



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Programa de Investigación, Estudios Nacionales y  
Servicios del Ambiente.  
PIENSA-UNI**



**SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO Y  
VALORIZACION MATERIAL Y ENERGETICA DEL RESIDUO “NEUMÁTICO  
FUERA DE USO” EN EL MUNICIPIO DE MANAGUA, NICARAGUA.**

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**PRESENTADO POR:**

**SERGIO ENRIQUE ALVAREZ GARCIA**

**PARA OPTAR AL TITULO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
INGENERIA AMBIENTAL.**

**TUTOR:**

**M. Sc. LARISA KORSAK.**

**7 DE SEPTIEMBRE DEL 2017.**

**MANAGUA, NICARAGUA.**

### **Dedicatoria**

Este trabajo de diploma está dedicado muy especialmente a mi Madre **Rosa Marina García Portocarrero**, quien nos enseñó con su ejemplo, la necesidad de superación en todo momento y no dejarse vencer por las vicisitudes que surgen en la vida.

A mi Señora Martha **Lorena Lewis Acosta**, a mis hijas **Isis María** y **Adriana Alejandra** y a mi hijo **Sergio Enrique**, que apenas comienza la vida y que son quienes heredaran este ejemplo.

**Sergio Enrique Álvarez Garcia.**

### **Agradecimientos**

Expreso mi agradecimiento a nuestro creador por habernos hecho a su imagen y semejanza, por dotarnos de la inteligencia y la sabiduría necesaria para adaptarnos y transformar tanto a nivel material como espiritual el mundo que nos rodea, para beneficio mismo de la raza humana.

Así mismo, manifesté mi agradecimiento, a la M.Sc. Larisa Korsak, Tutora de este trabajo de diploma, por sus acertadas orientaciones, necesarias para la exitosa culminación del mismo.

**Sergio Enrique Álvarez Garcia**

**Carta de aprobación**



Universidad Nacional de Ingeniería  
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
Managua, Nicaragua



4 de julio de 2017

MSc. Ing. Luz Violeta Molina G.  
Coordinadora de Maestría en Ciencias Ambientales  
PIENSA

Estimada Coordinadora:

Por este medio hago constar que he revisado minuciosamente el documento final de la tesis titulada “*Selección de alternativas de aprovechamiento y valorización material y energética del residuo “Neumático fuera de uso” en el Municipio de Managua, Nicaragua*” elaborada por Sergio Enrique Álvarez García, estudiante del Ciclo 2010-2011 de Maestría en Ingeniería Ambiental.

El maestrante desarrolló un trabajo de calidad, con adecuado nivel técnico-científico, cumpliendo con todos los lineamientos metodológicos establecidos en la maestría, para optar al título de Maestro en Ingeniería ambiental. Por lo tanto, avalo la finalización de Trabajo de Tesis y le solicito su gestión para la defensa del mismo.

Sin más por el momento, le saludo cordialmente

  
  
MSc. Larisa Korsak  
Tutora del estudio, PIENSA

Cc: Maestrante  
Archivo personal

Telefax Dirección: (505)22781462 • Teléfonos: Área Académica 22705613 y 8866-6702; Atención al Cliente Laboratorios 22701517 y 81527314 ; Coordinación de Laboratorios 8100-0421 • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • pág. Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

## **Resumen**

La presente investigación, se orientó a la selección de alternativas de aprovechamiento y valorización material y energética del residuo “Neumático fuera de uso” en el Municipio de Managua, en el quinquenio comprendido entre el 1 de Enero del 2010 al 31 de Diciembre del 2015. En ella, se estableció que el marco legal ambiental, actualmente en vigencia en el país, en materia de gestión de residuos, no es adecuado para la gestión del residuo NFU y en general su aplicación y cumplimiento son insuficientes para lograr una debida gestión integral de este residuo, tiene múltiples debilidades y carencias. Así mismo se analizó y evaluó la gestión actual del residuo NFU desde el enfoque del ciclo de vida del producto y sus residuos, determinando que esta, es incipiente, insuficiente e inadecuada, que los importadores de neumáticos y demás actores que participan en la cadena de comercialización y uso de neumáticos, no se responsabilizan de la gestión de los residuos NFU. Se cuantificó la generación anual de NFU, siendo que al final del año 2015, alcanzó un total de 1,697, 575 unidades de NFU, que equivalen en peso a 19,329 toneladas anuales, cuyo destino final, hoy se desconoce. Se caracterizaron propiedades físicas, químicas y tecnológicas de los NFU. Se identificaron y se explicaron los mecanismos de contaminación a los compartimientos ambientales – agua, aire, suelo – y las afectaciones a los ecosistemas del Municipio de Managua. Se determinó que en la actual cadena de manejo de los residuos NFU, las actividades relacionadas con el almacenamiento inadecuado, la combustión no controlada y la disposición final inadecuada del residuo, provocan impactos al ambiente y afectaciones a la salud de los pobladores del Municipio de Managua. Estos impactos ambientales, se han valorados de moderadas a leves. Se caracterizaron las tecnologías para el aprovechamiento, valorización material y energética de NFU y se definieron los procesos y productos obtenidos del aprovechamiento y valorización material y energética de NFU.

Con los resultados obtenidos y sus correspondientes análisis, se obtuvo la información básica para la formulación de estrategias ambientales y socio-económicas, seleccionando alternativas tecnológicas de optimización de la gestión integral de este residuo y su aprovechamiento como recurso energético y materia prima para otros productos, en correspondencias con las jerarquías de gestión de residuos, aplicando técnicas de prevención y de minimización de generación de residuos, reciclaje y reutilización de este residuo,

## **Selección de alternativas de aprovechamiento y valorización material y energética del residuo “Neumático fuera de uso” en el Municipio de Managua, Nicaragua**

---

considerado por ahora, como toxico y peligroso, pero que representa un potencial económico para el país.

Se recomendó la organización de un sistema de gestión integral de residuos, basado en la responsabilidad extendida del productor, creando compromisos y distribución de responsabilidades en todos los actores y sectores involucrados en los procesos de gestión, en los que el Estado de Nicaragua, deberá fortalecer el marco legal actual, estructurándolo y definiéndolo con atribuciones y competencias perfectamente definidas y con una fuerza coercitiva para velar por la correcta aplicación y cumplimiento de las normas correspondientes, para lograr un manejo ambientalmente racional de los residuos NFU.

## **Índice**

	<b>Página</b>
<b>Introducción</b>	1
<b>II.- Objetivos</b>	4
2.1 Objetivo General.	4
2.2. Objetivos específicos	4
<b>III.- Marco teórico conceptual</b>	5
3.1. La gestión integral de residuos	5
3.2. Jerarquía de principios en la política de gestión de residuos	6
3.3. Aprovechamiento y valorización	8
3.4. La gestión de residuos desde el enfoque del ciclo de vida del producto	10
3.5. La vigilancia tecnológica	12
3.5.1. Metodologías de la vigilancia tecnológica	12
3.5.2. Herramientas de búsqueda para la vigilancia tecnológica	13
3.6. Criterios de evaluación y selección de alternativas de aprovechamiento y valorización material y energética del residuo NFU	13
3.6.1. Método de los factores ponderados para selección de alternativas	13
3.6.2. Indicadores económicos para la selección de alternativas de aprovechamiento, valorización material y energética del residuo NFU	14
3.7. Características y tipologías de los neumáticos utilizados en Nicaragua	17
3.7.1. Descripción general del material	17
3.7.2. Neumáticos usados	18
3.7.3. Neumáticos recauchutados	19
3.7.4. Neumáticos fuera de uso	19
3.8. Normativas de calidad de neumáticos a nivel nacional e internacional	19
3.9. Sistemas de gestión de NFU desarrollados a nivel internacional	21
3.9.1. Sistemas basados en la responsabilidad extendida del productor	21
3.9.2. Sistemas basados en pago de impuestos específicos	21
3.9.3. Sistemas basados en la regulación libre del propio mercado	21
3.10.- Sistemas de gestión del residuo NFU en la región latinoamericana	24

