que reduce aún más su costo.

En los proyectos de carreteras, los costos generales se reducen porque se requiere menos material RTR-MB para producir los mismos resultados que el material asfáltico típico, algunas proporciones son mayores que 2:1. Además, las carreteras compuestas de RTR-MB duran más tiempo, lo que reduce el mantenimiento costoso de las carreteras. Por ejemplo, en el proyecto de reparación de la carretera de Arizona, solo se colocó una pulgada de RTR-MB a un costo de $ 2.69 por metro cuadrado, una estrategia de reparación comparable con asfalto típico habría costado $ 5.98 dólares por metro cuadrado.

Los resultados de este proyecto de reparación con RTR-MB continuaron “proporcionando una conducción suave, prácticamente sin grietas, buena superficie antideslizante, silenciosa y prácticamente sin mantenimiento durante diez años”.

El proyecto [RTR-MB] en Flagstaff costó alrededor de doce dólares por metro cuadrado, incluido el costo de las grietas y los asientos. El proyecto adyacente se reconstruyó a un costo de alrededor de $ 29 por metro cuadrado solo para la pavimentación. Cuando se incluyen todos los demás costos, incluidos los desvíos, el costo de la reconstrucción es de aproximadamente $ 53 por metro cuadrado. Además, el proyecto de superposición de 16 kilómetros RTR-MB se construyó en cuatro meses, mientras que el proyecto de reconstrucción de ocho kilómetros adyacente tomó dos años en construirse y se superpuso con RTR-MB después de diez años de servicio debido al agrietamiento excesivo y la conducción brusca. El proyecto de superposición RTR-MB construido en 1990, ocho años después de la construcción, aun no presentaba grietas. Cabe señalar que los proyectos de Flagstaff se ubican a una altura de aproximadamente 7,000 pies. La precipitación típica es de aproximadamente 25 pulgadas por año con un promedio anual de nevadas de 90 pulgadas por año. La temperatura más fría registrada desde la construcción de este proyecto ha sido de -25 ° F. El uso de RTR-MB en este proyecto solo ahorró de manera conservadora al menos $ 18 millones de dólares y aproximadamente cuatro años de interrupción del tráfico en la construcción. (Way, Kaloush, & Prapoorna, 2001)

Los costos de operación de los vehículos de los usuarios individuales también se reducen sustancialmente. WesTrack realizó un estudio que comparó el asfalto típico con la RTR-MB. El estudio reveló que la conducción en pavimentos asfálticos típicos conllevaba a mayores costos de combustible, precisamente un 4,5% más, en comparación con la conducción en pavimentos RTR-MB más suaves, en condiciones idénticas (es decir, la misma geometría del vehículo, temperatura del aire y velocidad del viento). Además, el pavimento más áspero aumentó la frecuencia de fallas en los componentes del vehículo, lo que lleva a costos más altos en la reparación y el mantenimiento del vehículo. Los costos generales se reducen significativamente con el uso de RTR-MB. (ADOT, 2008)

3.3.2. Beneficios:

Los pavimentos RTR-MB proporcionan mejores caminos en comparación con los pavimentos de asfalto de cemento. Durante más de 30 años, ADOT ha monitoreado

rutinariamente el rendimiento de la carretera RTR-MB. Sus hallazgos revelan una tendencia general de reducción del agrietamiento, mejor rendimiento de la formación de surcos, facilidad de manejo, menor ruido del tráfico (hasta en un 85%), menor costo de mantenimiento y mayor resistencia al deslizamiento.

RTR-MB crea caminos más atractivos. Las carreteras producen un contraste de color profundo y duradero en las rayas y marcas de la carretera. El estudio de ADOT revela:

Las atractivas cualidades del asfalto de cemento han reducido la cantidad de grietas reflectantes como se esperaba por lo que prácticamente no se ha observado agrietamiento por fatiga en los proyectos.

Con respecto al ruido del tráfico, un estudio del Centro de Investigación del Transporte de Arizona impreso en 1996, indicó que [RTR-MB] puede reducir el ruido hasta 5.7 decibelios. El informe continuó diciendo: "La audición humana puede distinguir las diferencias de nivel de ruido de 3.0 decibelios o más. Por lo tanto, la superposición [RTR-MB] parece ser capaz de reducir notablemente los niveles de ruido en la carretera en ciertas situaciones".

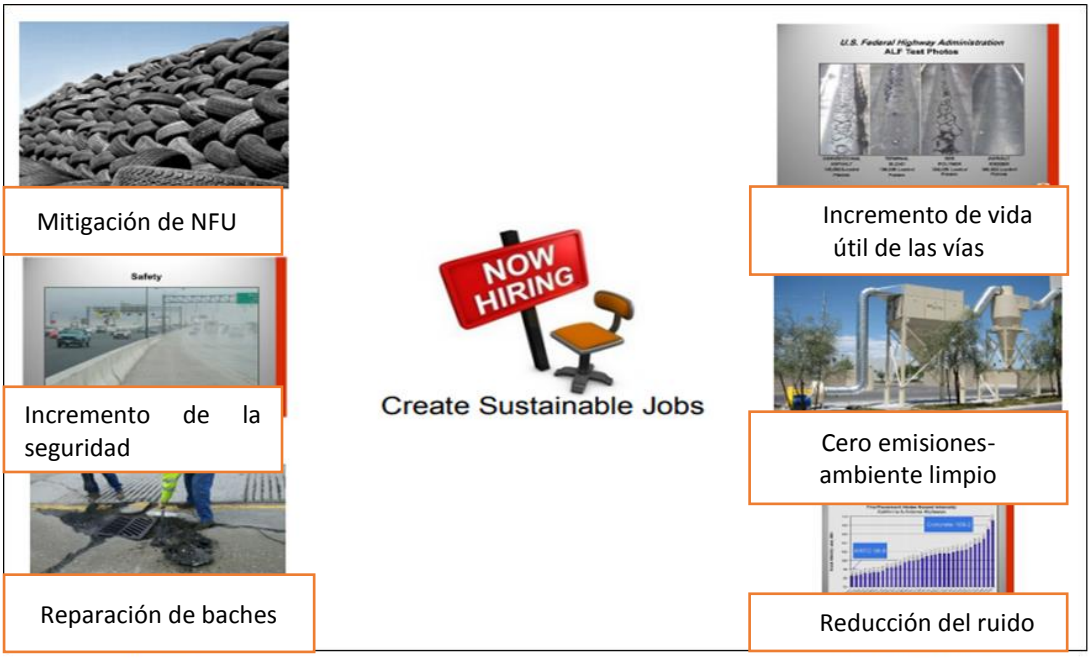


Figura 3.4Beneficio del uso de RTR-MB en carreteras
Fuente: (Way, Kaloush, & Prapoorna, 2001)

3.3.3. Retos de la industria - Obstáculos políticos

• Pruebas de laboratorio.

• Tiempo alargado para obtener la aprobación.

• Demanda del mercado para el uso de los materiales en un proyecto de pavimentación propuesto.

• Proceso de licitación abierta o adquisición de fuente única.

• Adopción por contratistas de pavimentación. (ADOT, 2008)

3.3.4. Porcentaje de llantas recicladas

3.3.4.1. Pavimento Asfáltico:

Al asumir un nuevo pavimento asfáltico tenemos:

Para carreteras de una milla de largo, 1 carril de 12 pies de ancho y 2.5 pulgadas de grosor, se requiere aproximadamente 800 toneladas de mezcla asfáltica terminada. Si el diseño de la mezcla requiere 12% de pellets, se usarán 96 toneladas. El resultado es que una milla de carril reutilizaría aproximadamente 2,000 llantas.

Tabla 3.2 Neumáticos reciclados por milla de carril

Largo (milla)	Ancho (‘)	Grosor (“)	Mezcla (Tm)	12% pellets (Tm)	Neumáticos reciclados
1	12	2.5	800	96	2000

Fuente: (Olbur, 2014)

3.3.4.2. Reparación de Baches:

Para mitigar las pilas antiestéticas e inseguras de llantas de desecho mediante la reutilización del caucho de miga para su inclusión en la reparación de baches.

Suponiendo que hay 12 libras de goma de miga por neumático, la reparación promedio de baches usa 200 libras de material. 30 millones de baches requerirían 6 mil millones de libras de material de parche.

Cada 600 libras de parche de mezcla caliente recubierto de goma mitiga 1 llanta de desecho. El resultado es que se pueden mitigar 1 neumático por cada 3 baches.

Tabla 3.3 Neumáticos reciclados por cada bache

# Baches	Mezcla (lb)	Neumáticos reciclados
3	600	1

Fuente: (Olbur, 2014)

3.4. Programa de gestión integral de neumáticos

La solución al manejo adecuado de NFU es la activación de un programa de gestión integral de neumáticos basado en las necesidades del mercado.

De acuerdo con el material recopilado y tomando en cuenta las características y soluciones que pueden brindar los diversos métodos de reciclaje de NFU se ha concluido en la formación estratégica de un plan de manejo de NFU, aplicado en la construcción, mejora y mantenimiento de carreteras en la ciudad de Loja.

Con la iniciativa de este proyecto se pretende brindar un instrumento de gestión que de ejecución a un conjunto de reglas, acciones, procedimientos y medios dispuestos para facilitar el manejo de los neumáticos usados, con el fin de que sean enviados a instalaciones en las que se sujetarán a procesos que permitirán su aprovechamiento, valorización, tratamiento y disposición final controlada. (MAE, Instructivo para la gestión Integral de neumáticos usados, 2015)

3.4.1. Identificación y Localización de Puntos de Distribución y Almacenamiento de NFU en la ciudad de Loja

Tomando en cuenta las políticas instauradas y los convenios con los diferentes distribuidores de neumáticos; es de vital importancia la identificación de los diferentes puntos de expendio, arreglo o cambio de neumáticos, ya que constituyen centros de acopio o puntos de destino final para los NFU.

De la investigación realizada en la ciudad de Loja se han identificado 56 puntos de distribución y almacenamiento de NFU; de los cuales 20 son distribuidoras, 23 vulcanizadoras, 11 tecnicentros y 2 importadoras (ver anexo 1).

En la figura 3.5 se puede observar la ubicación de estos centros distribuidos en la ciudad.

Figura 3.5 Ubicación de los establecimientos de recolección de NFU en la ciudad de Loja
Fuente: El Autor

3.4.2. Calculo de NFU producidos anualmente en la provincia y cantón Loja

Para conocer el volumen de NFU producidos anualmente se han tomado como referencia los siguientes datos:

- Vehículos matriculados anualmente
- Toneladas de NFU producidas al año en todo el país

De acuerdo al INEC las toneladas de NFU generados en el Ecuador (2017) fueron de 27.963,91, conociendo los vehículos matriculados por cada provincia; se ha obtenido un total, que permita identificar las toneladas producidas anualmente por cada automotor:

$$\mathrm{Nv} = \frac{T}{Tvma} \qquad \textbf{(1)}$$

$$\mathrm{Nv} = \frac{\mathbf{27.963,91}}{\mathbf{2.237.264}} = 0.0124 Ton/vehículo$$

Dónde: Nv= Toneladas de NFU producidas al año, T=Total de toneladas año y Tvma= Total vehículos matriculados por año.

En la figura 3.6 se puede apreciar las toneladas de NFU generados anualmente por cada provincia.

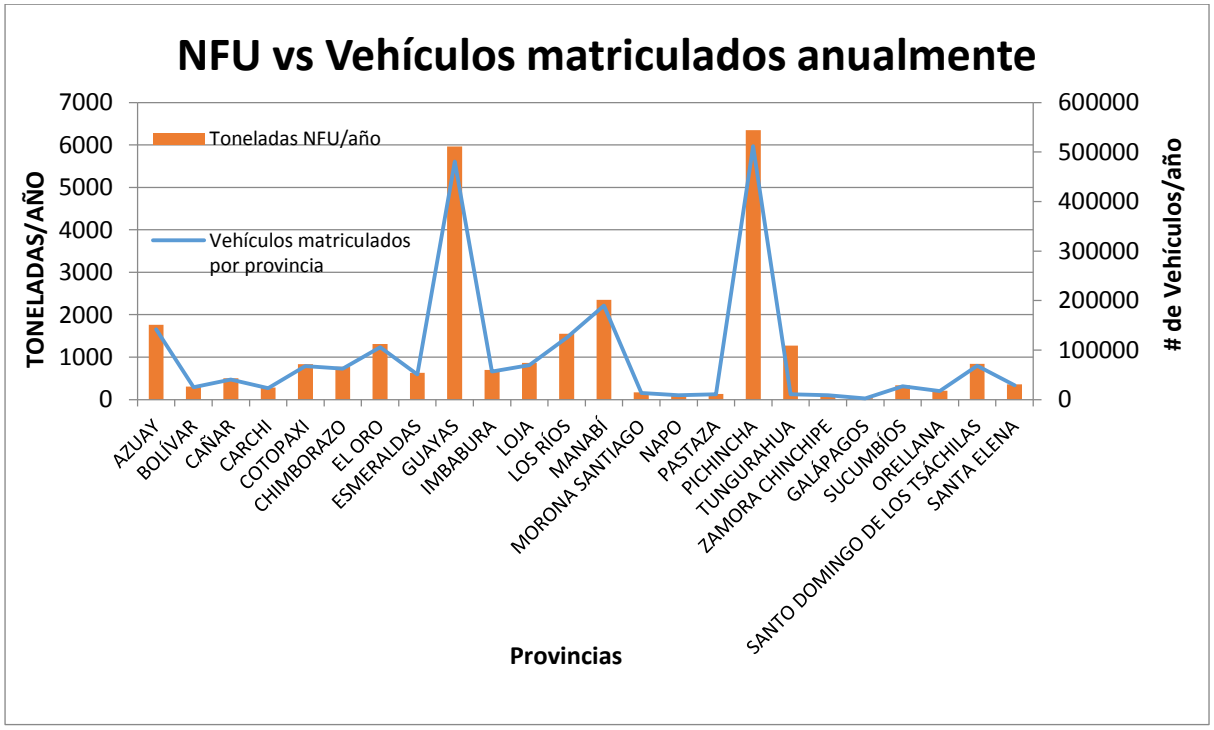


Figura 3.6 NFU producidos por provincia de acuerdo al número de vehículos matriculados en Ecuador anualmente

Fuente: (INEC, 2017)

De los resultados obtenidos anteriormente y tomando en cuenta el crecimiento del 7,9 % del parque automotor se tiene que en el 2017 y 2018 el número de vehículos matriculados en la provincia de Loja fue de 69.399 y 74881; lo que produjo respectivamente 860,5476 y 928,5244 Toneladas de NFU. El número de vehículos matriculados en el cantón Loja en los mismos años fue de 48474 y 52302 automotores, produciendo así 601,0776 y 648,5572 Toneladas de NFU respectivamente.