**Índice**

	<b>Página</b>
<b>IV. Diseño metodológico de la investigación</b>	<b>29</b>
4.1.- Tipo de Investigación	<b>29</b>
4.2.- Universo de estudio de la investigación	<b>30</b>
4.3.- Metodología para la ejecución de la investigación	<b>30</b>
4.3.1.- Métodos y procedimientos para la evaluación del nivel de aplicación y cumplimiento del marco legal ambiental del país regulatorio del residuo NFU y su gestión ambiental integral	<b>31</b>
4.3.2.- Métodos y procedimientos para realizar el diagnóstico de la gestión actual del residuo NFU	<b>32</b>
4.3.2.1.- Métodos y procedimientos para la caracterización de las propiedades físicas, químicas y tecnológicas del residuo NFU	<b>33</b>
4.3.2.2.- Métodos y procedimientos para la cuantificar la generación anual del residuo “neumático fuera de uso” a nivel del Municipio de Managua	<b>33</b>
4.3.2.3.- Métodos y procedimientos para diagnosticar la gestión actual del residuo NFU, desde el enfoque del ciclo del producto	<b>34</b>
4.3.2.4.- Métodos y procedimientos para evaluar los impactos y afectaciones al ambiente y la salud producidos por el residuo NFU en el municipio de Managua.	<b>35</b>
4.3.2.4.1- Efectos de los riesgos ambientales a evaluar	<b>35</b>
4.3.3. Métodos y procedimientos para la caracterización de las tecnologías y definición de aplicaciones utilizadas para el aprovechamiento y la valorización material y energética del residuo NFU	<b>36</b>
4.3.5. Métodos y procedimientos para la evaluación y selección de las alternativas de aprovechamiento, valorización material y energética del residuo NFU, durante su gestión integral en el Municipio de Managua	<b>37</b>
4.4. Trabajo de Gabinete	<b>38</b>
4.5. Trabajo de Campo	<b>38</b>



**Índice**

	<b>Página</b>
<b>V. Análisis y evaluación de la adecuación, aplicación y cumplimiento del marco legal ambiental del país que regula la gestión del residuo NFU, en el Municipio de Managua</b>	<b>40</b>
5.1. Marco legal ambiental del país que regula la gestión del residuo NFU, en el Municipio de Managua, actualmente en vigencia	<b>40</b>
5.2. La ley especial de gestión integral de residuos y desechos sólidos peligrosos y no peligrosos	<b>42</b>
<b>VI. Diagnóstico de la gestión actual del residuo NFU, en el Municipio de Managua</b>	<b>45</b>
6.1. Caracterización de las propiedades físicas, químicas y tecnológicas del residuo NFU	<b>45</b>
6.1.1. Estructura de un neumático	<b>45</b>
6.1.2. Tipos de neumáticos	<b>46</b>
6.1.3. Propiedades químicas	<b>47</b>
6.1.4. Propiedades físicas	<b>52</b>
6.1.5. Propiedades térmicas	<b>52</b>
6.2. Cuantificación de la generación anual del residuo NFU en el Municipio de Managua	<b>53</b>
6.2.1.- Vehículos estándar del Programa HDM-III VOC	<b>53</b>
6.2.2. Rendimiento y vida útil de los neumáticos	<b>54</b>
6.2.3.- Uso anual de los neumáticos en los vehículos	<b>55</b>
6.2.4.- Calculo de la cantidad de NFU generados en el periodo 2010- 2015 en el Municipio de Managua	<b>56</b>
6.3. Análisis y evaluación de la gestión del residuo NFU, en el Municipio de Managua, desde la perspectiva del ciclo de vida del producto	<b>59</b>
6.3.1. Actores y su rol participativo en la gestión del residuo NFU	<b>59</b>
6.3.2. La gestión del residuo NFU en la Ciudad de Managua, desde la perspectiva del ciclo de vida del producto y sus residuos	<b>63</b>

<b>Índice</b>	<b>Página</b>
6.3.2.1. Fabricación/ Importación	63
6.3.2.2. Recolección, transporte y almacenamiento	64
6.3.2.3. Selección y clasificación	65
6.3.2.4. Valorización material	65
6.3.2.5. Valorización energética	67
6.3.2.6. Disposición final de los residuos NFU	67
6.4. Evaluación de los impactos y afectaciones al ambiente y a la salud humana, producidos por el residuo NFU, en el Municipio de Managua	69
6.4.1. Afectaciones al medio ambiente por disposición final inadecuada del residuo “Neumáticos fuera de uso”	69
6.4.2. Afectaciones al medio ambiente generadas por la combustión no controlada de NFU	70
6.4.2.1. Contaminación del aire	71
6.4.2.2. Contaminación del agua	71
6.4.2.3. Contaminación del suelo	72
6.4.3. Afectaciones ambientales a la salud y seguridad de los habitantes del municipio de Managua	72
6.4.4. Identificación y valoración de los impactos ambientales, generados durante la gestión del residuo “neumáticos fuera de uso”, en el Municipio de Managua	73
<b>VII. Caracterización de las tecnologías utilizadas para el aprovechamiento y la valorización material y energética del NFU</b>	<b>75</b>
7.1. Tecnologías fuera de los sistemas de reciclado del material: Recauchutado	77
7.2. Tratamientos mecánicos	78
7.3. Tecnologías de reducción de tamaño	78
7.3.1. Molienda a temperatura ambiente	79
7.3.2. Molienda criogénica	80
7.3.3. Molienda húmeda	82
7.4. Tecnologías de regeneración	82

**Índice**

	<b>Página</b>
7.4.1 Desvulcanización	<b>82</b>
7.4.2 Recuperación	<b>84</b>
7.5. Pirolisis -Termólisis	<b>85</b>
<b>VIII. Aplicaciones del aprovechamiento y valorización material y energética del residuo NFU</b>	
8.1 Valorización material del residuo NFU	<b>89</b>
8.1.1 Aplicaciones de los neumáticos enteros	<b>89</b>
8.1.2. Aplicaciones de los neumáticos triturados	<b>90</b>
8.1.3. Aplicaciones en materiales bituminosos	<b>92</b>
8.2. Valorización energética del residuo NFU	<b>95</b>
8.2.1. Producción de combustible	<b>95</b>
8.2.2. Aprovechamiento energético por gasificación	<b>96</b>
8.2.3. Aprovechamiento energético mediante pirólisis	<b>97</b>
<b>IX. Riesgos, afectaciones e impactos al ambiente y a la salud, generadas por las tecnologías y sus aplicaciones para el aprovechamiento y valorización de NFU</b>	<b>98</b>
9.1. Potenciales emisiones debidas a la combustión de NFU en hornos de cementeras	<b>98</b>
9.2. Impactos del proceso de rencauchaje	<b>101</b>
9.3. Impactos de la trituración a temperatura ambiente	<b>102</b>
9.4. Impactos de la aplicación en asfaltos	<b>102</b>
9.5. Impactos de la de vulcanización	<b>102</b>
9.6. Impactos generados por el uso de NFU en obras de ingeniería	<b>103</b>

**Índice**

	<b>Página</b>
<b>X. Evaluación técnico-económica y selección de alternativas de aprovechamiento y valorización material y energética de los residuos NFU, en el Municipio de Managua</b>	<b>104</b>
10.1. Evaluación y selección de alternativas de aprovechamiento y valorización material y energética del residuo NFU, para su gestión integral en el Municipio de Managua	<b>113</b>
<b>XI. Análisis y discusión de resultados</b>	<b>125</b>
11.1. Del nivel de adecuación, aplicación y cumplimiento del marco legal ambiental del país que regula la gestión del residuo “Neumático Fuera de Uso”, en el Municipio de Managua	<b>125</b>
11.2. Del diagnóstico de la gestión actual del residuo “Neumático Fuera de Uso”, en el Municipio de Managua	<b>126</b>
11.3. De la caracterización de las tecnologías y sus aplicaciones para el aprovechamiento y la valorización material y energética de los residuos NFU	<b>132</b>
11.4. De la evaluación de las alternativas de aprovechamiento y valoración material y energética del residuo, seleccionado la óptima para la gestión integral del residuo en el municipio de Managua	<b>133</b>
<b>XII. Conclusiones</b>	<b>134</b>
<b>XIII. Recomendaciones</b>	<b>137</b>
<b>XIV. Bibliografía</b>	<b>142</b>
<b>Anexos</b>	

## **Índice de Tablas**

	<b>Página</b>
Tabla 1. Sistemas de gestión de neumáticos fuera de uso adoptado en diversos países.	22
Tabla 2. Resultados de búsquedas y consultas de Tecnologías y Aplicaciones para el aprovechamiento y valorización material y energética del residuo NFU.	37
Tabla 3.- Composición y características de los diferentes tipos de neumáticos.	48
Tabla 4.- Composición química elemental de residuos NFU.	49
Tabla 5.- Sustancias peligrosas que contienen los neumáticos.	50
Tabla 6.- Materiales utilizados en la fabricación de neumáticos.	51
Tabla 7.- Peso promedio de los neumáticos por categoría.	52
Tabla 8.- Contenido energético y emisiones de CO <sub>2</sub> de combustibles	52
Tabla 9.- Estimados de vida útil promedio de los neumáticos en Nicaragua, conforme resultados del modelo de simulación HDM-III VOC.	55
Tabla 10.- Estimados de uso de vehículos durante un año: Recorrido (Km/año) y Tiempo de uso (Horas/año), conforme resultados del modelo de simulación HDM-III VOC.	56
Tabla 11.- Coeficiente de generación anual de NFU por tipo de vehículo y porcentaje en peso de NFU generados anualmente.	57
Tabla 12.- NFU generados en el periodo 2010-2015.	57
Tabla 13.- Matriz de Leopold Modificada- Matriz de Calificación Causa-Efecto.	74
Tabla 14.- Caracterización de los productos obtenidos según las tecnologías empleadas.	77
Tabla 15.- Características, ventajas y desventajas de las tecnologías de valorización material y energética del residuo NFU.	88
Tabla 16. Granulometría y porcentaje de NFU reciclados, por aplicaciones.	89
Tabla 17.- Ventajas de los tipos de betunes obtenidos por vía húmeda.	94
Tabla 18.- Análisis mineral de la ceniza de neumático en 100 parte (% en peso).	100
Tabla 19.- Concentración de contaminantes en los gases de un horno cementero.	101

**Índice de Tablas**

	<b>Página</b>
Tabla 20.- Límites máximos permitidos por Lixiviación de metales o compuestos hidrocarbonados según uso del NFU.	<b>103</b>
Tabla 21.- Aplicaciones de la aplicabilidad de NFU en obras civiles de infraestructura.	<b>104</b>
Tabla 22.- Evaluación de alternativas de valorización de NFU enteros o trozados.	<b>106</b>
Tabla 23.- Evaluación de alternativas de reducción de tamaño de NFU.	<b>109</b>
Tabla 24.-Evaluación de alternativas de valorización de los NFU triturados.	<b>111</b>
Tabla 25.- Alternativas de aprovechamiento de NFU.	<b>115</b>
Tabla 26.- Ventajas y desventajas de las alternativas de aprovechamiento y valorización material y energética del residuo NFU.	<b>116</b>
Tabla 27.- Selección de alternativas de aprovechamiento de NFU por el método de factores ponderados.	<b>117</b>
Tabla 28.- Proyección de las toneladas de NFU a procesar y de los productos finales a ser obtenidos para los escenarios de demanda establecidos.	<b>119</b>
Tabla 29.- Flujo neto de efectivo y tasa interna de retorno del escenario I. Modalidad de inversión: inversionista.	<b>120</b>
Tabla 30.- Flujo neto de efectivo y tasa interna de retorno de escenario II. Modalidad de inversión: inversionista.	<b>121</b>
Tabla 31.- Flujo neto de efectivo y tasa interna de retorno del escenario III. Modalidad de la inversión: productor/inversionista.	<b>122</b>
Tabla 32.- Consolidado del análisis económico y financiero de los tres escenarios desarrollados para establecidos para el proceso de inversión de la planta de procesamiento de NFU y producción de polvo de caucho.	<b>123</b>

**Índice de Figuras.**

	<b>Página</b>
Figura 1. Principios de jerarquía de la gestión integral de residuos.	<b>6</b>
Figura 2.- Actualización de la jerarquía de gestión de residuos en la Unión Europea.	<b>7</b>
Figura 3.- Ciclo de vida de un producto	<b>11</b>
Figura 4.- Flujo Neto de Efectivo en el tiempo.	<b>15</b>
Figura 5.- Comportamiento del VPN vs TMAR.	<b>16</b>
Figura 6. Etapas de la vida de un neumático.	<b>18</b>
Figura 7. Sistemas de gestión del residuo “neumáticos fuera de Uso” en Europa.	<b>23</b>
Figura 8.- Partes componentes de un neumático.	<b>45</b>
Figura 9.- Tipos de neumáticos	<b>47</b>
Figura 10.- Importaciones de neumáticos en el periodo 2007-2014.	<b>63</b>
Figura 11.- Niveles de tratamiento de NFU.	<b>76</b>
Figura 12.- Elementos, roles e interacciones de los actores con los elementos del sistema de gestión integral de NFU en el Municipio de Managua.	<b>128</b>

**Listado de Abreviaturas.**

<b>ALMA:</b>	Alcaldía de Managua.
<b>BOE:</b>	Boletín oficial de España - Agencia estatal.
<b>CE:</b>	Comisión Económica de la Unión Europea.
<b>CEE:</b>	Comunidad Económica Europea.
<b>CEPE:</b>	Comisión Económica para Europa.
<b>CETESB:</b>	Companhia ambiental do estado de São Paulo de Brasil.
<b>CHAS:</b>	Certificación de homologación de autopartes de seguridad.
<b>CIMTAN:</b>	Círculo de innovación en materiales, tecnología aeroespacial y nanotecnología.
<b>CNPL:</b>	Centro de producción más limpia de Honduras.
<b>CONAMA:</b>	Comisión nacional del medio ambiente de Chile.
<b>COV:</b>	Compuestos orgánicos volátiles.
<b>DGA:</b>	Dirección General de Aduanas.
<b>DGSU:</b>	Dirección de servicios urbanos del distrito federal de la ciudad de México.
<b>DOT:</b>	Departamento de Transporte de los Estados Unidos de Norteamérica.
<b>EEUU:</b>	Estados Unidos de Norteamérica.
<b>EPA:</b>	Agencia Estatal de Protección del Ambiente.
<b>ETRA:</b>	Asociación Europea de Reciclaje de Neumáticos.
<b>FENICOTAXI:</b>	Federación nicaragüense de cooperativas de taxis.
<b>FOMAV</b>	Fondo de mantenimiento vial.
<b>FONARE:</b>	Foro nacional de reciclaje.
<b>HDM-VOC:</b>	Diseño y mantenimiento de carreteras y costos de operación de vehículos.
<b>HU:</b>	Relación entre horas de viaje y el total de horas disponible de uso de un vehículo.
<b>INTI:</b>	Instituto nacional de tecnología industrial.
<b>IRAM:</b>	Instituto argentino de normalización y certificación.



**Listado de Abreviaturas.**

<b>IRI:</b>	Índice de rendimiento de los neumáticos en función de la rugosidad de la superficie de rodamiento.
<b>ISO:</b>	Organización internacional de estandarización.
<b>LGEEPA</b>	Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente de México.
<b>MARENA:</b>	Ministerio de recursos naturales y del ambiente.
<b>MEM:</b>	Ministerio de energía y minas.
<b>MHCP:</b>	Ministerio de hacienda y crédito público.
<b>MIFIC:</b>	Ministerio de finanzas y comercio.
<b>MINSA:</b>	Ministerio de salud.
<b>MTI:</b>	Ministerio de transporte e infraestructura.
<b>NCh:</b>	Norma chilena.
<b>NFU:</b>	Neumático fuera de uso.
<b>ONU:</b>	Organización de naciones unidas.
<b>PR:</b>	Plazo de recuperación.
<b>REPSA :</b>	Repuestos y servicios automotriz, sociedad anónima.
<b>SILAIS:</b>	Sistema local de atención integral en salud.
<b>TB:</b>	Reactor tubular.
<b>TIR:</b>	Tasa interna de retorno.
<b>TMAR:</b>	Tasa mínima atractiva de retorno.
<b>UE:</b>	Unión europea.
<b>UGA:</b>	Unidad de gestión ambiental.
<b>UN/ECE:</b>	Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa.
<b>UNEP:</b>	Siglas en ingles del programa de naciones unidas para el medio ambiente, PNUMA.
<b>UV:</b>	Radiación ultravioleta.
<b>VPN:</b>	Valor presente neto.

## Introducción

El Paradigma Desarrollo Sostenible surge como respuesta al preocupante deterioro del ambiente y de las relaciones entre los seres humanos, causado por las características del modelo de desarrollo social, técnico y económico que se sigue actualmente y que puede calificarse de insostenible a mediano plazo. La Comisión Mundial del Ambiente de la ONU (1987), ha definido el desarrollo sostenible como “un desarrollo que satisfaga las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades”.

En las Conferencias de la Organización de Naciones Unidas sobre el ambiente se ha establecido la necesidad de considerar el impacto ambiental que se genera en todo el ciclo de vida del producto, abarcando los residuos que se generan en cada una de estas etapas, hasta su disposición final. Tradicionalmente solo se han considerado los impactos ambientales causados durante la fabricación del producto o durante su uso. Por tanto, si se pretende evaluar el perfil ambiental de un determinado producto este habrá de ser analizado desde la obtención de las materias primas que lo componen hasta su eliminación al final. Así desde el enfoque de la gestión integral de residuos, se priorizaran aquellas acciones que garanticen la menor cantidad de residuos que se destinen a la disposición final. Es decir, prevalecerá la realización de actividades de prevención, seguida de las actividades de aprovechamiento, valorización material y energética del residuo ante su disposición final, de tal forma que se prevengan y minimicen las afectaciones al ambiente y a la salud humana.

El residuo “Neumático fuera de uso”, en lo sucesivo NFU, se genera a partir de una actividad de consumo particular por parte de personas físicas y jurídicas que utilizan los neumáticos en sus vehículos, por lo que deben, como generadores de tal residuo, entregarlos al productor o a quien en su defecto funge como tal, cuando los han sustituido por otros nuevos o por neumáticos de segunda, para hacerse cargo de la gestión adecuada de estos residuos.