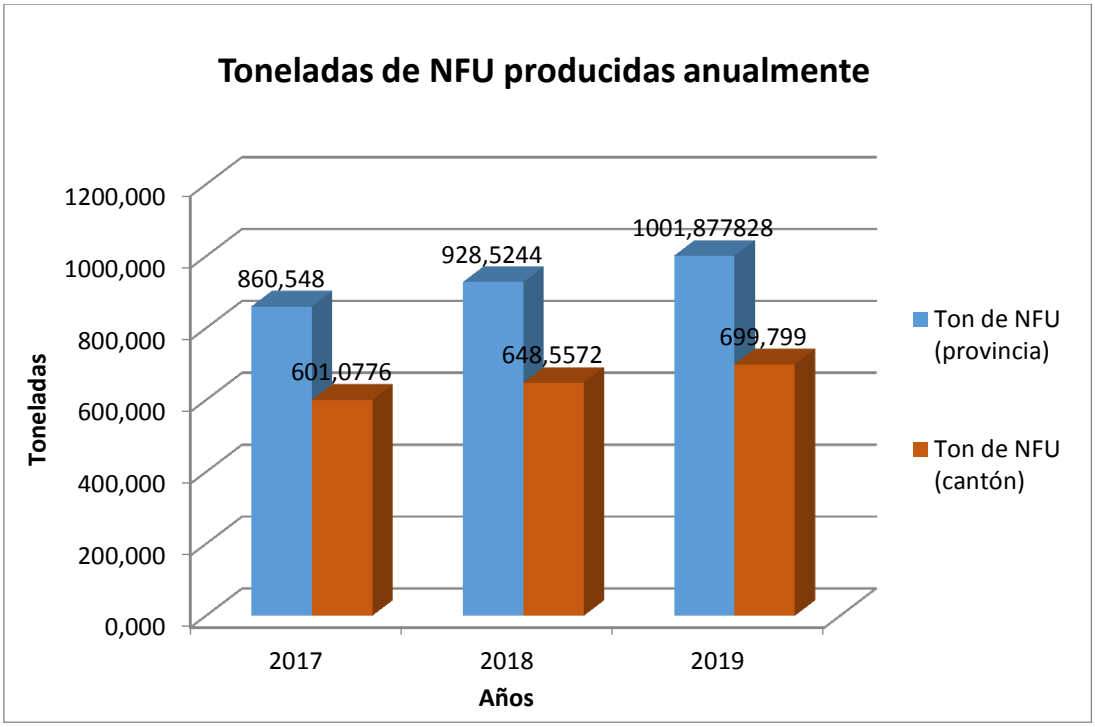


Figura 3.7 Toneladas de NFU producidas anualmente
Fuente: El autor

Para obtener una apreciación más exacta de los NFU generados a nivel provincial y cantonal, se ha realizado un dimensionamiento en base a los vehículos más vendidos (tabla 3.5) y el porcentaje que representa cada uno de ellos dentro del parque automotor del cantón Loja (tabla 1.5).

Tabla 3.4 Vehículos más vendidos en el 2017

Marca	Modelo	Cantidad	Neumáticos	Peso/kg
Chevrolet	AVEO FAMILY 1.5L STD	6629	185/60/R14	7.0
Chevrolet	NUEVO SAIL	6060	195/55/R15	8.2
Kia	PICANTO R 1.2	3295	185/65/R14	7.2
Hyundai	CRETA 1.6 5P TM 4X2 STD	1487	205/65/R16	9.14

Fuente: (AEADE, 2017)

La suma del transporte particular, taxi convencional y ejecutivo es del 88.59% del parque automotor, a este grupo lo denominaremos grupo 1. Para esto tomamos en cuenta un peso promedio de neumáticos de 7.88kg. Para el segundo grupo incluimos transporte escolar, transporte mixto, Estado, gobiernos seccionales, transporte liviano y compañías de alquiler, estos datos suman el 4.84% del parque automotor del cantón. Para el tercer grupo se incluye transporte intercantonal, urbano y cooperativas, mismas que suman el 6.57% del parque automotor, el peso promedio considerado para este grupo será de 60.8kg (XTHRA Tyres, 2011).

Tabla 3.5 NFU producidos anualmente en el cantón Loja en el 2018

GRUPO	PESO kg	PORCENTAJE	NFU(Toneladas año)	Número de NFU/ Año
GRUPO 1	7.88	88.59	887.5635	112634
GRUPO 2	9.8	4.84	48.4904	4948
GRUPO 3	60.8	6.57	65.8234	1082
	TOTAL	100	1001.8778	118664

Fuente: El autor

Tabla 3.6 NFU producidos anualmente en el cantón Loja en el 2018

GRUPO	PESO kg	PORCENTAJE	NFU (Toneladas año)	Número de NFU/ Año
GRUPO 1	7.88	88,59%	574.5568	72913
GRUPO 2	9.8	4,84%	31.3902	3203
GRUPO 3	60.8	6,57%	42.6108	700
	TOTAL	100,00%	648.5578	76816

Fuente: El autor

Como se puede notar en las tablas 3.5 y 3.6, en el 2018 el cantón Loja produjo alrededor de 76816 NFU con un peso aproximado de 648.557 toneladas, mientras que a nivel provincial los valores fueron de 118664NFU y 1001.8778 Toneladas aproximadamente.

3.4.3. Eliminación de NFU

La reutilización de NFU en infraestructuras viales garantizará su reciclaje, y los volúmenes contrarrestados dependen de las necesidades de construcción, rehabilitación y mantenimiento de las carreteras.

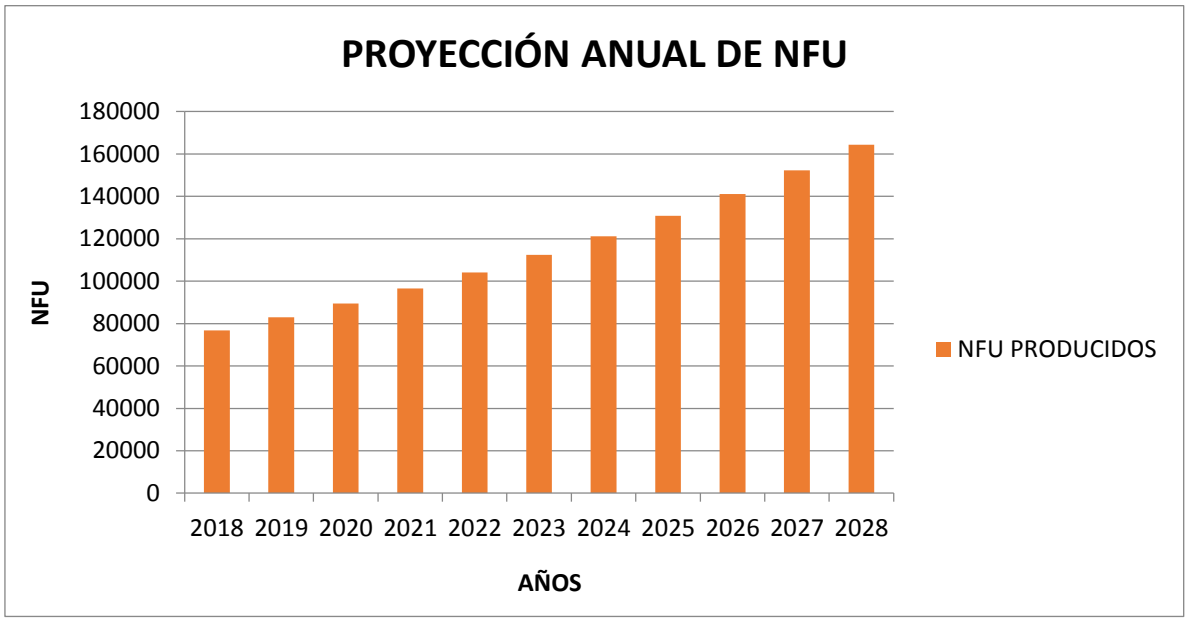


Figura 3.8 Proyección de NFU generados en 10 años
Fuente: El Autor

En la tabla 3.2 se puede observar los datos del mercado vial en la ciudad de Loja, y de este se puede concluir que el número de neumáticos necesarios para mejorar las vías en mal estado constituirían la mitigación del 91% de los neumáticos generados en 6 años en el cantón Loja (figura 3.7)

Tabla 3.7 NFU Necesarios para el mejoramiento de infraestructura Vial

Estado de vías	%	Km	NFU mitigados
Malo	54,9	409,514552	508922,3559
Regular	30,4	226,762156	281807,6434
Bueno	14,7	109,651437	
Total	100	745,928146	790729,9993

Fuente: El Autor

Para la reconstrucción de las carreteras en estado regular, se eliminarían el 82% de los neumáticos producidos en 4 años en el cantón Loja. Estas cifras nos permiten acercarnos a los valores ideales en la reutilización de NFU.

Cabe recalcar que estos valores son los mínimos idealizados ya que no se ha tomado en consideración el arreglo de baches, rehabilitación y mejoras permanentes en las vías; así como la posible utilización de la miga de caucho para proyectos alternos como la construcción de canchas.

CAPÍTULO IV.

4. DISCUSIÓN

El presente proyecto permitió realizar un estudio técnico investigativo sobre los neumáticos en desuso que se encuentran en la ciudad de Loja y la reutilización que se les puede dar a los mismos. En base a los resultados obtenidos se puede afirmar que se alcanzó todos los objetivos propuestos, a través del análisis de toda la información recolectada mediante el estudio de campo y bibliográfico.

El objetivo general que se planteo fue: Conocer los diferentes procesos de reciclaje de neumáticos existentes en la actualidad con el fin de proponer una alternativa aplicable para la ciudad de Loja, el cumplimiento del mismo se hizo a través de la realización de cada objetivo específico.

El primer objetivo planteado permitió dar a conocer las características físicas y químicas que componen un neumático, además se pudieron identificar los residuos peligrosos que se producen de la quema de neumáticos y que probablemente constituirían un problema de salud pública si no se toman las medidas pertinentes.

El segundo objetivo, constituyó uno de los procesos más extendidos, debido a la cantidad de bibliografía destinada a los diferentes usos de NFU; por lo que se trató de discernir los medios más comunes y con mayor apertura en una economía poco consecuente con el cuidado del medio ambiente.

El tercer objetivo fue una pauta muy importante; ya que en este se centra el cuarto objetivo. Encontrar un método de reciclaje que se adapte al entorno local, cubra con las necesidades de cuidar el medio ambiente y sea rentable al mercado, fue un reto, debido a los escasos proyectos que se han dado a nivel local y nacional.

Los estudios del RTR-MB en carreteras como: beneficios, rentabilidad y compromiso con el medioambiente constituyeron los principales pilares para dar solidez a la selección de esta tecnología de reciclaje. Aunque el mercado de esta metodología de reciclaje es más atractivo de acuerdo a la perspectiva de esta investigación; no se cierra a nuevas formas de reciclaje o a

la combinación de varias tecnologías de manejo de desechos que en conjunto hagan más eficiente cualquier proceso implantado.

Otra temática importante en esta investigación es la normativa actual con respecto al manejo de estos residuos. Se ha observado que aunque existen ya varias políticas y una organización destinada a mejorar el manejo de NFU, no ha habido un movimiento importante en las ciudades pioneras de estos proyectos menos aun en las ciudades que no forman parte de esta estructura. Por lo que resulta un tanto incierto el respaldo real que recibiría cualquier proyecto de gran envergadura en la ciudad.

.

CAPÍTULO V

5. PROPUESTA

5.1. Implementación de una Planta de Asfalto con NFU para la ciudad de Loja

De acuerdo a la latente necesidad de mejoramiento en la infraestructura vial en la ciudad y la exigencia inherente de un método adecuado para el manejo de desechos NFU; se propone la Implementación y mejoramiento de una Planta de Asfalto con NFU para la ciudad de Loja, la misma deberá contar con un plan adecuado para la recolección de NFU, así como un plan de obra civil e infraestructura para el proceso de obtención del asfalto con miga de caucho.

A principios del año 2007 el Municipio de Loja adquirió una planta asfáltica (figura 5.1), una terminadora y un equipo caminero, esto con la finalidad de atender las necesidades de vialidad dentro del cantón Loja y en sus parroquias adscritas. Dicha planta se ubica en el km 9, vía a Cuenca, en el sitio denominado Tenería, posee un área de 39657m^2.

La planta que realiza la mezcla asfáltica es una planta de asfalto de producción continua marca CIBER, modelo UACF 15 P ME, con una capacidad de producción de 80Ton/hora (ver figura 5.1).

Figura 5.1.Planta de asfalto del Municipio de Loja
Fuente: (Erazo, 2009)

El proceso a seguir para la innovación de la planta de asfalto ya existente conlleva la utilización de maquinaria que permita la obtención de la miga de caucho; así como la mezcla del polvo con el betún para el asfalto.

Basándose en la información recopilada, analizada y resultados obtenidos se ha creado una guía generalizada de normativas, maquinaria, infraestructura y procedimientos de planta esenciales que permitan poner en marcha el proyecto planteado.