La gestión actual del residuo NFU, inicia con su su generación y continua con las operaciones de recolección, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final, representa en la actualidad un problema técnico, económico, ambiental y de salud pública. En efecto, los neumáticos son difíciles de compactar en un relleno sanitario, haciendo este proceso costoso y presentando además el inconveniente de que ocupan mucho espacio. Su almacenamiento en grandes cantidades provoca problemas estéticos y riesgo de incendios

difíciles de extinguir. Su uso como combustible en hornos que no cuentan con la tecnología de control adecuada genera graves problemas de emisiones contaminantes a la atmósfera.

Desde hace varios años, Nicaragua, implementa procesos de adecuación y actualización de los instrumentos jurídicos que regulan y protegen al ambiente. No obstante la problemática ambiental generada por los residuos sean estos peligrosos o no peligrosos, no ha sido considerada de forma específica, sino de manera general, como muchos residuos, tanto en la ley general del medio ambiente y su reglamento, como en la política nacional de residuos sólidos. Formalmente, ninguna institución ya sea de carácter estatal o privado han realizados estudios e investigaciones relacionadas con la gestión integral para el aprovechamiento, valorización material y energética del residuo NFU, en el país. En algunas ocasiones y en casos particulares, este residuo, ha formado parte de la agenda de discusión en los eventos nacionales y/o regionales de reciclaje.

En este trabajo, la experiencia internacional de países del continente europeo y americano relacionadas con la gestión integral y aprovechamiento, valorización material y energética de NFU, se ha considerado como antecedentes de esta problemática.

Aplicando las normativas ambientales nicaragüense relacionada con los residuos y su gestión, los residuos NFU, se encasillan como residuos especial, que en determinadas condiciones de almacenamiento, combustión no controlada y disposición final inadecuada se transforma en un residuo peligroso, con propiedades tóxicas, con un alto poder calorífico, que dificulta su extinción en caso de incendios, y no es degradable, difícil de eliminar en rellenos sanitarios por ser no compactable, acumulando lixiviado de sustancias peligrosas, gases y refugio de vectores biológicos. Estas características, constituyen factores que aconsejan la adopción de una norma que los regule teniendo en cuenta esas particularidades propias.

La eliminación de neumáticos fuera de uso de manera inapropiada o su generación sin control en grandes cantidades, es causa de grave contaminación al ambiente. No en vano, los neumáticos han sido diseñados para resistir condiciones mecánicas y meteorológicas duras, son resistentes al ozono, a la luz y a las bacterias, lo que les hace prácticamente indestructibles por el paso del tiempo. Su lanzamiento en los vertederos no permite aprovechar su poder calorífico como energía térmica, ni reutilizar y reciclar los diversos componentes de los cuales se ha elaborado.

Los neumáticos enteros son flexibles y por su forma y tamaño limitan la rehabilitación del vertedero al ser difícilmente compactable, acumulan gases, agua putrefactas y lixiviados en basureros, sustancias que son altamente contaminantes del ambiente, siendo además refugio ideal de insectos y roedores, que son vectores transmisores de enfermedades graves para la salud.

En la actualidad no existe legislación específica, que obligue a los productores de NFU, a realizar una gestión integral adecuada de este residuo, que incluya tanto su aprovechamiento como su valorización material y energética, de tal forma, que contribuya al desarrollo sostenible del país, por el contrario son considerados un pasivo ambiental. Los pocos intentos de aprovechamiento de este residuo no tienen impactos significativos, ya que son emprendimientos aislados, que consumen temporalmente cantidades ínfimas de NFU y no de manera sostenida, a nivel artesanal y de poco capital de trabajo.

La presente investigación, se orientó a la selección de alternativas de aprovechamiento y valorización material y energética del residuo “Neumático fuera de uso” en el Municipio de Managua, en el quinquenio comprendido entre el 1 de Enero del 2010 al 31 de Diciembre del 2015. En ella, se analizó y evaluó la gestión actual del residuo NFU desde el enfoque del ciclo de vida del producto y sus residuos, estableciendo el nivel de adecuación, aplicación y cumplimiento del marco legal ambiental que regula este residuo. Particularmente se cuantificó la generación anual de NFU, se caracterizaron sus propiedades físicas, químicas y tecnológicas, se identificó y se explicaron los mecanismos de contaminación a los compartimientos ambientales – agua, aire, suelo –, y las afectaciones a los distintos ecosistemas del Municipio de Managua. Se caracterizaron las tecnologías para el aprovechamiento, valorización material y energética de NFU y se definen los procesos y productos obtenidos del aprovechamiento y valorización material y energética de NFU.

Los resultados obtenidos y sus correspondientes análisis, proporcionaron la información básica para la formulación de estrategias ambientales y socio-económicas, y la a selección de alternativas tecnológicas de optimización de la gestión integral de este residuo y su aprovechamiento como recurso energético y materia prima para otros productos, aplicando las técnicas de minimización, reducción, reutilización y reciclaje de este residuo, considerado por ahora, como toxico y peligroso, pero que representa un potencial económico para el país.

## **II.- Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

Seleccionar alternativas de aprovechamiento y valorización material y energética del residuo neumático fuera de uso en el Municipio de Managua, Nicaragua.

### **2.2. Objetivos específicos**

2.2.1. Establecer el nivel de adecuación, aplicación y cumplimiento del marco legal ambiental del país que regula la gestión del residuo NFU, en el Municipio de Managua.

2.2.2. Diagnosticar la gestión actual del residuo NFU, en el Municipio de Managua.

2.2.3. Caracterizar las tecnologías utilizadas para el aprovechamiento y la valorización material y energética del residuo NFU.

2.2.4. Definir las aplicaciones del aprovechamiento y valoración material y energética del residuo NFU.

2.2.5. Evaluar las alternativas de aprovechamiento y valoración material y energética del residuo NFU, seleccionando la óptima para la gestión integral del residuo en el municipio de Managua.

### **III.- Marco teorico conceptual**

#### **3.1. La gestión integral de residuos**

La gestión integral de residuos, es la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recolección, transferencia y transporte, tratamiento y disposición final de residuos, que incluye además el seguimiento administrativo, de forma que armonice con los principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética, y de otras consideraciones ambientales, respondiendo a las expectativas de la sociedad. Desde el enfoque de la gestión integral de residuos, estos adquieren un valor económico social y ambiental, que anteriormente no se les establecía por considerarlos como “basura”. Desde la perspectiva de la gestión integral de los residuos, se mejora la calidad del ambiente al clasificar, valorar y procesar los residuos, incorporando con esto diferentes tipos de actividades económicas y productivas que generan nuevas fuentes de empleos con sus consecuentes ingresos, siendo en muchos casos de gran impacto económico, ambiental y social. Así, la gestión integral de residuos, consiste en el aprovechamiento integral de los residuos como materia prima en el ciclo productivo y como fuente directa o indirecta de energía. Tiene como objetivos, minimizar los volúmenes de residuos generados, administrarlos de una forma compatible con el ambiente y la salud pública y comprometer a las empresas con un desarrollo sostenible, permitiendo conservar recursos, reducir costos y generar valor agregado.

En una política sostenible de gestión integral de residuos, es necesario definir jerarquías en las estrategias de gestión - tal como la presentada en la Figura 1 - , las cuales tienen como prioridad evitar la generación de desechos en la fuente, dejando la disposición final como última opción de la gestión. No obstante, las alternativas de gestión, carecen de un enfoque preventivo en su etapa final, es decir en su disposición final, por ello toda acción se sustenta en acciones que solo remedian y corrigen el problema, sin tener en cuenta acciones que puedan minimizar los volúmenes dados a disponer.

El estado del arte en la gestión de residuos, siempre muestra la existencia de volúmenes de residuos resultantes de los procesos, tanto en la optimización de los volúmenes generados, como en el tratamiento de estos, aún en los países con alto desarrollo de sus tecnologías. La situación es más grave en los países en vías de desarrollo, donde el atraso tecnológico y la carencia de infraestructuras, hace que los volúmenes de residuos almacenados, su tasa de generación y los volúmenes finales generados, estén en montos muy elevados.



Fuente: Consejería del Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

**Figura 1. Principios de jerarquía de la gestión integral de residuos.**

La disposición final, como proceso, involucra la práctica de aislamiento para minimizar los riesgos de contaminación ambiental. Dada las características de los residuos, esta modalidad incluye el almacenamiento temporal de los desechos en la industria y/o emplazamiento y la posterior disposición a largo plazo de estos. Por esto, se debe lograr un modelo integral con enfoque preventivo, donde se asegure que los desechos que pasan a la etapa de disposición final sean el mínimo imprescindible, teniendo en cuenta aspectos tecnológicos y económicos.

### **3.2. Jerarquía de principios en la política de gestión de residuos**

En la actualidad el objetivo prioritario de toda política de gestión de residuos está basada en los principios de cautela y acción preventiva. Se debe evitar la producción de residuos y reducir el contenido de materiales peligrosos de los mismos. De este modo se evitan los riesgos tanto para la salud humana como para el medio ambiente. A largo plazo, esta política supone integrar ya en la fase de producción, los problemas relacionados con los residuos y fomentar con ello un desarrollo sostenible.

El concepto de aprovechamiento y valorización debe considerarse en su triple dimensión: reutilización, reciclado y valorización material y energética. La eliminación final ha de ser segura y circunscribirse a los residuos para los que no exista otra posibilidad de recuperación. Esta jerarquía de principios se aplica con cierta flexibilidad, teniendo en cuenta la solución menos perjudicial para el medio ambiente, así como los costes económicos y sociales. A este respecto, resulta muy útil, la internalización de costes externos. Los costes externos son los costes de los recursos naturales y materiales que no se han considerados aún en los precios de mercado por los perjuicios ocasionados a la calidad del medio ambiente, los cuales se

producen a lo largo del ciclo de vida del producto, incluyendo la gestión de los flujos de residuos generados.

La vigencia y aplicación de esta jerarquía de principios, se garantiza al incorporarla en los diversos instrumentos jurídicos, económicos y administrativos, estableciendo además objetivos cuantitativos a escala del país. Es muy importante garantizar que las cantidades de residuos producidas en los distintos procesos, ya sean estos de producción o de consumo industriales sean objeto de un seguimiento adecuado y transparente para poder evaluar la eficacia de las medidas adoptadas. Así, los Estados Miembros de la Unión Europea, aprobaron la Directiva 2008/98/CE, relacionada con la gestión de residuos, en la que establecieron el marco legislativo para su manipulación, y los requisitos esenciales para la gestión adecuada de éstos, en el espacio de la Unión Europea, implanta además el fomento de la aplicación de la jerarquía actualizada de la gestión de residuos la cual se muestra en la Figura 2 : (i) prevención - para evitar la producción de residuos, (ii) preparación para la reutilización, (iii) reciclaje, (iv) valorización energética, y solo como última opción, (v) la eliminación en vertedero. Esto supone una actualización de la jerarquía de gestión, al introducir nuevos principios, conceder un orden de prioridad e importancia mayor e inverso al actual, y contemplar la posibilidad de apartarse de ese orden de prioridad cuando esté justificado por motivos de factibilidad técnica, viabilidad económica y protección del medio ambiente.



Fuente: Consejería del Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

**Figura 2.- Actualización de la jerarquía de gestión de residuos en la Unión Europea.**



### 3.3. Aprovechamiento y valorización

Las alternativas de reutilización, reciclaje, recuperación de los residuos generados, frecuentemente se conocen bajo los términos de aprovechamiento y valorización del residuo. El aprovechamiento es un factor importante para ayudar a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, alargar la vida útil de los sitios de disposición final y reducir la contaminación ambiental. Además el aprovechamiento tiene un potencial económico, ya que los materiales recuperados, son materias primas que pueden ser reincorporados al ciclo económico.

De acuerdo a la Directiva 2008/98/CE, la valorización es *“cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función, en una instalación o en la economía en general”*.

La redefinición y actualización de la política sostenible de gestión de residuos de la Unión Europea, ubica en primer orden de prioridad y núcleo de esta al aprovechamiento y la valorización de los residuos. Por consiguiente, si no puede evitarse la producción de residuos, éstos deben reutilizarse o debe recuperarse su material o su energía. Se fomenta la reutilización de un producto, si es aceptable desde un punto de vista ambiental, ya que contribuye a evitar la producción de residuos.

La valorización de materiales, es un método de recuperación de residuos, que consiste en transformar, total o parcialmente, el material contenido en los residuos para elaborar nuevos productos, en tanto la valorización energética, es una operación en la que los propios residuos se utilizan a modo de combustible.

La valorización de materiales exige una separación de los residuos en origen: por lo tanto, deben participar en la cadena de gestión de residuos los usuarios finales y los consumidores, con lo que aumenta su nivel de sensibilización de la necesidad y de los métodos de reducción de la producción de residuos. En muchos casos, se considera que conservando la estructura material de los residuos recuperables, se minimiza la necesidad de material y energía adicionales para elaborar un nuevo producto. Consecuentemente, siempre que sea aceptable en términos ambientales, deberá darse preferencia a la valorización de materiales sobre las operaciones de valorización energética, ya que la primera opción tiene mayor impacto sobre la prevención de residuos.

En lo que se refiere a la valorización de materiales, hay que tener en cuenta que ha aumentado la complejidad de los productos, por su composición y estructura, y que la industria del

reciclado suele caracterizarse por el hecho de limitarse a tratar productos más sencillos. Efectivamente, será preciso desarrollar una industria del reciclado basada en tecnologías y métodos modernos que permitan un nuevo tratamiento rentable de los productos desechados. Paralelamente, se debe establecer un contacto más estrecho entre los agentes económicos de la cadena de producción y de distribución para mejorar y fomentar el reciclado de materiales y productos. Concretamente, los materiales empleados deberían ser fácilmente separados y compatibles si se procede al reciclado. Por otra parte, los productos deben diseñarse de tal forma que puedan ser desmontados fácilmente. También debe fomentarse la creación de mercados con salidas para materiales y productos derivados de las actividades de reciclado. Ello supone que los agentes económicos y los consumidores estén convencidos de que los materiales y productos que proceden, total o parcialmente, de materiales reciclados cumplen las mismas normas en materia de salud, seguridad y medio ambiente que los productos “nuevos”.

Las operaciones de valorización energética, cada vez, adquieren mayor importancia, aunque siguen planteando problemas concretos considerables. Algunos, países europeos, han adoptado definiciones distintas en lo que se refiere a la distinción entre incineración de residuos con y sin recuperación de energía. Cuando la finalidad útil es la energía contenida en los residuos se habla de “valorización energética” en la que la utilización principal de los residuos será como combustible u otro modo de producir energía. En este caso, lo que se aprovecha no son los materiales que componen los residuos sino la energía contenida en ellos.

La jerarquía de las opciones de gestión de residuos establecida por la la Directiva 2008/98/CE sitúa a la valorización energética, a continuación de la prevención, la reutilización y el reciclado, solo se debe valorizar energéticamente aquellos residuos que no se hayan podido evitar y que no sean ni reutilizables ni reciclables. En este ámbito, la valorización energética de los residuos debe tener un papel significativo en la gestión sostenible de los residuos. Los residuos no reciclables pueden suponer un recurso energético abundante, de carácter renovable en un alto porcentaje y autóctono, lo que contribuye a diversificar las fuentes de energía, sustituir combustibles fósiles, cumplir con objetivos en materia de energías renovables y reducir la dependencia energética exterior. La energía de los residuos es de generación distribuida y fomenta la creación de empleo.

Hay que tener en cuenta que la energía de proceso suele ser mucho mayor que la energía material de los residuos. En general, el reciclado es la mejor forma de recuperar, además del

---

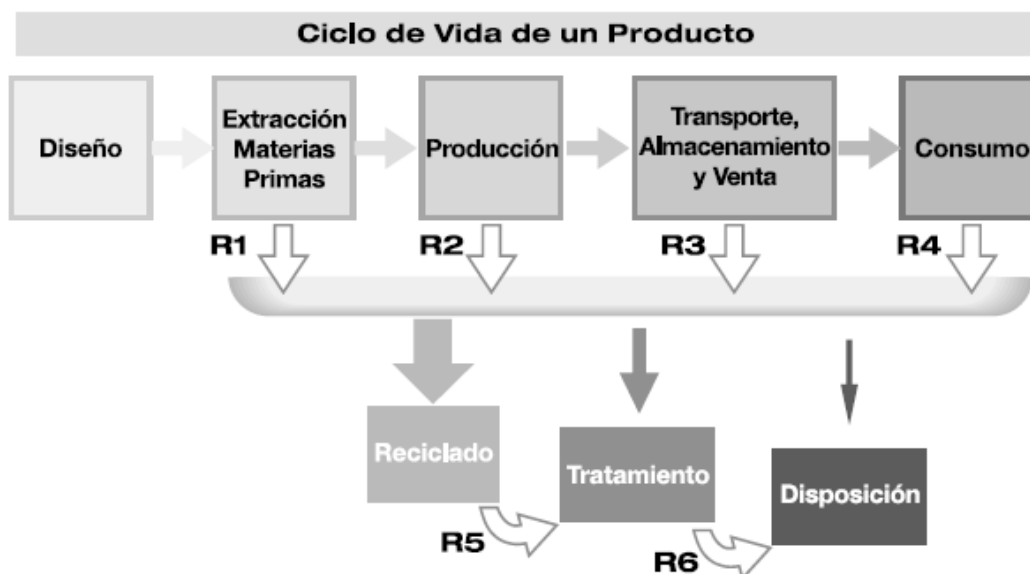
material, la energía de una parte muy importante de los residuos y debe ser prioritario, siempre que sea viable, frente a las opciones de valorización energética, en bastantes casos el beneficio ambiental del reciclado radica en los ahorros de energía primaria.