5.2. Políticas de respaldo

Para mejorar el tratamiento de NFU es necesario establecer ciertas políticas que ayuden con el desarrollo de esta ecotecnología. Tales leyes deberán aportar con el cuidado del medio ambiente a través del correcto reciclaje de NFU.

- ✓ Que las compañías de transporte se aseguren que cada una de las unidades le den un destino final especifico a sus NFU, para garantizar que estos desechos no terminen en lugares no idóneos convirtiéndose en basura y contaminante ambiental.
- ✓ Que los particulares hagan llegar sus NFU a vulcanizadoras o relleno sanitario y que se sancione como corresponda a cualquier persona o empresa que no de un destino final a los NFU en marcado en la ley.
- ✓ Que el relleno sanitario posea un área específica para el almacenamiento de NFU, evitando la mezcla de los mismos con otros residuos; para que este sea retirado y utilizado sin inconvenientes.
- ✓ Que haya una gran apertura para artesanos, constructoras o cualquier persona que desee hacer uso de estos NFU sin ningún tipo de restricción que no sea su uso consciente (sin daños al medio ambiente).

5.3. Recolección de neumáticos en la ciudad de Loja

El primer paso para la obtención de NFU es la recolección de estos de los diferentes proveedores de la ciudad. La recolección de estos desechos debe realizarse en puntos ya establecidos, para ello se ha realizado un estudio de los sitios actuales y a nivel de la ciudad de Loja que constituyen el depósito final de NFU (ver anexo 1).

Ya que se han localizado 56 puntos de recolección segregados por toda la ciudad, se han establecido 2 rutas de recolección de NFU, las mismas que comprender la parte norte y sur de la ciudad respectivamente. El objetivo de establecer un tramo de recorrido es garantizar el

acopio de estos desechos en un determinado lugar; garantizando que no terminen como residuos contaminantes.

Primera Ruta: La ruta uno comprende la parte norte de la ciudad (ver figura 5.2).Este trayecto comenzara en el punto A (av. 8 de diciembre cerca al convento de las hermanas Franciscanas) siguiendo hacia el sur para terminar en la av. Pablo Palacio (punto C); como trayecto final.

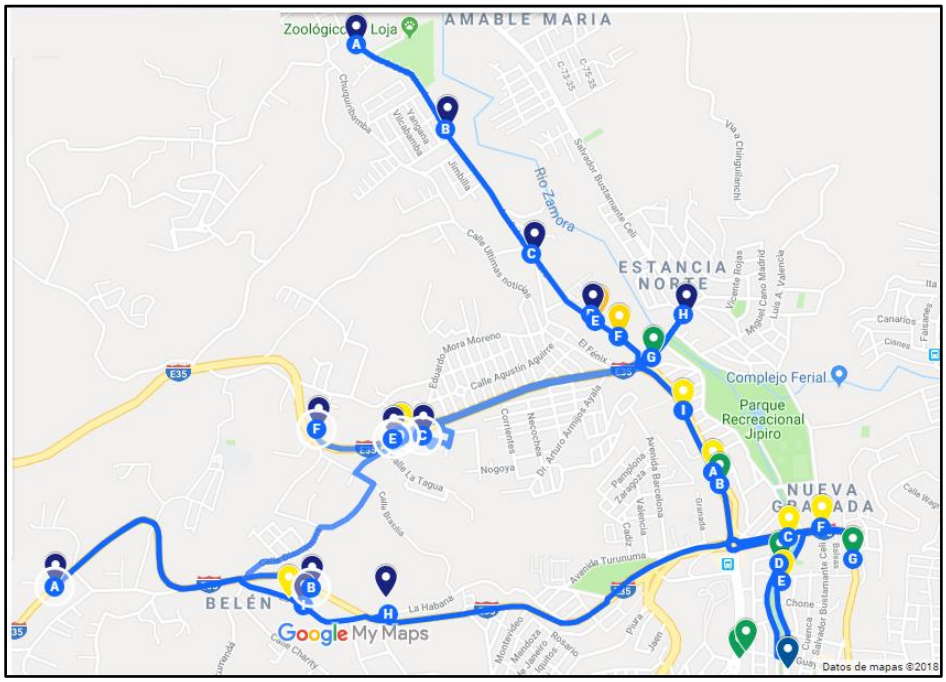


Figura 5.2 Ruta norte de recolección de NFU
Fuente. El Autor

Segunda Ruta: La ruta dos es un recorrido que se desplaza desde la parte sur de la ciudad (ver 5.3). Comprende desde (el punto A) la AV. Pio Jaramillo hasta el valle y volviendo al sector sur de la ciudad y culminando en el punto I, a altura de la calle Malvinas.

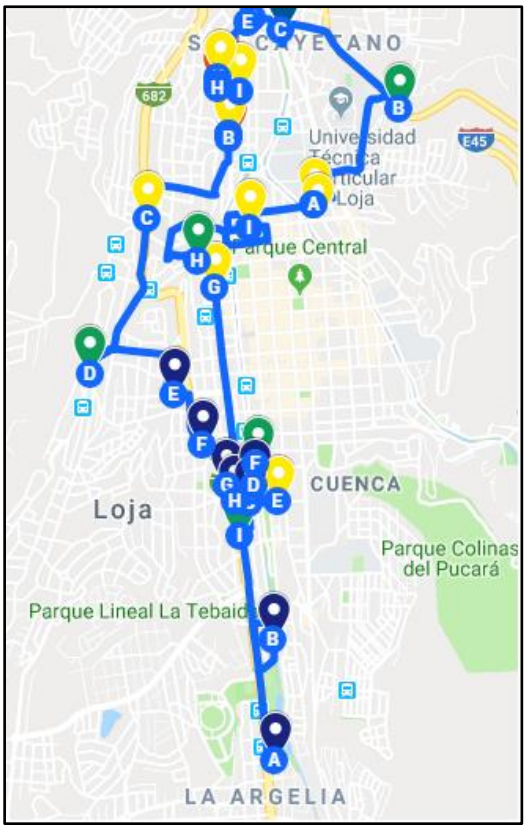


Figura 5.3 Ruta sur de recolección de NFU
Fuente: El Autor

5.4. Área de Descarga y Clasificación

Luego de la recolección de NFU, los vehículos destinados a esta tarea deberán llevar el material a la planta. Los automotores deberán desembarcar los desechos en un área designada a esta tarea.

En esta fase de descarga, se recomendaría la adición de un nuevo proyecto en el que se preseleccionen neumáticos para el reencauchado de los mismos, con ello se contribuirá a otro tipo de reciclaje y a nuevas formas de mercado para esta tecnología. Esta propuesta no ahondara esta temática, pero se deja abierto este tópico a posibles trabajos futuros.

5.5. Almacenamiento de NFU

Es necesario contar con un espacio para el acopio de NFU, esto facilitara conocer la cantidad de material existente; así como las necesidades periódicas de recolección que se necesitaran realizar.

Un neumático de un vehículo tipo turístico ocupa 0,04 m^3 y 0,21m^3 en vehículos pesados; debido a la heterogeneidad de los NFU es necesario separarlos y almacenarlos de acuerdo a la demanda de producción.

Es necesario que el centro de acopio cuente con las siguientes características:

- Tener el techo inclinado, garantizar ventilación; está cubierta debe estar al menos a 3 metros de distancia de la pila de llantas.
- Contar con un empleado de seguridad calificado o administrador del sitio, debe permanecer en todo momento cuando la instalación este abierta; cuando este se encuentre cerrada el ingreso debe ser restringido.
- Las vías de acceso deben ser mantenidas adecuadamente, mediante la remoción de escombros, nivelación de carretas.
- El espacio donde se almacenan los NFU, debe poseer dimensiones adecuadas a las necesidades de producción de la planta. En este caso se ha dimensionado para que sea capaz de albergar el 29% de los NFU producidos en un año (14mx15mx7m).
- Sistema de respuesta contra incendios con sensores de humo y un sistema de rociadores automáticos ubicados en el techo; el sitio debe tener al menos 2 extintores de agua de 5 kilogramos en cada división y uno en la zona de descarga; además un extintor en polvo químico seco de 5 kilogramos en la oficina.

5.6. Adquisición de Maquinaria para la obtención de polvo de caucho

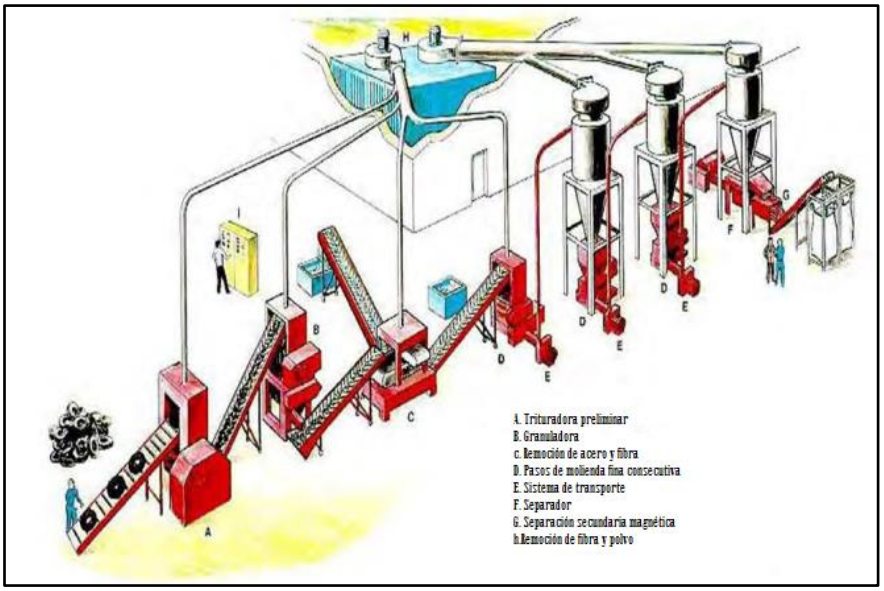


Figura 5.4 Esquema de la estructura automatizada para el procesamiento de NFU
Fuente: (Way, Kaloush, & Prapoorna, 2001)

Es importante reconocer que hoy en día el RTR-MB es típicamente un material altamente controlado. El proceso ya no es solo moler una reserva de NFU y agregar el caucho al asfalto caliente. El proceso de manejo y trituración se planifica y monitorea cuidadosamente para producir un material de caucho limpio y altamente consistente. Durante el proceso, el alambre de refuerzo y la fibra del neumático se retiran. El acero se quita con imanes y la fibra se quita por medio de las oscilaciones que genera el vibrador.

Existen varias tecnologías para reducir los NFU en CRM. La tecnología recomendada para este proyecto se describe a continuación.

5.6.1. Equipo de Trituración primaria

Este equipo está provisto de una trituradora que se ubica en la parte baja de la tolva, consta de dos ejes dentados con porta cuchillas endurecidas, son individuales para facilitar el reemplazo de las mismas, de modo que las pérdidas de tiempo se minimizan. Dicha maquina es una unidad de gran alcance que corta y tritura los neumáticos hasta lograr tamaños manejables, normalmente producen pedazos ásperos de entre 2”-6” (dos y seis pulgadas).

Figura 5.5 Trituradora
Fuente: (Eco Green Equipment)

5.6.2. Equipo de trituración secundaria

Los trozos de llanta luego de haber pasado por la trituradora serán suministrados a un segundo triturador, también conocido como rallador. Éstos refinarán los trozos de neumático ásperos hasta convertirse en virutas, consta de un rotor único provisto de cuchillas, según la calibración de estas podemos obtener trozos de 38-16mm, de acuerdo a la necesidad. Al

concluir esta fase podremos proceder a separar los distintos materiales, tales como: caucho, acero, textil.

Figura 5.6 Rallador
Fuente: (Eco Green Equipment, 2018)

5.6.3. Equipo de separación del textil

Esta fase consta de una maquina vibradora, la misma que a través de oscilaciones permite la separación del textil de los gránulos de caucho.

Figura 5.7 Separador de Textil
Fuente: Eco Green

5.6.4. Equipo de Separación del Acero

Se realiza mediante un separador magnético que permite la separación de los componentes férreos del granulado de caucho. Se posicionan encima del flujo de material y elevan los cuerpos ferromagnéticos en contra de la gravedad. Cuentan con una cinta rotativa que evacua las piezas de hierro atraídas hacia una tolva ubicada a un costado de la banda que transporta el material luego de haber pasado por la fase de separación del textil.

Figura 5.8 Separador Magnético
Fuente: (Eco Green Equipment)

5.6.5. Equipo de Molienda y Fresado

Luego de haber pasado por el separador magnético circulan a través de una cinta transportadora que los conduce hacia la prensa granuladora, se introducen en la tolva de ingreso y caen por efecto de la gravedad sobre la matriz. El material es empujado por los rodillos a través de una matriz perforada. Las matrices se reemplazan en función del tamaño de gránulos que se desee obtener, en el caso de esta máquina en particular podremos obtener las siguientes granulometrías:

Tabla 5.1. Tipo de polvo de caucho y granulometría

Tipo de polvo de caucho	**Granulometría(mm)**
PC1	0,0-0,8mm
PC2	0,8-2,5mm
PC3	2,5-4,0mm

Fuente: Autor

Los usos del polvo de caucho varían de acuerdo a la granulometría, El PC1 con granulometría de 0,0-0,8mm es utilizado en mezclas asfálticas, PC2 con granulometría de 0,8-2,5mm es utilizado en canchas de césped sintético, PC3 con granulometría de 2,5-4,0mm se utiliza en la fabricación de losetas para parques infantiles, estacionamientos, etc.

Figura 5.9 Prensa granuladora
Fuente: (Kahl)

Para el asfalto se trabaja con PC1; sin embargo se ha querido referenciar otro tipo de granulometrías para dar una idea más amplia de los usos extras que se puede dar a este producto y con énfasis en la apertura de nuevos proyectos.

Los Productos finales obtenidos del proceso de reciclado por cada neumático que ingresa al proceso son: 80% de caucho, un 15% de acero, un 5% de textil. El caucho es el producto principal que se va a comercializar. El acero que se obtiene tiene valor comercial por lo que también puede venderse a fábricas o industrias, mientras que el textil carece de valor de venta, aunque actualmente se lo está utilizando como combustible en hornos de cemento.

El precio promedio de venta del caucho granulado en el mercado se encuentra entre los $800-1000 USD (mil dólares) por tonelada y de $2000 USD (dos mil dólares) la tonelada de acero, otro bien obtenido mediante el proceso de reciclaje; por lo que resultaría una eficiente forma de mejorar la rentabilidad de este mercado.

De acuerdo a lo productos finales obtenidos del neumático es necesaria la elaboración de un plan de destino para los mismos. Como el metal posee un precio conveniente en el mercado se recomienda la venta del mismo, así como la donación del textil para evitar la acumulación innecesaria de estos materiales.

5.6.6. Equipo de manejo de Materiales

Figura 5.10 Equipo de soporte para el manejo de materiales
Fuente: (Eco Green Equipment, 2018)

Esta maquinaria de transportación permite trasladar el material entre las distintas etapas de tratado de los NFU. Y el equipo de almacenamiento contribuirá al acopio o posible distribución del producto final.

5.7. Estudio Económico Introductorio del reciclaje de NFU

5.7.1. Consumo Energético de las tecnologías de valoración de material

Tabla 5.2 Potencia Requerida por la Maquinaria de Trituración

NOMBRE	# DE UNIDADES	POTENCIA UNITARIA (KW)	POTENCIA TOTAL (KW)
Trituradora primaria	1	150	150
Trituradora secundaria	1	187	187
Separador Magnético	1	90	90
Separador Textil	1	90	90
Granuladora	1	225	225
Banda transportadora	4	90	360
		TOTAL	1102

Fuente: Eco-Green

Conociendo la potencia total consumida por los equipos, se obtiene la energía consumida en un día de trabajo.

$$E = P_{total} \times t \quad \textbf{(2)}$$

$$E = (1102\ KW) \times 8h$$

$$E = 8816\ KW/día$$

Sabiendo que la maquinaria que se utilizará en la Planta para la obtención de polvo de caucho funciona con una tensión de 380V y que la potencia total instalada es de 1102Kw se procedió a buscar las tarifas de energía acordes a nuestra necesidad.

Al revisar el Pliego Tarifario para las empresas Eléctricas de Distribución emitido por la ARCONEL se determinó que nuestra planta se acogería a la tarifa general de baja tensión con demanda puesto que en ella se encuentran los consumidores para quienes el voltaje de suministro en el punto de entrega sea inferior a 600 V y cuya potencia contratada o cuya demanda facturable sea superior a 10KW.

La "Tarifa General de Baja Tensión con Demanda" tiene un costo por KW/h de 0.080 USD

Considerando los datos obtenidos se procederá a calcular el costo energético (CE) que generaría la planta.

$$CE = E \times Costo\ (USD) \quad \textbf{(3)}$$

$$CE_{diario} = 8816\ KW \times 0{,}08\ USD$$

$$CE_{diario} = 705{,}28\ USD$$

$$CE_{anual} = 705{,}28\ USD \times 240$$

$$CE_{anual} = 169267{,}2\ USD$$

5.7.2. Costo de Infraestructura

La infraestructura destinada para la instalación de la maquinaria para obtención de polvo de caucho de neumáticos se diseñó con las siguientes dimensiones; 30m de largo, 26 de ancho y 7m de alto, dicha infraestructura tendría un volumen de 5460 metros cúbicos.

Tabla 5.3 Costo de Infraestructura

Zona de Infraestructura	**Área (m2)**	**Costo en USD por m2**	**Costo total en USD**
Estructura metálica y piso.	780	80.35	62673
Cubierta	780	25.56	19936.8
Paredes	784	27.10	21246.4
		TOTAL	103856.8 USD

Fuente: (CYPE Ingenieros; S.A.)

Con el modelo propuesto se pretende dar un enfoque de la infraestructura necesaria para el proceso de conversión de NFU a polvo de caucho.

La colocación de las diferentes zonas: descarga, almacenamiento y ubicación de maquinaria para el procesamiento respectivo de neumáticos debe seguir las pautas señaladas para garantizar orden y eficiencia en el procesamiento de los NFU.

5.7.3. Costo de Maquinaria

Tabla 5.4 Costo de Maquinaria

NOMBRE	**# DE UNIDADES**	**PRECIO UNITARIO(USD)**	**PRECIO TOTAL (USD)**
Trituradora primaria	1	25000	25000
Trituradora secundaria	1	23000	23000
Separador Magnético	1	15000	15000
Separador Textil	1	17500	17500
Granuladora	1	20000	20000
Banda transportadora	4	5000	20000
		TOTAL	120500 USD

Fuente: Eco Green y Alibaba.com

En la tabla 5.4 se puede observar que el costo de la maquinaria asciende a $ 120500, aunque los costos varían de acuerdo al fabricante, la mayoría de equipos añaden un valor extra si el comprador desee realizar acondicionamientos especiales al equipo.

5.7.4. Costo de Mano de Obra

Tabla 5.5 Costo de Mano de Obra

ÁREA DE TRABAJO	# DE PERSONAS QUE SE REQUIERE	SUELDO MENSUAL UNITARIO(USD)	SUELDO MENSUAL TOTAL (USD)
Administración	1	1500	1500
Secretaría	1	500	500
Trituración primaria	2	400	800
Separador Magnético	1	400	400
Separador Textil	1	400	400
Granuladora	2	400	800
Guardianía	2	400	800
Mantenimiento	1	400	400
Almacenamiento y recolección	4	400	1600
Choferes	2	400	800
		TOTAL	8000

Fuente: El Autor

En la tabla 5.5 se realizó un pequeño desglose de los posibles costos de producción; lo que incluye personal administrativo, gerencial y personal encargado del manejo de la equipo de molienda de NFU.

5.7.5. Adquisición de un vehículo para recolección de NFU

En la tabla 5.6 se observa el costo por la adquisición de 2 vehículos; necesarios para la reelección de NFU.

Tabla 5.6 Vehículos

Marca	Modelo	Capacidad de carga	Costo unitario (USD)	Costo Total (USD)
HINO	DUTRO 816	6.115Ton	39900	79800

Fuente: Hino Mavesa

5.7.6. Obtención de materiales luego de haber sido procesados dentro de la planta

Teniendo como premisa qué en el cantón Loja durante el año 2018 se generaron 648.5572 Toneladas de NFU y que al compararlas con la capacidad de la cual estará dotada la maquinaria de la planta para obtención de polvo de caucho, se determinó que la maquinaría posee una potencia excesiva para procesar ese tonelaje de neumáticos, por ello se prevé trabajar con la producción de NFU generados en toda la provincia, dicha cifra es de 1001.8778 Toneladas de NFU, para mejorar la rentabilidad y aprovechar de mejor manera la potencia de la maquinaría se debería establecer métodos para que se procesen aquí neumáticos de otras partes del país.

Durante el procesamiento de los NFU se obtendrá 80% de caucho; 15% de acero y un 5% de textil. Si la empresa labora 8 horas diarias, cinco días a la semana, los 12 meses del año, deberíamos dividir la producción para 240 días, con ello obtendríamos un total de 4.1744 Toneladas de NFU que se procesan diariamente. De los cuales 3.3395 Toneladas corresponden a caucho, 0.6261 Toneladas son de acero y 0.2087 corresponderían a material textil.

De acuerdo con el mercado internacional el precio de la tonelada de polvo de caucho tiene un precio de 900.00 USD, mientras que la de acero es de 2000.00 USD, mientras que el textil carece de precio en el mercado. Teniendo estos datos procederemos a determinar el valor monetario que producirá la planta diariamente.

Tabla 5.7 Ingresos por la venta del triturado de NFU

Material	Producción diaria (Ton)	Valor en el mercado (USD) por tonelada	Valor de producción diaria (USD)
Caucho	33.395	900.00	3005.55
Acero	0.6261	2000.00	1252.2
Textil	0.2087	0.00	0.00
TOTAL	41.734		4257.75

Fuente: El autor

Del cuadro anterior se desprende que semanalmente el valor de la producción sería de 21288.75 USD, mensualmente 85155 USD y anualmente 1,021860 USD.

5.7.7. Estado de Resultados del Proyecto

DATOS	
Ingresos	1124046
Disminución de ingresos por año	5%
Inflación	0,5%
IMPUESTOS	12%
AÑOS VIDA ÚTIL	10,00
TASA DE DESCUENTO ORDINARIA (COMERCIAL DE REFERENCIA)	8,86%

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
INGRESOS	0	1124046	1067843,7	1014451,52	963728,9393	915542,4923	869765,3677	826277,0993	784963,244	745715,082	708429,328
ACTIVOS FIJOS	504156,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAPITAL DE TRABAJO	30000	30150	30300,75	30452,2538	30604,51502	30757,53759	30911,32528	31065,88191	31221,2113	31377,3174	31534,20396
DEPRECIACIÓN	20030	20030	20030	20030	20030	20030	20030	20030	20030	20030	20030
COSTO DE INVERSIÓN	-554186,8	-50180	-50330,75	-50482,254	-50634,515	-50787,5376	-50941,32528	-51095,8819	-51251,211	-51407,317	-51564,204
PRODUCCIÓN	177267,2	178153,536	179044,304	179939,525	180839,2228	181743,4189	182652,136	183565,3967	184483,224	185405,64	186332,668
VENTAS	5000	5025	5050,125	5075,37563	5100,752503	5126,256266	5151,887547	5177,646985	5203,53522	5229,5529	5255,70066
ADMINISTRATIVO	10000	10050	10050	10050	10050	10050	10050	10050	10050	10050	10050
FINANCIEROS	97551,6	97551,6	97551,6	97551,6	97551,6	97551,6	97551,6	97551,6	97551,6	97551,6	97551,6
COSTOS DE OPERACIÓN	-289818,8	-290780,136	-291696,029	-292616,5	-293541,575	-294471,275	-295405,6236	-296344,644	-297288,36	-298236,79	-299189,969
TOTAL	-844005,6	783085,864	776147,671	721835,014	670187,3639	621071,2171	574359,7441	529932,4556	487674,885	447478,289	409239,3593
IMPUESTOS	-101280,7	93970,30368	93137,7206	86620,2017	80422,48367	74528,54605	68923,16929	63591,89467	58520,9862	53697,3947	49108,72312
FLUJO DE FONDOS PURO	-742724,9	689115,5603	683009,951	635214,812	589764,8803	546542,671	505436,5748	466340,5609	429153,899	393780,895	360130,6362

PAYBACK (AÑOS)	1,401767044
VAN (USD)	2852749,53
TIR	89%

5.8. Planta de Asfalto con base de polvo de NFU

5.8.1. Mezclas de campo

Las mezclas de betún-RTR se producen típicamente en la planta de asfalto incorporando algunas modificaciones a la planta de asfalto existente, por esta razón pueden identificarse como mezclas de campo. Las modificaciones incluyen la introducción o adaptación de tanques de mezcla calentados, tanques de reacción calentados, alimentación de caucho y tanques de almacenamiento. También pueden combinarse a través de una modificación menos drástica en una planta estándar de mezcla de asfalto en caliente a través de la unidad de producción portátil basada en el sistema McDonald (Ver Anexo 3). Normalmente, el equipo está montado en un remolque y se transporta al sitio de la planta de asfalto.

La unidad de mezcla recibe caucho molido en la tolva, luego el caucho se mueve a la cámara de mezcla para ser mezclado con betún líquido virgen (figura 5.14) ; el betún recubierto de caucho resultante se almacena en el tanque de reacción portátil (figura 5.15) . Una vez reaccionado, el aglomerante se mueve a un segundo compartimiento donde se alimenta a la planta de mezcla en caliente (Anexo 3) para que se incluya en la producción de HMA. Al final, se utiliza equipo de pavimentación convencional sin modificaciones para colocar el material. (Presti, 2013)

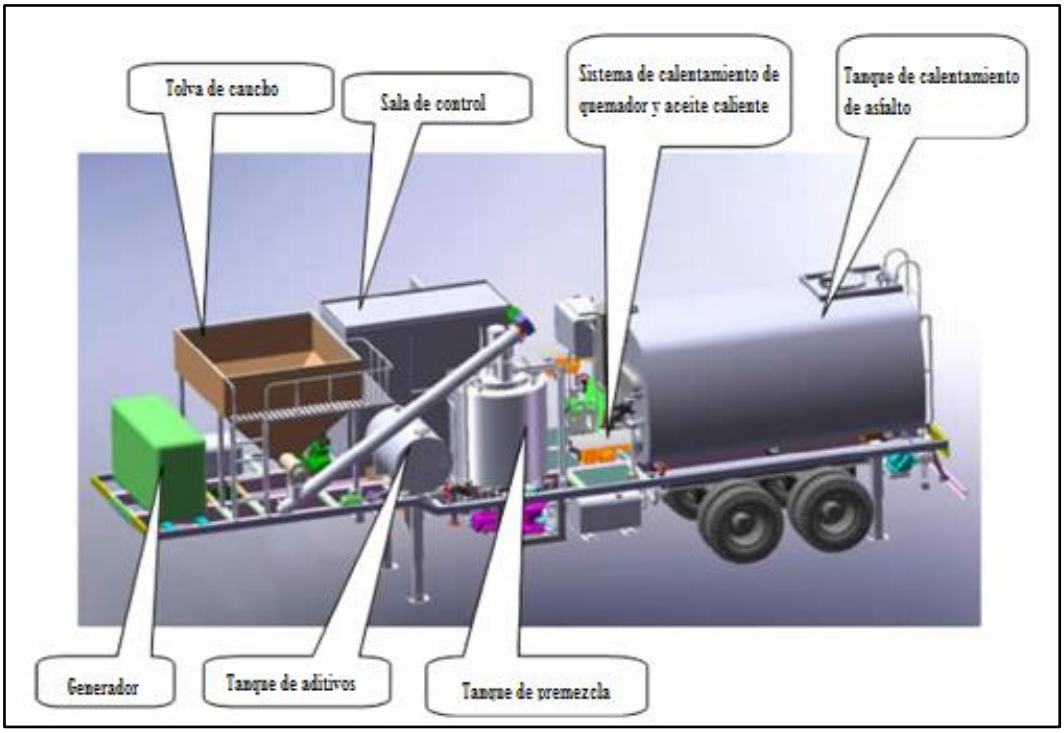


Figura 5.11 Unidad móvil de mezcla para asfalto-caucho
Fuente: (Presti, 2013)