Las operaciones de valorización energética deberían realizarse utilizando con la mayor eficacia la energía producida. Por consiguiente, deberá plantearse si sólo se considerarán residuos para valorización energética los residuos que puedan proporcionar un beneficio calorífico neto. Así en las legislaciones relacionadas con la gestión de residuos, se separa el límite entre valorización energética y eliminación por incineración a alcanzar o no un valor de eficiencia energética en el proceso de incineración. Las emisiones de las instalaciones de valorización energética deben reducirse al mínimo y cumplir la normativa ambiental. Se prestará especial atención a las instalaciones que en un principio no se concibieron para utilizar residuos como combustible sustitutivo.

### **3.4. La gestión de residuos desde el enfoque del ciclo de vida del producto**

Históricamente la política de gestión de residuos estaba centrada en la búsqueda de soluciones de disposición final, en un modelo de gestión de "fin de tubería". Esta visión, parcializada del problema, ha evolucionado hacia un enfoque estratégico integral que cubre todo el ciclo de vida de los productos y residuos. Es así que la disposición final, si bien sigue siendo necesaria, es un elemento más en la gestión de residuos, dejando de ser el centro de atención a la hora de implementar mejoras.

La concepción de ciclo de vida de productos y residuos deberá ser la base para el desarrollo de un modelo conceptual que permita abordar en forma sostenible y eficaz un sistema en la gestión de residuos. El análisis del ciclo de vida de los productos contempla todas las etapas, desde la extracción para la adquisición de las materias primas, hasta el descarte del producto cuando ya no sirve para el fin que fue adquirido o que dejó de satisfacer las necesidades de su propietario. En la Figura 3 se esquematiza el ciclo de vida de un producto indicando la generación de residuos en cada una de las etapas.



	<i>Etapa</i>	<i>Generación de Residuos</i>
<b>PRODUCTO</b>	Extracción de materias primas	<b>R1:</b> Estériles, descartes, insumos descartados, residuos del tratamiento de emisiones, residuos varios
	Producción	<b>R2:</b> Productos fuera de especificación, envases vacíos, derrames, insumos descartados, residuos del tratamiento de emisiones, residuos varios.
	Transporte, almacenamiento, venta	<b>R3:</b> Residuos generados en accidentes, derrames, productos alterados y vencidos.
<b>RESIDUO</b>	Consumo	<b>R4:</b> Envases, insumos agotados, producto descartado luego de su uso.
	Reciclado	<b>R5:</b> Residuos derivados del reciclado
	Tratamiento	<b>R6:</b> Residuos derivados del tratamiento.
	Disposición final	

**Figura 3.- Ciclo de vida de un producto.**

El estudio del ciclo de vida de los productos nos permite observar que en todas las etapas se producen residuos y que cada una de esas etapas se convierte en una oportunidad o un desafío para reducir el impacto que genera dicho producto. Esta concepción permite tener una visión sistémica a efectos de adoptar medidas en la etapa de mayor eficacia para la disminución de los impactos ambientales y además prevenir el desplazamiento innecesario de cargas ambientales hacia las etapas finales.

### **3.5. La vigilancia tecnológica**

La vigilancia tecnológica es un proceso organizado, selectivo y sistemático, para captar información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento con el fin de tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios. (Palop 1999).

Según Callon & Penan (1995), el objetivo de la vigilancia consiste en proporcionar buena información a la persona idónea en el momento adecuado. Así, la vigilancia tecnológica tiene como objetivo la obtención continuada y el análisis sistemático de información de valor estratégico sobre tecnologías y sus tendencias previsibles, para la toma de decisiones empresariales.

Una buena vigilancia tecnológica debe permitir conocer: (i) Las tecnologías en que se está investigando, las que se han publicado y las que se han patentado, en una determinada área, (ii) Las soluciones tecnológicas disponibles, (iii) Las tecnologías emergentes que están apareciendo, (iv) La dinámica de las tecnologías, es decir aquellas tecnologías que se están imponiendo y las otras que están quedando obsoletas, (v) Las líneas de investigación y las trayectorias tecnológicas de las principales empresas que compiten en el área, (vi) Los centros de investigación, equipos y personas líderes en la generación de nuevas tecnologías, capaces de transferir tecnología.

Las empresas necesitan conocer esta información para incorporar en sus procesos tecnologías eficientes que puedan garantizarles una ventaja competitiva en su entorno.

#### **3.5.1. Metodologías de la vigilancia tecnológica**

La vigilancia tecnológica es una herramienta indispensable para la competitividad en las organizaciones, y debe tenerse en cuenta que para realizarla se necesita una metodología a seguir. La aplicación de dicha metodología requiere el establecimiento de un proceso de planeación, seguimiento, medición, análisis y mejora, en el cual se determinen las acciones necesarias para optimizar su desempeño.

La etapa de planeación comprende la identificación de necesidades y fuentes de información. El objetivo de la etapa de búsqueda y captación es la identificación y determinación de los recursos disponibles, la cual contiene actividades como: *observar, descubrir, buscar, detectar, recolectar y captar*. En la siguiente etapa, se analiza, trata y almacena la información. Luego se le da un valor añadido a la información, buscando incidir en la estrategia de la organización; y por último, se comunica a los directivos de la organización, se difunde la información y se transfiere el conocimiento.

---

También debemos tener en cuenta que tipo de vigilancia pretendemos tener y según sean Ocasional o Permanente las fases van a cambiar:

Las fases de una vigilancia ocasional son las siguientes : (i) Definición del problema, (ii) Identificación de las fuentes, (iii) Búsqueda, (iv) Análisis, (v) Validación de la Información, (vi) Elaboración de un Informe.

Las fases de una vigilancia permanente, incluyen : (i) Definición de los factores críticos de vigilancia, (ii) Identificación de las fuentes de información, (iii) Identificación de las personas/grupos receptores de esa vigilancia, (iv) Búsqueda periódica y análisis, (v) Envío de la información o elaboración de informes si es necesario.

### **3.5.2. Herramientas de búsqueda para la vigilancia tecnológica**

Los volúmenes de datos, informaciones y conocimientos que se almacenan en grandes bases permiten una exploración mediante diferentes opciones de búsqueda, entre las que están:

**Minería de texto:** se refiere al examen de una colección de documentos y el descubrimiento de información no contenida en ningún documento individual de la colección; en otras palabras, trata de obtener información sin haber partido de algo.

La Minería de texto consiste en la búsqueda a partir de técnicas de aprendizaje automático de regularidades patrones que se encuentran dentro de un texto. Las aplicaciones de la minería de textos se utilizan principalmente para: (i) Extraer información relevante de un documento, (ii) Agregar y comparar información automáticamente, (iii) Clasificar y organizar documentos según su contenido, (iii) Organizar depósitos para búsqueda y recuperación, (iv) Clasificar textos e indizarlos en el Web.

**Minería de datos:** Es un mecanismo de explotación, consistente en la búsqueda de información valiosa en grandes volúmenes de datos.

## **3.6. Criterios de evaluación y selección de alternativas de aprovechamiento y valorización material y energética del residuo NFU**

### **3.6.1. Método de los factores ponderados para selección de alternativas**

El método consiste en realizar un análisis cuantitativo, comparando entre sí las diferentes alternativas de aprovechamiento, de valorización material y energética del residuo NFU, para seleccionar la más óptima, tomando en cuenta la influencia e importancia de los factores considerados como los más determinantes en el proceso de evaluación y selección de alternativas. Los factores de mayor incidencia en cada una de las alternativas de aprovechamiento y valorización material y energética del residuo NFU, son los siguientes:

#### **Factores económicos**

- Monto de la inversión: activo fijo, capital de trabajo, activo circulante, gastos preoperatorios.
- Fuentes de financiamiento: interno, externo.
- Costos de producción
- Gastos de administración y venta, financieros, comercialización
- a puesta en marcha del proyecto
- Ingresos por venta del producto
- Rentabilidad económica.

#### **Factores tecnológicos**

- Intensidad de uso de capital y trabajo
- Disponibilidad de la tecnología
- Difusión actual de la tecnología
- Requerimiento de energía y agua de proceso
- Posibilidad de futuros desarrollos
- Seguridad y peligro de contaminación involucrada
- Controles del medio ambiente

#### **Factores ambientales**

- Afectaciones a la salud humana y ecosistemas.
- Contaminación de agua, aire y suelo.
- Contaminación del suelo
- Generación de residuos
- Ruido
- Uso del suelo

#### **Factores sociales**

- Participación de productores: importadores, distribuidores, comercializadores
- Generación de fuentes de empleo
- Contribución a la mejora de la calidad de vida del personal del sector de reciclaje informal.