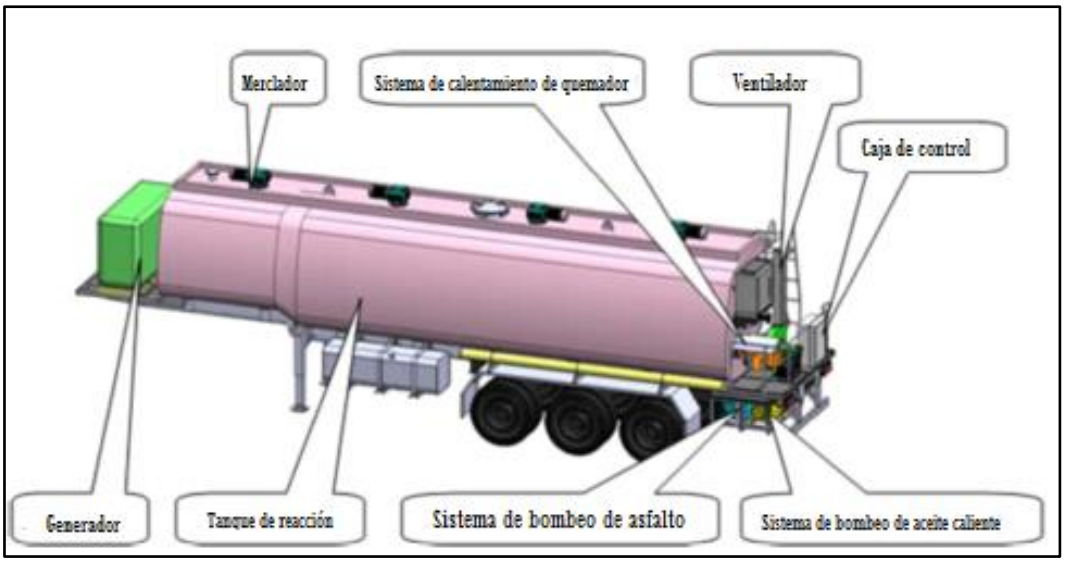


Figura 5.12 Tanque de reacción móvil para asfalto-caucho
Fuente: (Presti, 2013)

5.8.2. Especificaciones para las mezclas

Por definición, RTR-MB se prepara utilizando el sistema 'proceso húmedo de alta viscosidad'. El caucho asfáltico se produce a temperaturas elevadas (≥163 ° C) a baja cizalla para promover la interacción física del aglomerante de asfalto y los componentes de caucho, y para mantener las partículas de caucho suspendidas en la mezcla. Se pueden agregar varios destilados de petróleo o aceite de extensión, a una tasa de 2.5–6% en masa del aglutinante de betún, para reducir la viscosidad, facilitar las aplicaciones de rociado y promover la trabajabilidad. La producción en campo de aglomerantes de caucho asfáltico de alta viscosidad es un proceso relativamente sencillo y aún se basa en el proceso de McDonald. El equipo para la alimentación y la mezcla puede diferir entre los tipos y fabricantes de asfalto y caucho, pero los procesos son similares. Los materiales componentes se dosifican en unidades de mezcla de alto cizallamiento para incorporar las proporciones correctas de aceite extensor y CRM en el asfalto de calidad de pavimentación. Las unidades de mezcla mezclan completamente el CRM en el cemento de asfalto caliente y el aceite extensor, y la mezcla se bombea a un tanque calentado donde se produce la interacción Asfalto-caucho.

Tabla 5.8 Especificaciones de Graduación para el uso del Asfalto

Variable	Mínimo	Máximo
Porcentaje de CRM sobre el peso del ligante	10	20
Tiempo de Reacción (min)	60	75
Velocidad de Agitación, rpm	100	750
Temperatura de mezclado, (°C)	163	190

Fuente: (Way, Kaloush, & Prapoorna, 2001)

Se necesitan barrenos para agitar el caucho asfáltico dentro de los tanques para mantener las partículas de CRM bien dispersas, de lo contrario, las partículas tienden a asentarse en el fondo o flotar cerca de la superficie. La agitación se puede verificar mediante observación periódica a través de la escotilla superior o el puerto donde se inserta el control. El aglomerante de caucho asfáltico debe interactuar con agitación durante un mínimo de 60 minutos a temperaturas de 177 a 190 ° C para lograr la interacción deseada entre el betún y el caucho. Los materiales componentes se dosifican en unidades de mezcla para incorporar las proporciones correctas de CRM en el betún y se mezclan completamente. Al productor de Asfalto-caucho se le permite agregar el aceite de extensión mientras se agrega la goma, aunque en algunos casos el aglutinante base puede suministrarse con la extensión incluida. (Presti, 2013)

Si el productor de caucho asfáltico agrega el aceite extensor, se recomienda el uso de un segundo medidor para controlar mejor la dosificación. El medidor para el aceite extensor debe estar vinculado al del bitumen.

Un aglutinante de asfalto y goma interactuado a temperaturas más bajas nunca alcanzará las mismas propiedades físicas que el diseño del laboratorio, aunque puede alcanzar los valores mínimos de especificación para su uso. Los viscosímetros giratorios de mano se utilizan para monitorear la viscosidad de la interacción asfalto-caucho a lo largo del tiempo para el control de calidad y la garantía (ver figura 5.16). Antes de poder utilizar cualquier aglomerante de caucho asfáltico, se debe verificar el cumplimiento del requisito de viscosidad mínima mediante un viscosímetro rotacional aprobado. (Way, Kaloush, & Prapoorna, 2001)

Figura 5.13 Viscosímetro rotacional de Brookfield (izquierda) y viscosímetro de mano Haake/Rion (derecha)
Fuente: (Way, Kaloush, & Prapoorna, 2001)

Mientras la viscosidad sea conforme y la interacción se haya desarrollado durante al menos 60 minutos, se puede usar Asfalto-caucho. (Presti, 2013)

Los Requisitos del plan de control de calidad del Aglutinante AR (Asfalto-Caucho) son:

- Establezca las proporciones de mezcla adecuadas para cumplir con las especificaciones del aglutinante AR.
- Establecer el tiempo mínimo de reacción de la mezcla.
- Establecer requisitos de automatización para la mezcla de campo.
- Establecer protocolo para el control de campo del ligante AR.
- Establezca la frecuencia de las pruebas requeridas para el campo y las muestras enviadas al laboratorio para cumplir con las especificaciones
- Requerir que se retenga una muestra de un galón por cada lote o lote producido
- Establecer requisitos mínimos para el registro y la impresión de dosificaciones y mezclas.
- Establecer protocolo para el incumplimiento de la mezcla AR.

En síntesis, el proceso para la obtención de RTR-MB constara de: recolección de NFU, obtención de GCR, obtención de RTR-BM mediante el tanque móvil que permite combinar el caucho con betún o de la modificación de la planta ya existente y del equipo para la puesta de RTR-BM in situ.

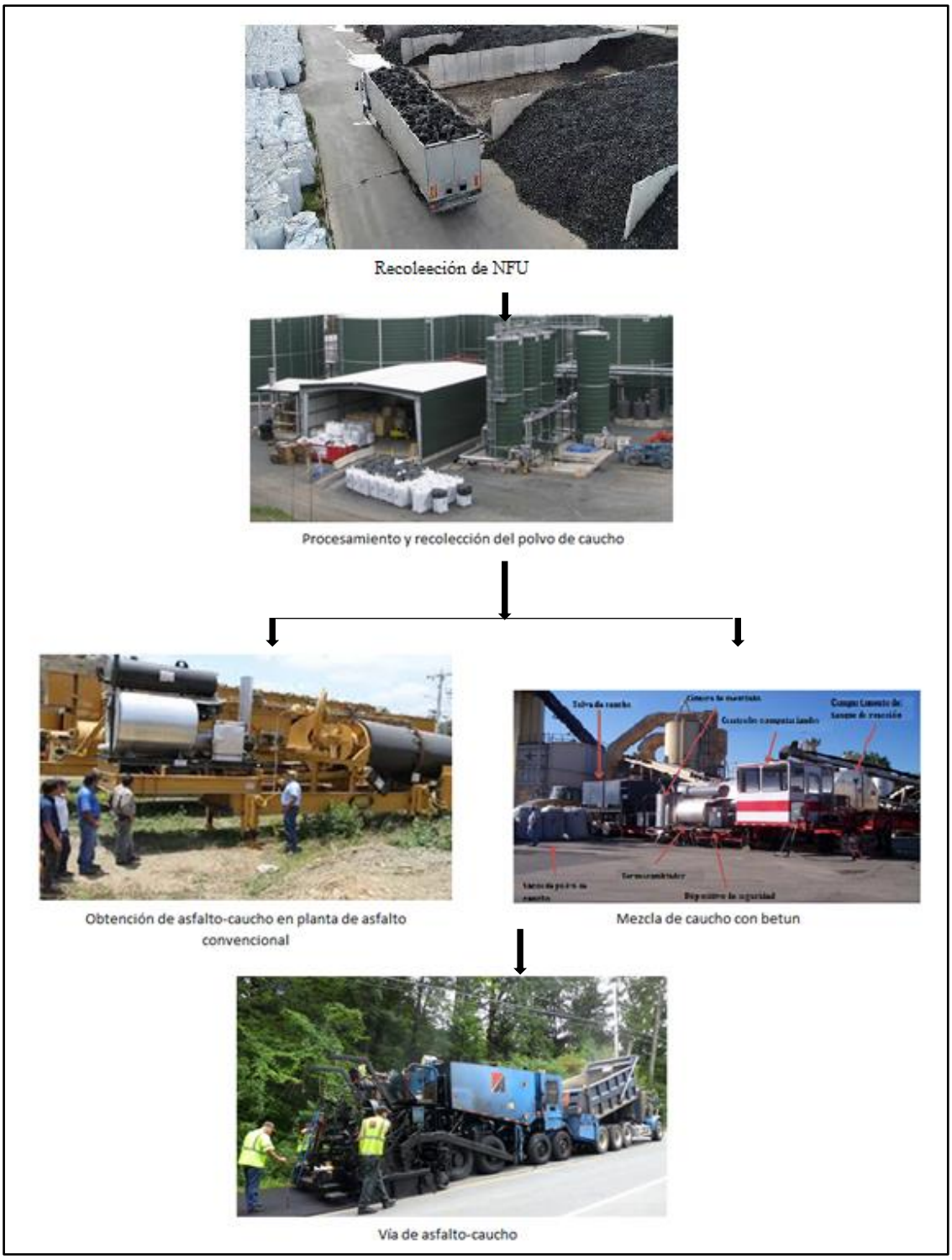


Figura 5.14 Planta de obtención asfalto-caucho
Fuente: (Presti, 2013)

CONCLUSIONES

- Los NFU representan varios problemas debido a su resistente composición; ya que pueden constituir fuentes de contaminación al convertirse en refugio de animales o en un grave problema medioambiental al ser eliminados por combustión (adelgazamiento de la capa de ozono, calentamiento atmosférico y lluvia ácida). Una de las mayores problemáticas para la salud es que el 70 % de los componentes eliminados en la quema de NFU son carcinógenos o muta génicos.

- En la ciudad de Loja no se cuenta con un proceso integral para el destino final de NFU, las formas de reciclaje más comunes a nivel local son: reencauchado, artesanías y uso en canchas, estas tecnologías poseen un pequeño mercado que aún no ha conseguido convertirse en una industria que reduzca los NFU a un nivel plausible. A nivel internacional existen una gran variedad de métodos de reciclaje, algunos muy antiguos como el RTR-MB y otros aun nuevos como el uso de NFU en combustibles, todos estos proyectos involucran gran variedad de tecnologías de procesamiento muy ampliadas y disponibles en el mercado, sin embargo no todas las formas de reciclaje aseguran un procedimiento ecológico.

- La demanda actual de infraestructura vial representa el 85 % debido al mal estado de las carreteras, por lo que el reciclaje de NFU en este sector representaría un mercado muy competente. Solo la mejora del 50% de la red vial significaría la mitigación de más del 82% de los neumáticos generados en 6 años en el cantón Loja

- La implementación de una planta de asfalto-caucho permitiría la rehabilitación de vías y el reciclaje ecológico de NFU; no solo por la necesidad y apertura del mercado; sino por la variedad de beneficios que ofrece, desde instaurar un método ecológico para reducir los neumáticos de desecho hasta proveer un rendimiento rentable a largo plazo y con un crecimiento sostenible del mercado.

- De acuerdo al flujo de caja, que se muestra en este trabajo para la planta de obtención de gránulo de caucho, la inversión inicial que sería de 742724,93 USD, se amortizará en un año y cuatro meses de funcionamiento de la planta; además los indicadores de rentabilidad utilizados para determinar la viabilidad financiera del proyecto permiten deducir que la planta de producción es rentable, ya que se obtiene un VAN (Valor actual Neto) positivo de 2852749,53 y un TIR (Tasa interna de Retorno) de 89 %, superior al porcentaje que se obtendría que si se invirtiera en la banca privada.

RECOMENDACIONES

- Se exhorta a regularizar y mejorar las leyes implementadas para el manejo de NFU, de modo que se cumplan a cabalidad y constituyan un soporte al desarrollo de la industria del reciclaje; en especial como incentivo a las pequeñas empresas (artesanos y particulares) que empiezan emprender en los diversos campos del reciclaje de NFU.