### **3.6.2. Indicadores económicos para la selección de alternativas de aprovechamiento, valorización material y valorización energética del residuo NFU**

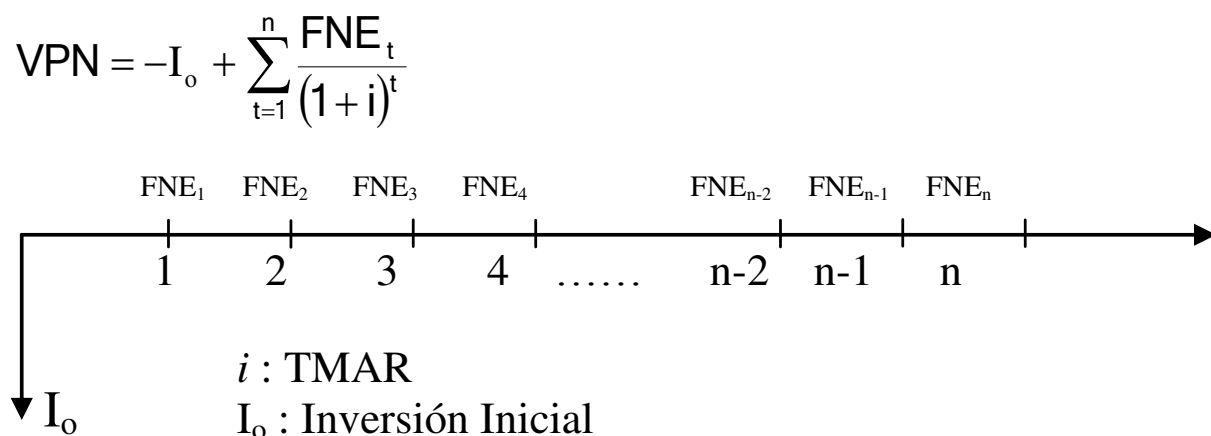
Los indicadores económicos en un proyecto facilitan y guían el proceso de toma de decisiones para seleccionar entre las diferentes alternativas de un proyecto, la más conveniente según los tomadores de decisiones. Estos indicadores recogen e incluyen las dimensiones económicas y financieras. Son elementos fundamentales para la toma de decisiones, aunque esto no definen la decisión. Son las autoridades y/o responsables a cargo del proyecto quienes consideran estos indicadores en conjunto con otros elementos de tipo

estratégico, político e incluso el riesgo, para seleccionar la alternativa correspondiente, que más se ajusta a sus necesidades.

Los indicadores de rentabilidad son:

**Valor Presente Neto - VPN**

Es el método más utilizado para evaluar inversiones, que implican ingresos y costos. Tal método consiste en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo - que se muestran en la Figura 4 -, que genera el proyecto y compara esta equivalencia con la inversión inicial.



**Figura 4.- Flujo Neto de Efectivo en el tiempo.**

Para proyectos individuales

- |     |         |  |
|-----|---------|--|
| Si: | VPN > 0 | Se acepta el proyecto                                |
|     | VPN = 0 | Se acepta pero la decisión depende del inversionista |
|     | VPN < 0 | Se rechaza el proyecto                               |

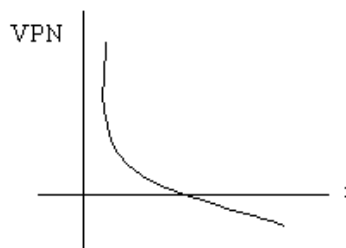
Cuando se comparan diferentes alternativas de proyectos, se acepta el proyecto cuyo valor de VPN sea mayor, siempre y cuando sea mayor de cero.

El método del Valor Presente Neto es muy utilizado por dos razones, la primera porque es de muy fácil aplicación y la segunda porque todos los ingresos y egresos futuros se transforman a dinero de hoy y así puede verse, fácilmente, si los ingresos son mayores que los egresos. Cuando el VPN es menor que cero implica que hay una pérdida a una cierta tasa de interés o por el contrario si el VPN es mayor que cero se presenta una ganancia. Cuando el VPN es igual a cero se dice que el proyecto es indiferente.



La condición indispensable para comparar alternativas es que siempre se tome en la comparación igual número de años, pero si el tiempo de cada uno es diferente, se debe tomar como base el mínimo común múltiplo de los años de cada alternativa

En general, el VPN disminuye a medida que aumenta la TMAR, como se muestra en la Figura 5.



**Figura 5.- Comportamiento del VPN vs TMAR.**

En consecuencia para el mismo proyecto puede presentarse que a una cierta TMAR, el VPN puede variar significativamente, hasta el punto de llegar a rechazarlo o aceptarlo según sea el caso.

### **Tasa Interna de Retorno**

La tasa interna de retorno (TIR) de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto (VPN) es igual a cero. El VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente.

La Tasa Interna de Retorno es el tipo de descuento que hace igual a cero el VPN:

$$VPN = -I_0 + \sum_{n=1}^{n=n} \frac{FNE_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Donde  $FNE_n$  es el Flujo de Caja en el periodo  $n$ .

La TIR es una herramienta de toma de decisiones de inversión utilizada para comparar la factibilidad de diferentes opciones de inversión. Generalmente, la opción de inversión con la TIR más alta es la preferida.

### **Plazo de recuperación.**

La metodología del Periodo de Recuperación (PR), es otro índice utilizado para medir la viabilidad de un proyecto, que ha venido en cuestionamiento o en baja. La medición y análisis de este le puede dar a las empresas el punto de partida para cambiar sus estrategias de inversión frente al VPN y a la TIR.

El Método Periodo de Recuperación basa sus fundamentos en la cantidad de tiempo que debe utilizarse, para recuperar la inversión, sin tener en cuenta los intereses. Es decir, que

si un proyecto tiene un costo total y por su implementación se espera obtener un ingreso futuro, en cuanto tiempo se recuperará la inversión inicial.

Al realizar o invertir en cualquier proyecto, lo primero que se espera es obtener un beneficio o unas utilidades, en segundo lugar, se busca que esas utilidades lleguen a manos del inversionista lo más rápido que sea posible, este tiempo es por supuesto determinado por los inversionistas, ya que no es lo mismo para unos, recibirlos en un corto, mediano o largo plazo, es por ello que dependiendo del tiempo es aceptado o rechazado.

Este parámetro orienta la liquidez de una inversión, es decir, sobre la facilidad o rapidez de conversión en dinero. Se calcula mediante la siguiente igualdad:

$$P = \sum_{t=1}^k \frac{At}{(1+i)^t}$$

Desde  $t = 1$  hasta  $t = k$ .

Se determina  $k$  de tal manera que satisfaga la ecuación donde:

- P: inversión inicial
- At: flujo neto de caja de cada año
- i: tasa de interés
- t: período
- k: año en que se piensa recuperar la inversión

### 3.7. Características y tipologías de los neumáticos utilizados en Nicaragua

**3.7.1. Descripción general del material:** CNPLH (2010), define los neumáticos como estructuras tubulares complejas, parte elástica de las ruedas de los vehículos con una envoltura que contiene aire a presión, para soportar las cargas que actúan sobre el vehículo y transmitir al terreno las fuerzas necesarias para el movimiento. Los neumáticos, están compuestos, básicamente de caucho natural y sintético, negro de humo como carga de refuerzo, agentes químicos - azufre, óxido de zinc-, aditivos, aceites minerales y fibras reforzantes de hilos de acero y textiles.

En la Figura 6, se indican las distintas etapas de la vida de un neumático, desde la adquisición de la materia prima hasta la fabricación, utilización y eliminación final.

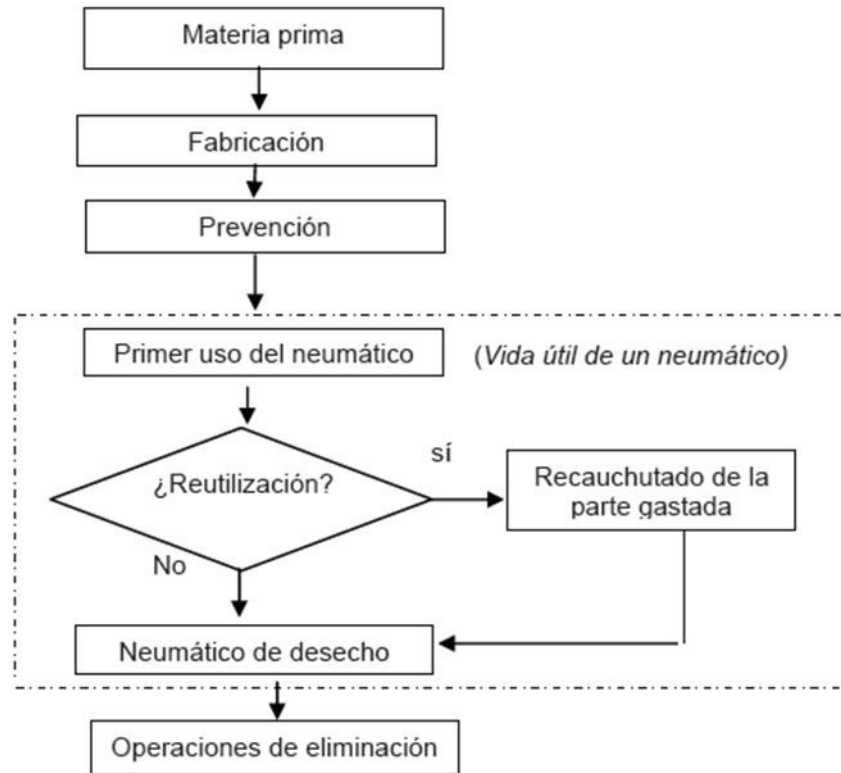


Figura 6. Etapas de la vida de un neumático.