- Que las empresas privadas encargadas de proyectos de infraestructura vial, contribuyan a largo plazo con la incorporación de esta tecnología ecológica (RTR-MB) en sus plantas de manera que se consolide el compromiso del cuidado al medio ambiente a través del reciclaje de NFU.

- Se aconseja crear un plan de manejo previo a la instauración de cualquier tecnología de reciclaje, el mismo debe involucrar un sondeo del mercado, estudio de rentabilidad, beneficios, infraestructura, permisos y costos.

- Se deben establecer planes individuales para el tratado de los desechos provenientes de NFU como metal, textil, llantas en buen estado y miga de caucho; ya que representan la apertura de nuevos mercados que contribuirán a la mitigación de NFU.

BIBLIOGRAFÍA

Actualidad Motor. (18 de Enero de 2012). *Neumáticos Radiales*. Recuperado el 20 de Octubre de 2018, de Espacio Ford: https://www.actualidadmotor.com/que-son-los-neumaticos-radiales/

ADOT. (2008). *Arizona's Use of Asphalt-Rubber*. Obtenido de https://www.borderlegislators.org/pdfs/Publications/DRAFT%20Executive%20Summary%20on%20Arizonas%20Use%20of%20Rubberized%20Asphalt.pdf

AEADE. (2017). *Anuario 2017*. Recuperado el 01 de Enero de 2019, de Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador: http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2018/04/anuario%202017%20final%20web.pdf?fbclid=IwAR0a5NVdamBVX5e1n1ntcd3DmBpNob2Pnt3DZjqrvkuwAALyjvlaNfMhK38

Alibaba.com. (s.f.). *Máquina de granulación*. Recuperado el 20 de 10 de 2018, de Alibaba.com: https://spanish.alibaba.com/product-detail/granulation-machine-for-waste-tyre-recycle-to-produce-rubber-granule-tire-granulator-336852775.html

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. (Mayo de 2013). *Standard Specification for Asphalt-Rubber Binder*. Recuperado el 10 de Octubre de 2018, de http://www.asphaltrubberitalia.com/wp-content/uploads/2013/05/Standard-Specification-for-Asphalt-Rubber-Binder.pdf

Angulo, R., & Duarte, J. (Agosto de 2005). *MODIFICACIÓN DE UN ASFALTO CON CAUCHO RECICLADO DE LLANTA PARA SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2018, de ACADEMIA: http://www.academia.edu/14221736/MODIFICACI%C3%93N_DE_UN_ASFALTO_CON_CAUCHO_RECICLADO_DE_LLANTA_PARA_SU_APLICACI%C3%93N_EN_PAVIMENTOS

Barón Zambrano, J. R., & Sánchez Peña, L. (2014). *VIABILIDAD DE MUROS DE LLANTAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN EL BARRIO LA CAPILLA – SOACHA CUNDINAMARCA*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2018, de https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1773/1/PROYECTO%20DE%20GRADO.pdf

Bynary Earth. (09 de Noviembre de 2018). *Handy GPS*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2018, de http://descargar.cnet.com/Handy-GPS-free/3000-20426_4-77364512.html

Cano, E., Cerezo, L., & Urbina, M. (2006). *Valorización material y energética de neumáticos fuera de uso.* Recuperado el 19 de Noviembre de 2018, de Biblioteca Virtua de la Consejería de Educación de la Comunidad de Mdrid: http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM001755.pdf

Canteras el Cerro. (s.f.). *Carreteras ecológicas asfalto y neumáticos reciclados*. Recuperado el 20 de Octubre de 2018, de Canteras el Cerro: http://www.canteraselcerro.com/carreteras-ecologicas-asfalto-y-neumaticos-reciclados/

Cardenas, A. (02 de Noviembre de 2006). *Las Clase de Metodos de la Investigación*. Recuperado el 12 de Octubre de 2016, de Investigación Científica: http://alexcardenas.blogspot.com/2006/11/las-clases-de-metodos-de-investigacion.html

Cardona Gómez, L., & Sanchez Montoya, L. M. (2011). *Aprovechamiento de llantas usadas para la fabricación de pisos decorativos.* Recuperado el 22 de Octubre de 2018, de https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/375/Aprovechamiento%20de%20llantas%20usadas%20para%20la%20fabricaci%C3%B3n%20de%20pisos%20decorativos.pdf?sequence=1

Carrillo, K., & Córdova, S. (Enero de 2012). *Propuesta de gestión de llantas usadas en el cantón Rumiñahui.* Recuperado el 20 de Octubre de 2018, de http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4432/1/CD-4046.pdf

Castro, G. (Diciembre de 2007). *Reutilización, Reciclado y Disposición final de neumáticos.* Recuperado el 20 de Octubre de 2018, de Departamento de Ingeniería Mecánica FIUBA: http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Reutilizacion_Reciclado_y_Disposicion_final_de_Neumatico.pdf

Castro, G. (2008). *Materiales y compuestos para la industria del neumático.* Recuperado el 19 de Noviembre de 2018, de Departamento De Ingienería Mecánica F.I.U.B.A: http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Materiales_y_Compuestos_para_la_Industria_del_Neumatico.pdf

Chapo, A. (2006). *Reciclaje de Neumáticos*. Recuperado el 15 de Octubre de 2016, de El Rincón del Vago: http://html.rincondelvago.com/reciclaje-de-neumaticos.html

CONAE. (s.f.). *MANUAL DE INFORMACIÓN TÉCNICA DE NEUMÁTICOS.* Recuperado el 19 de Noviembre de 2018, de http://www.fivi.cat/archibos_fivi/manual_llantas.pdf

Contreras, K., & Delgado, A. (2017). *ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO BASADO EN EL CICLO DE VIDA ÚTIL DE.* Recuperado el Octubre de Agosto de 2018, de https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/100265/D-CD70225.pdf

Cruz, B. d. (2014). *Diseño, construcción y puesta en marcha de una planta de reciclado de neumáticos para su uso en hormigones y morteros.* España.

CYPE Ingenieros; S.A. (s.f.). *Software para arquitectura, ingeniería y construcción*. Recuperado el 10 de Enero de 2019, de Generador de Precios Ecuador: http://www.ecuador.generadordeprecios.info/obra_nueva/Fachadas_y_particiones/Mamposteria_estructural/Muros_de_mamposteria_reforzada/FEA020_Muro_de_mamposteria_reforzada__de_b.html

David G., M. (31 de Enero de 2015). *Google Earth Pro*. Recuperado el 21 de Diciembre de 2018, de https://www.tuexperto.com/2015/01/31/google-earth-pro-ya-esta-disponible-de-forma-gratuita-para-todos/

Diaz, D. (2016). *Recreoviral*. Recuperado el 04 de Diciembre de 2018, de 20 ideas y formas creativas para reciclar neumáticos y llantas usadas: https://www.recreoviral.com/creatividad/ideas-reciclar-neumaticos-llantas/

EAFIT, U. (s.f.). *Reencauche de llantas*. Obtenido de http://espanol.upiu.com/view/post/1243550094282/

EBM. (11 de Julio de 2002). *Beneficios y Apliacaciones del Reciclaje de Neumáticos*. (Publidisseny, Editor) Recuperado el 14 de Octubre de 2016, de En Buenas Manos: http://www.enbuenasmanos.com/reciclaje-de-neumaticos

Eco Green Equipment. (2018). *Manejo de Materiales*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2018, de http://ecogreenequipment.com/es/equipcat/manejo-de-materiales/

Eco Green Equipment. (2018). *Ralladores*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2018, de http://ecogreenequipment.com/es/equip/eco-gr-101-109-250-m/

Eco Green Equipment. (s.f.). *Equipo de reciclaje de neumáticos industriales y trituradoras*. Recuperado el 20 de 10 de 2018, de http://ecogreenequipment.com/es/equip/eco-ts-120-75-100-m/

Eco Green Equipment. (s.f.). *IMANES - EQUIPOS DE SEPARACIÓN*. Recuperado el 12 de Dicimebre de 2018, de Equipos Industriales para el Reciclaje de Neumáticos: http://ecogreenequipment.com/es/equip/magnents/

El Telégrafo. (12 de Diciembre de 2018). *Recolección de NFU*. Recuperado el 2019 de 02 de 06, de https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/ecuador-neumaticos-ambiente?fbclid=IwAR2UTgM8oBahjO8OOysxI2HpkGa0PnRRPvq7SkFk2QoVdkUaXf7Ml4WSXFQ

El Universal. (19 de Noviembre de 2009). *Contaminación con llantas viejas*. Recuperado el 19 de Noviembre de 2018, de http://www.eluniversal.com.co/sincelejo/local/contaminacion-con-llantas-viejas

El Universo. (23 de Enero de 2016). *Las llantas se reinventan con reciclaje*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2018, de Economía: https://www.eluniverso.com/noticias/2016/01/23/nota/5360908/llantas-se-reinventan-reciclaje

Erazo, D. (2009). *EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y*. Recuperado el 28 de Octubre de 2018, de http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1483/3/Tesis.pdf

Escuela Primaria Emmanuel. (Agosto de 2010). *Guía de la Construcción del muro de contención, con llantas usadas.* Recuperado el 20 de Octubre de 2018, de https://www.jica.go.jp/project/all_c_america/001/materials/pdf/manual_01.pdf

Federal Highway Administration. (1994). *The Use of Recycled Materials in Highway Construction.* Obtenido de https://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/94fall/p94au32.cfm

Fernandez, A. (Junio de 2016). *RECONOCIMIENTO IN SITU DE LOS DIFERENTES TIPOS DE PAVIMENTOS POR SIMPLE INSPECCIÓN.* Recuperado el 20 de Octubre de 2018, de http://www.academia.edu/27760490/RECONOCIMIENTO_DE_LOS_TIPOS_DE_PAVIMENTO

GARCIA, S. (2009). *Ingenieria del Mantenimiento.* Madrid - España: Renovete.

GOACEN. (2015). *ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL EX POST Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.* Recuperado el 29 de Enero de 2019, de OPERACIÓN MANTENIMIENTO Y CIERRE DE LA PLANTA GODOY ACEITE Y ENERGÍA GOACEN CIA.LTDA: https://maeloja.files.wordpress.com/2015/11/eia-borrador.pdf

Gonzaga, M. (2012). *Proyecto URA-AL primera parte.* Septiembre.

GRIN, A. (2017). *Sistema de Gestiòn y Reciclaje de Neumaticos usados en el Ecuador.*

Guillermo, C. (2008). Materiales y compuestos para la industria del neumático. Departamento de Ingeniería Mecánica FIUBA. Buenos Aires,.

Hellas. (2011). *HELLAS OFFERS A FAST TRACK, LITERALLY*. Recuperado el 2018 de Diciembre de 2018, de Epiq Tracks: http://www.hellasconstruction.com/Products/Track/

Hernandez, C. (2014). *Muro de Contención con neumáticos.* Recuperado el 17 de Octubre de 2018, de https://www.pinterest.com/pin/546694842245861604/

INEC. (2017). *Estadisticas de Transporte*. Recuperado el 10 de Enero de 2019, de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-de-transporte-2016/

Interempresas. (06 de Junio de 2013). *De neumático a combustible y energía eléctrica*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2018, de http://www.interempresas.net/Automocion/Articulos/110209-De-neumatico-a-combustible-y-energia-electrica.html

Jaramillo Sangurima, W. E. (21 de Julio de 2016). *Movilidad Urbana en la ciudad de Loja* . Recuperado el 21 de Diciembre de 2018, de ISSUU: https://issuu.com/wilsoneduardojaramillosangurima/docs/movilidad_loja

Kahl. (s.f.). *Plantas de reciclaje para NFU.* Recuperado el 20 de Octubre de 2010, de https://www.akahl.de/fileadmin/media/akahl/downloads/Prospekte/Prospekte_spanisch/AK36-Altreifen-12s.pdf

KIA. (2018). *KIA Soul EV*. Obtenido de https://www.electrocoches.eu/marcas/kia/soul-ev/

Líderes. (10 de Julio de 2018). *Un grupo de empresas que recicla llantas*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2018, de Redaccioón Quito: https://www.revistalideres.ec/lideres/grupo-empresas-recicla-llantas-estrategias.html

López Cózar, J. M. (14 de Marzo de 2017). *Neumáticos en Verde*. Recuperado el 04 de Diciembre de 2018, de ¿Por qué el caucho es tan importante en un campo de fútbol de césped artificial?: http://blog.signus.es/importancia-caucho-cesped-artificial/

MAE. (2015). *Instructivo para la gestión Integral de neumáticos usados.*

Méndez A., C. E. (2003). *Metodología- Diseño y desarrollo del proceso de investigación.* Colombia: McGrawHill.

NEUMATICOS. (s.f.). Obtenido de http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/residuos/guia_llantas.pdf

Muro de Llantas. (01 de Octubre de 2014). Recuperado el 20 de Octubre de 2018, de TARINGA: https://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/18167565/Muro-de-Llantas-Goma---Facil-Rapido-y-Economico.html

Olbur, A. (Abril de 2014). *Repurpose Waste Tires For Rubberized Pavement and Pothole Repairs.* Obtenido de https://nerc.org/documents/conferences_presentations/Fall%202014%20Conference%20Presentations/Allan%20Olbur%20Presentation_%20Repurpose%20Waste%20Tires%20for%20Rubberized%20Pavement%20and%20Pothole%20Repairs.pdf

Presti, D. L. (29 de Septiembre de 2013). *Recycled Tyre Rubber Modified Bitumens for road asphalt mixtures.* Recuperado el 2018 de Octubre de 10, de Science Direct: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061813008477

Publi Camión. (11 de Julio de 2016). *El reencauche de llantas, un tema de ahorro y ecología*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2018, de Revista de Camiones: https://publicamion.com/index.php/noticias/ecologia/61-el-reencauche-de-llantas-un-tema-de-ahorro-y-ecologia

Quispe, R. (11 de Agosto de 2013). *El mundo de los neumáticos.* Recuperado el 20 de Octubre de 2018, de https://es.scribd.com/document/159583929/El-mundo-de-los-neumaticos

Reisman, J. I. (Noviembre de 1997). *Air Emissions from Scrap Tire Combustion.* Recuperado el 20 de Noviembre de 2018, de EPA: http://www.greenpeaceticino.ch/documenti/pdf/aria_traffico/tiresfire.pdf

Residuos Profesional. (20 de Diciembre de 2016). *NEUMÁTICOS RECICLADOS COMO PISTAS DE ATLETISMO*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2018, de https://www.residuosprofesional.com/neumaticos-reciclados-pistas-atletismo/

SEGINUS. (2018). Recuperado el 21 de Diciembre de 2018, de https://seginus.com.ec/

Shandong. (2018). Recuperado el 10 de Diciembre de 2018, de Mejor tecnologia de Protección Ambiental: https://sdbetter.en.made-in-china.com/product/fXOEnoGrVtYM/China-Textile-Water-Treatment-of-Dissolved-Air-Floatation-Daf.html

Tonda, M. (2007). *Asfaltos Modificados con Polímeros.* Recuperado el 10 de Octubre de 2018, de monografias.com: https://www.monografias.com/trabajos15/asfaltos-modificados/asfaltos-modificados.shtml?fbclid=IwAR2v-3yG5v_-XZYqC9chMpHDyUDuZNmg_EB0rXCTkUQ5oN_Q1RzR2RYpypE

Way, G., Kaloush, K., & Prapoorna, K. (17 de Octubre de 2001). *Asphalt - Rubber Standar Practice Guide.* Recuperado el 10 de Octubre de 2018, de Rubber Pavements Association: http://www.rubberpavements.org/Library_Information/AR_Std_Practice_Guide_20111221.pdf

Wikipedia. (2017). *Neumático*. Recuperado el 19 de Noviembre de 2018, de https://es.wikipedia.org/wiki/Neum%C3%A1tico#cite_note-5

Wikipedia. (2018). *Google Earth*. Recuperado el 21 de Diciembre de 2018, de https://es.wikipedia.org/wiki/Google_Earth

Wikipedia. (2018). *Google Maps*. Recuperado el 21 de Diciembre de 2018, de https://es.wikipedia.org/wiki/Google_Maps

Wikipedia. (s.f.). *Loja (Ecuador)*. Recuperado el 19 de Octubre de 2018, de https://es.wikipedia.org/wiki/Loja_(Ecuador)

XTHRA Tyres. (2011). *Neumáticos para Camiones y Autobuse*. Recuperado el 01 de Enero de 2019, de http://www.xthra.com/es/xthra_neumaticos_llantas_de_carga_transporte_es.htm

ANEXOS

ANEXO 1: Centros de acopio de NFU de la Ciudad

PLAN DE MANEJO DE NFU PROCEDENTES DE LOS VEHÍCULOS DE LA CIUDAD DE LOJA

Razón Social	Nombre de Establecimiento	Dirección	Coordenada X (longitud)	Coordenada Y (latitud)
Distribuidora	Loja Llanta	Av. 8 de Diciembre	698835	9561104
Distribuidora	Dura Llanta	Av. 8 de Diciembre	698743	9561187
Vulcanizadora	S/N	Av. 8 de Diciembre	698720	9561194
Vulcanizadora	León	Av. 8 de Diciembre	698470	9561462
Vulcanizadora	S/N	Av. 8 de Diciembre	698094	9562002
Vulcanizadora	S/N	Av. 8 de Diciembre	697697	9562355
Vulcanizadora	Don Mario	Calle: Eduardo Mora Moreno	697985	9560678
Distribuidora	Sport Llantas	Av. Pablo Palacios	697890	9560680
Vulcanizadora	S/N	Av. Pablo Palacios	697855	9560668
Vulcanizadora	S/N	Av. Buenaventura	697530	9560711
Distribuidora	Auto EESA	Av. 8 de Diciembre	699112	9560784
Distribuidora	Llantas Carlitos	Av. 8 de Diciembre	699240	9560523
Tecnicentro	Carlitos	Av. 8 de Diciembre	699266	9560466

Tecnicentro	Guillermo Rojas	Av. José Coronel Illescas	700262	9559193

Distribuidora	Mavillanta	Av. Cuxibamba	699174	9559349
Importadora	Lavacor	Av. Cuxibamba	699173	9559323
Distribuidora	Autopartes J.E	Calle Ibarra	699303	9559311
Distribuidora	Para Camiones Loja	Av. Cuxibamba	699238	9559050
Importadora	Subateria	Av. Cuxibamba	699240	9559024
Distribuidora	Auto Shopping	José Félix de Valdivieso	699361	9558492
Distribuidora	Dencar	Calle Lauro Guerrero	699145	9558090
Distribuidora	Gut Tire	Calle Lauro Guerrero	699145	9558117
Tecnicentro	Alincar	Los Ahorcados	699046	9558288
Distribuidora	Job`s Car	Av. Manuel Carrión Pinzano	698734	9558537
Vulcanizadora	Cuenca	Calle Mercadillo	698898	9557474
Vulcanizadora	Sucunuta	Av. Pío Jaramillo Alvarado	699069	9557170
Vulcanizadora	s/n	Av. Pío Jaramillo Alvarado	699215	9556932
Vulcanizadora	s/n	Av. Pío Jaramillo Alvarado	699262	9556831

Vulcanizadora	M&T	Av. Isidro Ayora	697819	9559986
Vulcanizadora	S/N	Av. Isidro Ayora	697501	9560030
Vulcanizadora	S/N	Av. Isidro Ayora	696392	9560039
Distribuidora	Llantas Mateo	La Habana	697402	9559984
Vulcanizadora	Pillaro	La Habana	697470	9559954
Distribuidora	Eco Llanta	Av. Isidro Ayora	699567	9560236
Tecnicentro	Silver Stone	AV. Nueva Loja	699528	9560129
Distribuidora	Good Years	AV. Orillas del Zamora	699541	9560048
Distribuidora	Credi Llanta MC.		699709	9560284
Tecnicentro	Car One	Av. 8 de Diciembre	699350	9559718
Tecnicentro	Servi Gruas Loja	Calle Guayaquil	699381	9559749
Vulcanizadora	Moden Car	AV. Orillas del Zamora	699558	9559673
Vulcanizadora	Silva	AV. Orillas del Zamora	699558	9559639
Distribuidora	C y R	AV. Orillas del Zamora	699174	9559392

Tecnicentro	M&M	Av. Pío Jaramillo Alvarado	699289	9556620

Distribuidora	Llantas Pollito	Av. Pío Jaramillo Alvarado	699315	9556610
Vulcanizadora	Auto Servicio del Sur	Av. Universitaria	699404	9557060
Vulcanizadora	Angel	Av. Manuel AgustÍn Aguirre	699383	9556924
Distribuidora	NDS Llantas	Calle Gonzanamá	699530	9556828
Vulcanizadora	S/N	Av. Manuel AgustÍn Aguirre	699493	9556000
Vulcanizadora	S/N	Calle Manuel Zambrano	699355	9556821
Distribuidora	CR Neumáticos	Calle Juan de Salinas	699752	9558618
Tecnicentro	Maxi Express	Calle Clodoveo Carrión	699772	9558524
Vulcanizadora	El Churón	Calle Copérnico	699506	9555276
Tecnicentro	Izquierdo	Av. Eugenio Espejo	698383	9557608
Tecnicentro	Lubrimatic	Calle Jaime Roldos Aguilera	698981	9561012
Vulcanizadora	S/N	Calle Jaime Roldos Aguilera	699123	9561196
Tecnicentro	Ortiz	Av. Oriental de Paso	699841	9560146

ANEXO 2: LEGISLACIÓN VIGENTE PARA EL MANEJO DE NFU

El 19 de abril de 2013 el Ministerio del Ambiente, expide el "Instructivo para la Gestión Integral de Neumáticos Usados", en la Sección I, Objeto y Ámbito en el Art. 1 Objeto dice: "El presente instructivo tiene por objeto establecer los requisitos, procedimientos y especificaciones ambientales para la elaboración, aplicación y control del Plan de Gestión Integral de los Neumáticos Usados, a fin de aumentar la reducción, reutilización, reciclaje y otras formas de valorización, con la finalidad de proteger el ambiente".

El **Art. 2** Ámbito de aplicación.- Se hallan sujetos al cumplimiento y a la aplicación de las disposiciones de este instructivo toda la persona natural y jurídica, pública o privada, nacional o extranjera, que dentro del territorio nacional participan en la fabricación/importación de neumáticos, siendo la comercialización, distribución y uso final corresponsables de la implementación y ejecución de los Planes de Gestión Integral de Neumáticos Usados.

Estas actividades se ejecutarán de conformidad con lo que establezca el Plan de Gestión Integral de Neumáticos Usados.

Art. 3.- Los neumáticos usados son considerados desechos especiales según el Acuerdo Ministerial Nº. 142 de 11 de octubre de 2012, publicado en el Registro Oficial Nº. 856 de 21 de diciembre de 2012. Para efectos de cumplimiento de este instructivo se considerará lo descrito en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN Nº. 2096 Neumáticos, Definición y Clasificación.

Art. 8.- El Plan de Gestión Integral de Neumáticos Usados deberá contener los procedimientos, actividades y acciones necesarias de carácter técnico, administrativo y económico. En el Plan se debe de describir la cadena de comercialización, los mecanismos de comunicación, recolección, devolución, acopio, transporte, tratamiento, disposición final y la exportación en los casos que aplique, para garantizar un manejo ambientalmente seguro de los desechos.

Art. 9.- El Plan de Gestión Integral de Manejo de Neumáticos Usados definirá las estrategias de incentivos para lograr la mayor devolución por parte del usuario final y cumplir con las metas de recolección fijadas en la primera disposición transitoria del presente Acuerdo, (El Acuerdo hace relación a metas graduales de recolección, partiendo el primer

año con una meta mínima de 20% del total del tipo de neumáticos puestos en el mercado y con un incremento anual de un10% hasta alcanzar un desarrollo total del plan, como mínimo de un 85% de los neumáticos ingresados al mercado).

Del usuario final de neumáticos.

Art. 19.- Son responsabilidades y obligaciones del usuario final de neumáticos las siguientes:

1. Retornar los neumáticos usados al centro de servicio, distribuidor y/o centro de acopio autorizado, según el procedimiento que se especifique en el plan de gestión integral.
2. Cumplir con las instrucciones de manejo seguro de neumáticos establecido por los fabricantes e importadores.

Art. 21.- Son responsabilidades y obligaciones del Estado a través de las Instituciones de la administración pública, empresas públicas y gobiernos autónomos descentralizados las siguientes:

1. Promover la compra y utilización de materiales reutilizables, reciclables, biodegradables y valorizables, así como de productos fabricados con material reciclado bajo procesos que cumplan las especificaciones técnicas exigidas por la Autoridad Ambiental aplicable y la Norma Técnica Ecuatoriana INEN.
2. Entregar los neumáticos usados de propiedad de cualquier Institución del Estado, solo a gestores autorizados por la Autoridad Ambiental Nacional.
3. General políticas de calidad que disminuyan la generación de neumáticos usados, mediante la aplicación de normativa técnica.
4. Desarrollar normativa técnica que incluya el uso de los materiales de los neumáticos usados.

Se cuenta con la legislación emitida por el Ministerio del Ambiente, pero a nivel local el Municipio de Loja no cuenta con la Ordenanza respectiva para la cadena de comercialización, los mecanismos de comunicación, recolección, devolución, acopio, transporte, tratamiento, disposición final y la exportación de los Neumáticos Fuera de Uso.

ANEXO 3: Generalidades del Asfalto

Asfalto

El asfalto, también denominado betún, es un material viscoso, pegajoso y de color gris oscuro. Se utiliza mezclado con arena o gravilla para pavimentar caminos y como revestimiento impermeabilizante de muros y tejados. En las mezclas asfálticas se usa como aglomerante para la construcción de carreteras, autovías y autopistas. Está presente en el petróleo crudo y compuesto casi por completo de betún.

El asfalto es un material de particular interés para el ingeniero porque es un aglomerante resistente, muy adhesivo, altamente impermeable y duradero. Es una sustancia plástica que da flexibilidad controlable a las mezclas de áridos con las que se combina usualmente. Además, es altamente resistente a la mayor parte de los ácidos, álcalis y sales. Aunque es una sustancia solida o semisólida a temperaturas atmosféricas ordinarias, puede licuarse fácilmente por la aplicación al calor, por la acción de disolventes de volatilidad variable o por emulsificación. (Velázquez, 1977).

Clasificación del Asfalto de acuerdo a la Temperatura de la Mezcla en la Puesta en Obra

Existen dos formas de mezcla asfáltica: en caliente y frio,

Mezclas Asfálticas en Frío

El ligante es una emulsión asfáltica (aunque en algunos lugares se usan los asfaltos fluidificados), y la puesta en obra se realiza a temperatura ambiente.

Mezclas asfálticas en caliente.

Fabricadas con asfaltos a temperaturas elevadas, en el rango de los 150 grados centígrados, según la viscosidad del ligante, se calientan también los agregados, para que el asfalto no se enfríe al entrar en contacto con ellos. La puesta en obra se realiza a temperaturas muy superiores a la ambiente, pues en caso contrario, estos materiales no pueden extenderse y menos aún compactarse adecuadamente.

En una mezcla asfáltica en caliente de pavimentación, el asfalto y el agregado son combinados en proporciones exactas: Las proporciones relativas de estos materiales determinan las propiedades físicas de la mezcla y, eventualmente, el desempeño de la misma como pavimento terminado. Existen dos métodos de diseño comúnmente utilizados para determinar las proporciones apropiadas de asfalto y agregado en una mezcla. Ellos son el método Marshall y el Método Hveem.

La selección y uso de cualquiera de estos métodos de diseño de mezclas es, principalmente, asuntos de gustos en ingeniería, debido a que cada método contiene características y ventajas singulares. Cualquier método pude ser usado con resultados satisfactorios.

Contenido del Asfalto

La proporción de asfalto en la mezcla es importante y debe ser determinada exactamente en el laboratorio, y luego controlada con precisión en la obra. El contenido de asfalto de una mezcla particular se establece usando los criterios dictados por el método de diseño seleccionado. El contenido óptimo de asfalto de una mezcla depende, en gran parte, de las características del agregado tales como la granulometría y la capacidad de absorción. La granulometría del agregado está directamente relacionada con el contenido óptimo del asfalto. Entre más finos contenga la graduación de la mezcla, mayor será el área superficial total, y, mayor será la cantidad de asfalto requerida para cubrir, uniformemente, todas las partículas. Por otro lado las mezclas más gruesas (agregados más grandes) exigen menos asfalto debido a que poseen menos área superficial total.

Proporción de Materiales usados en planta de Asfalto	
Agregados	
polvo de piedra	57%
piedra quinta	43%
Contenido asfalto	
Porcentaje total sobre mezcla (PTM)	6,15%
Porcentaje total sobre agregado (PTA)	6,53%

Características del Asfalto

Estabilidad. La estabilidad de un asfalto es su capacidad de resistir desplazamientos y deformación bajo las cargas del tránsito. Un pavimento estable es capaz de mantener su forma y lisura bajo cargas repetidas, un pavimento inestable desarrolla ahuellamientos (canales), ondulaciones (corrugación) y otras señas que indican cambios en la mezcla.

Durabilidad. La durabilidad de un pavimento es su habilidad para resistir factores tales como la desintegración del agregado, cambios en las propiedades de asfalto (polimerización y oxidación), y separación de las películas de asfalto. Estos factores pueden ser el resultado de la acción del clima, el tránsito, o una combinación de ambos. Generalmente, la durabilidad de una mezcla puede ser mejorada en tres formas. Estas son: usando la mayor cantidad posible de asfalto, usando una graduación densa de agregado resistente a la separación, y diseñando y compactando la mezcla para obtener la máxima impermeabilidad.

Impermeabilidad. La impermeabilidad de un pavimento es la resistencia al paso de aire y agua hacia su interior, o a través de él. Esta característica está relacionada con el contenido de vacíos de la mezcla compactada, y es así como gran parte de las discusiones sobre vacíos en las secciones de diseño de mezcla se relaciona con impermeabilidad. Aunque el contenido de vacíos es una indicación del paso potencial de aire y agua a través de un pavimento, la naturaleza de estos vacíos es más importante que su cantidad.

Trabajabilidad La trabajabilidad está descrita por la facilidad con que una mezcla de pavimentación puede ser colocada y compactada. Las mezclas que poseen buena trabajabilidad son fáciles de colocar y compactar; aquellas con mala trabajabilidad son difíciles de colocar y compactar. La trabajabilidad puede ser mejorada modificando los parámetros de la mezcla, el tipo de agregado, y/o la granulometría.

Flexibilidad. Es la capacidad de un pavimento asfáltico para acomodarse, sin que se agriete, a movimientos y asentamientos graduales de la subrasante. La flexibilidad es una característica deseable en todo pavimento asfáltico debido a que virtualmente todas las subrasantes se asientan (bajo cargas) o se expanden (por expansión del suelo).

Resistencia a la Fatiga. La resistencia a la fatiga de un pavimento es la resistencia a la flexión repetida bajo las cargas de tránsito. Se ha demostrado, por medio de la investigación, que los vacíos (relacionados con el contenido de asfalto) y la viscosidad del asfalto tienen un efecto considerable sobre la resistencia a la fatiga. A medida que el porcentaje de vacíos en un pavimento aumenta, ya sea por diseño o por falta de compactación, la resistencia a la

fatiga del pavimento. (El periodo de tiempo durante el cual un pavimento en servicio es adecuadamente resistente a la fatiga) disminuye. Así mismo, un pavimento que contiene asfalto que se ha envejecido y endurecido considerablemente tiene menor resistencia a la fatiga.

Resistencia al Deslizamiento Resistencia al deslizamiento es la habilidad de una superficie de pavimento de minimizar el deslizamiento o resbalamiento de las ruedas de los vehículos, particularmente cuando la superficie este mojada. Para obtener buena resistencia al deslizamiento, el neumático debe ser capaz de mantener contacto con las partículas de agregado en vez de rodar sobre una película de agua en la superficie del pavimento (hidroplaneo). La resistencia al deslizamiento se mide en terreno con una rueda normalizada bajo condiciones controladas de humedad en la superficie del pavimento, y a una velocidad de 65 km/hr (40 mi/hr).

Proceso McDonal

La mezcla de McDonald (propuesta en la década de1960) es una mezcla de goma bituminosa producida en un tanque de mezcla mediante la mezcla de goma de miga y betún. Este aglomerante modificado se pasa luego a un tanque de retención, provisto de sinfines para asegurar la circulación, para permitir la reacción de la mezcla durante un período suficiente (generalmente 45–60 min). El aglomerante reaccionado se usa luego para la producción de la mezcla (Fig. 11).

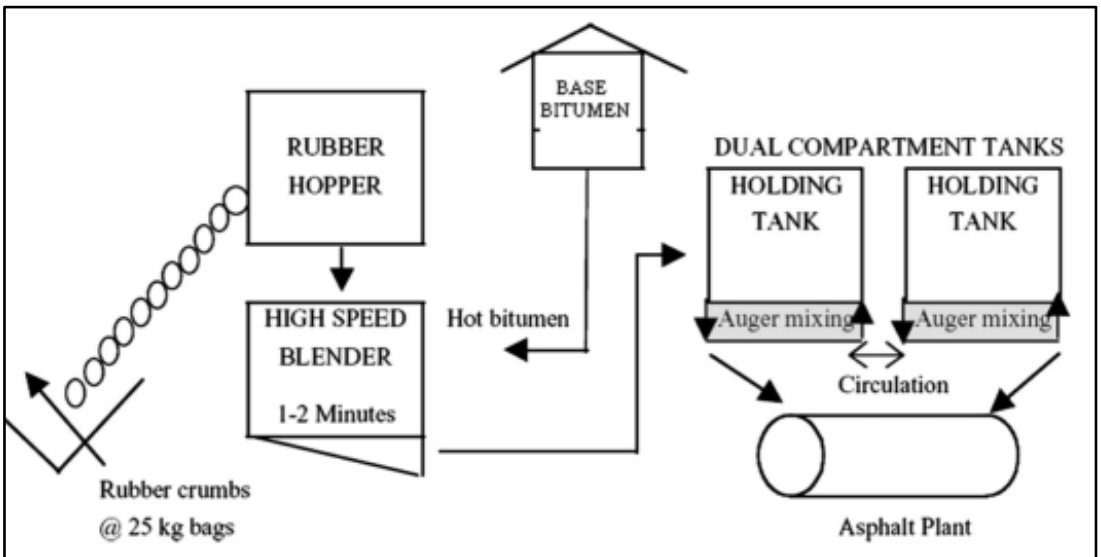


Fig. 11. Schematic diagram of McDonald's wet process.

Requisitos físicos de la mezcla RTR-MB de acuerdo al clima

TABLE 1 Physical Requirements for Asphalt-Rubber Binder

Binder Designation[A]		Type I	Type II	Type III
Apparent Viscosity, 175°C (347°F):cP Modified Test Method D 2196, Method A, (see 5.4)[B,C]	min	1500	1500	1500
	max	5000	5000	5000
Penetration, 25°C (77°F) 100g, 5 s: 1/10 mm (Test Method D 5)	min	25	25	50
	max	75	75	100
Penetration, 4°C (39.2°F),200g, 60 s: 1/10 mm (Test Method D 5)	min	10	15	25
Softening Point: °C (°F) (Test Method D 36)	min	57.2 (135)	54.4 (130)	51.7 (125)
Resilience, 25°C (77°F): % (Test Method D 5329)	min	25	20	10
Flash Point: °C (°F) (Test Method D 93)	min	232.2 (450)	232.2 (450)	232.2 (450)
Thin-Film Oven Test Residue (Test Method D 1754)[D]	....	....	....	....
Penetration Retention, 4°C (39.2°F): % of original (Test Method D 5)	min	75	75	75

[A] See Appendix for recommended climate guidelines for usage.
[B] Either digital or dial reading Brookfield viscometers may be used - record peak measurement.
For LV series models, use spindle 3 at 12 rpm.
For RV and HA series models, use spindle 3 at 20 rpm.
[C] Rion or Haake-type high range rotational viscometers may also be used (with Rotor No. 1) when correlated with Brookfield measurements, as may other rotational viscometers. However Brookfield shall be the referee method.
[D] RTFO Residue (See Test Method D 2872) may be substituted for TFOT Residue, except TFOT shall be the referee method in cases of dispute.

Tipo I: Los ligantes de tipo I suelen incluir cementos de asfalto de base más rígida. Los ligantes de tipo I se recomiendan generalmente para su uso en áreas de clima cálido, definidos como los siguientes:

- La temperatura ambiente máxima mensual promedio es de 43 ° C (110 ° F) o mayor.
- La temperatura ambiente mínima mensual promedio es de -1 ° C (30 ° F) o más.

Tipo II: Los aglutinantes tipo II incluyen típicamente grados más suaves de Cemento asfáltico que los aglutinantes tipo I. En general, se recomienda el uso de los aglomerantes de tipo II en áreas de clima moderado, que se definen de la siguiente manera:

- La temperatura ambiente máxima promedio mensual es de 43 ° C (110 ° F) o inferior.
- La temperatura ambiente mínima mensual promedio es de -9 ° C (15 ° F) o mayor.

Tipo III: Los aglutinantes de tipo III suelen incluir los grados más suaves de los cementos de asfalto disponibles y pueden requerir aditivos suavizantes para lograr las propiedades físicas especificadas. Los aglutinantes tipo III generalmente se recomiendan para uso en áreas de clima frío, definidas como las siguientes:

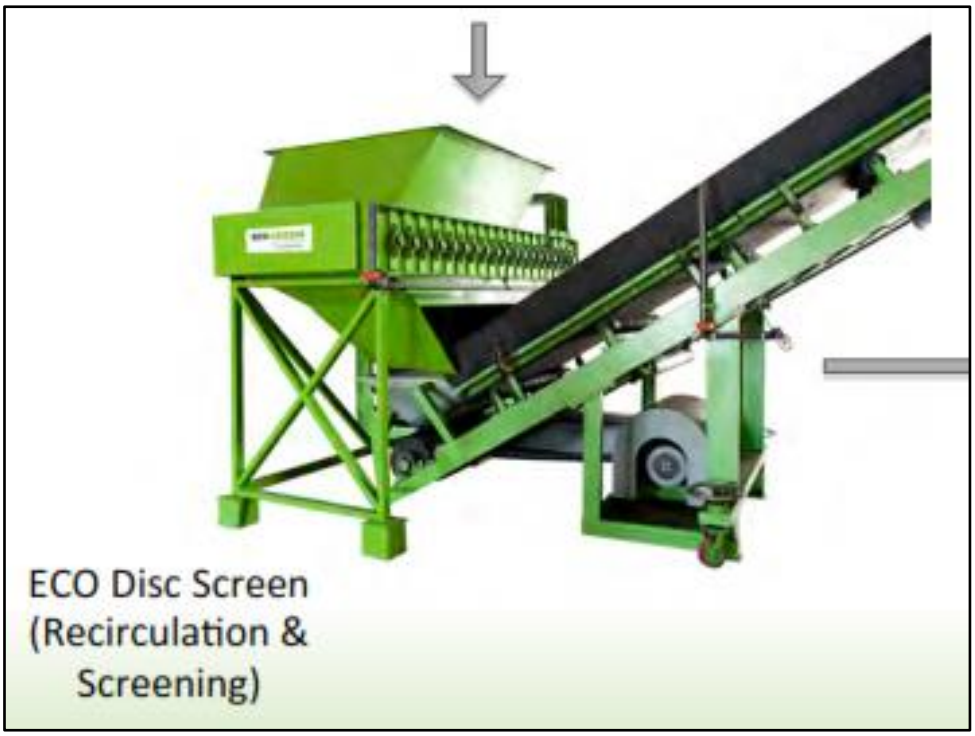
- La temperatura ambiente máxima mensual promedio es de 27 ° C (80 ° F) o más baja.
- La temperatura ambiente mínima promedio de un mes es de -9 ° C (15 ° F) o más baja.

ANEXO 4: Características Técnicas de los Equipos de Trituración de NFU

TRITURADORA PRIMARIA (2 EJES)	
Número de unidades	1
Potencia	150 KW
Voltaje	380 V
MOTOR	2 (3~)
Dimensiones (largo, ancho, alto)	3340x2570x4664mm
Frecuencia	50-60 Hz
Capacidad Máxima	10Ton/hora

TRITURADORA SECUNDARIA	
Número de unidades	1
Potencia	187 KW
Voltaje	380 V
MOTOR	3~
Dimensiones (largo, ancho, alto)	5260x3040x3884mm
Frecuencia	50-60 Hz

SEPARADOR MAGNÉTICO	
Número de unidades	1
Potencia	90 KW
Voltaje	380 V
MOTOR	3~
Dimensiones (largo, ancho, alto)	6050x3578x3897mm
Frecuencia	50-60Hz



SEPARADOR TEXTIL	
Número de unidades	1
Potencia	90 KW
Voltaje	380 V
MOTOR	3~
Dimensiones (largo, ancho, alto)	4250x3142x2599mm
Frecuencia	50-60 Hz

GRANULADORA	
Número de unidades	1
Potencia	225 KW
Voltaje	380 V
MOTOR	3~
Dimensiones (largo, ancho, alto)	4340x2570x4664mm
Frecuencia	50-60 Hz

BANDA TRANSPORTADORA	
Número de unidades	4
Potencia	90 KW
Voltaje	380 V
MOTOR	3~
Dimensiones (largo, ancho, alto)	6654x1500x4664mm
Frecuencia	50-60 Hz

ANEXO 5: Plano de Planta de Obtención de Gránulo de Caucho