Así este producto, saliendo de la fábrica, pasa por diversas etapas de su vida, convirtiéndose en neumático usado, en el caso de poder reutilizarse se convertirá en un neumático recauchutado, en el caso contrario se convertirá en el residuo “neumático fuera de uso”, el cual será valorizado o sometido a las distintas formas de tratamiento para su aprovechamiento como recurso material y/o energético o pasara a su eliminación final.

**3.7.2. Neumáticos usados:** En Nicaragua y muchos países en vías de desarrollo se permite el comercio de neumáticos usados para su reutilización como parcialmente desgastados. Cabe destacar, por el contrario, que la adquisición de neumáticos usados conlleva riesgos y debe hacerse con el mayor cuidado. En vista de que se desconoce la forma en que se utilizaron los neumáticos, éstos podrían provenir de vehículos que tuvieron accidentes, podrían haber sido dañados por baches u obstáculos, utilizados sin haberse calibrado la presión adecuadamente o podrían haber sido reparados incorrectamente.

Los neumáticos usados, es decir aquellos neumáticos que están parcialmente desgastados, pueden reutilizarse sin ningún tratamiento. Algunas fuentes de neumáticos usados pueden ser:

a) Neumáticos montados en vehículos de segunda mano que se han vendido y en vehículos de desecho; b) Neumáticos viejos que se utilizan para aplicaciones menos exigentes como remolques; c) Neumáticos cambiados por razones distintas de la finalización de su vida útil, por ejemplo, su reemplazo por neumáticos de alto rendimiento o neumáticos diferentes.

**3.7.3. Neumáticos recauchutados:** Por “recauchutado” se entiende el reemplazo de la superficie desgastada del neumático. Un criterio importante en relación con el recauchutado de neumáticos es controlar el número de veces que puede recauchutarse. Los Reglamentos No. 108 y No. 109 de la CEPE, definen los requisitos para aprobar la producción de neumáticos recauchutados, estableciendo a la vez que los neumáticos de automóviles pueden recauchutarse una sola vez, mientras que los neumáticos de camiones pueden recauchutarse un número limitado de veces, debiendo tenerse en cuenta que la vida de una cubierta original de un neumático no deberá superar los siete años.

**3.7.4. Neumáticos fuera de uso:** Un neumático que ya no puede utilizarse para el propósito para el que se fabricó originalmente se denomina neumático fuera de uso. Es un neumático al que se le califica como “desecho”, porque ya no tiene las condiciones técnicas necesarias para el recauchutado, pero el material puede recuperarse cortándolo, triturándolo o moliéndolo y utilizándolo en distintas aplicaciones, como calzado, superficies para la práctica de deportes o alfombras, entre otras. Los NFU también pueden utilizarse como combustible derivado de neumáticos para la recuperación de energía.

### **3.8. Normativas de calidad de neumáticos a nivel nacional e internacional**

En Nicaragua, no existe ninguna disposición legal que regule directamente la calidad de los neumáticos que se comercializan en el país. Las exigencias de calidad de este producto, están orientadas a garantizar el tiempo de vida útil del producto, contribuyendo de esta forma al cumplimiento de los principios de prevención y minimización de los residuos de NFU. A nivel internacional, se tienen las siguientes normas, según el país:

**Estados Unidos:** Normas del Departamento de Transporte de Estados Unidos (DOT), establece que los fabricantes clasifiquen los neumáticos de autos de pasajeros basados en tres factores de desempeño: desgaste de la banda de rodamiento, tracción y resistencia de temperatura. La clasificación de calidad describe comparativamente los niveles de desempeño de un neumático basados en ensayos especificados por el gobierno, pero

encargados por los fabricantes de neumáticos individuales. Todos los fabricantes de neumáticos y propietarios de marcas comerciales tienen la obligación de clasificar los neumáticos normales usados en autos de pasajeros en estos tres factores de desempeño.

**Unión Europea:** La División Transporte de la Comisión Económica de la Naciones Unidas para Europa (UN/ECE) ha desarrollado los estándares mínimos de construcción y certificación vehicular que se aplican en todos los países miembros. Los estándares se basan en Directiva 92/23/CEE que se refiere a los neumáticos de los vehículos de motor y de sus remolques, así como de su montaje, y sus reglamentos relacionados: Reglamento CEPE/ONU 30, Neumáticos para vehículos de pasajeros; Reglamento CEPE/ONU 54, Neumáticos para vehículos industriales; Reglamento CEPE/ONU 75, Neumáticos para vehículos de motor de dos y tres ruedas; Reglamento CEPE/ONU 108, Neumáticos recauchutados para vehículos automóviles y Reglamento CEPE/ONU 109, Neumáticos recauchutados para vehículos industriales (el código viene representado en el flanco de la rueda por E8 o E9 rodeado por un círculo). Existe además la Homologación UE para EEUU y Canadá; este tipo de homologación no es obligatoria en Europa; solo es necesaria en el caso de que se exporten neumáticos a EEUU y Canadá; para comprobar si se tiene esta homologación se debe revisar el flanco de la rueda y buscar un número DOT. Además de lo anterior, cabe señalar que la Norma ISO 9001/2000 es obligatoria en Europa.

**Argentina:** En Argentina, existe la ley N° 24.449 que junto con el Decreto 779/95, protegen la seguridad de los consumidores, y designan a la Secretaría de Industria para establecer un sistema de Certificación de Homologación de Autopartes de Seguridad (C.H.A.S.) para todo componente o pieza destinada a repuestos de vehículos automotores, acoplados o semiacoplados que se fabriquen o importen en el país para el mercado de reposición. La Secretaría de Industria dictó la Resolución 91/2001, que regula el mercado de reposición de autopartes de seguridad para vehículos automotores, acoplados o semiacoplados. El sistema generado a partir de la Resolución 91/2001 implica que toda autoparte que se comercialice en Argentina deberá demostrar que cumple con normas de seguridad estrictas. Para los productores esto implica presentar certificados de cumplimiento con las normas IRAM específicas. Además valida las autopartes importadas con los mismos certificados IRAM o certificados de adecuación a las normas internacionales. La homologación, comprueba el cumplimiento de las normas de seguridad y debe efectuarse ante el Instituto Nacional de

Tecnología Industrial (INTI). Esta homologación es un requisito obligatorio que deben cumplir todos los proveedores de autopartes, tanto nacionales como importadores para poder colocar sus productos en el mercado argentino, estableciéndose un sistema de garantía sobre la seguridad y trazabilidad del producto, a través de la certificación otorgada por un organismo de carácter nacional o internacional reconocido por la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, luego de realizar los ensayos requeridos sobre el producto, de acuerdo a la normativa internacional.

### **3.9. Sistemas de gestión de NFU desarrollados a nivel internacional**

Aun cuando los neumáticos son bienes indispensables en la economía de los países, su uso y disposición pueden causar impactos al ambiente y a la salud, por lo que a nivel mundial se han desarrollado sistemas de gestión basados en los siguientes principios (UNEP, 2008).

**3.9.1. Sistemas basados en la responsabilidad extendida del productor:** En este modelo, la ley atribuye al productor (fabricante o importador) la responsabilidad de organizar y gestionar los residuos, Normalmente esta responsabilidad se transmite a una entidad gestora en su nombre y se financia mediante una contribución que generalmente es trasladada al mercado de manera visible en la factura. La Directiva 75-442 de la Comunidad Económica Europea enfatiza que la implementación de este principio constituye un poderoso instrumento en la gestión de los residuos. Las tendencias actuales privilegian este sistema.

**3.9.2. Sistemas basados en pago de impuestos específicos:** El modelo de tasas gubernamentales es un sistema intermedio en el que el estado organiza la gestión de los residuos por medio de sistemas de recolección y disposición, realizado por empresas específicas que realizan este servicio y que son remuneradas con los fondos recaudados mediante el pago de impuesto por los productores, quienes finalmente las transmiten al consumidor final.

**3.9.3. Sistemas basados en la regulación libre del propio mercado:** En este sistema de libre mercado, la legislación establece metas a alcanzar pero no especifica quien es el responsable del proceso. Por ello, todos los actores involucrados en la cadena de valor son libres de actuar de acuerdo a las condiciones del mercado mientras cumplan con la legislación. En Europa coexisten estos tres modelos de gestión para los neumáticos usados.

En la Figura 7, se muestran los países europeos y los distintos sistemas de gestión del residuo “neumáticos fuera de uso”, que han implementado. La Tabla 1, presenta los distintos sistemas de gestión integral de neumáticos adoptados por países en Europa, América y Australia.

**Tabla 1. Sistemas de gestión de neumáticos fuera de uso adoptado en diversos países.**

Sistema de responsabilidad del productor	Sistema basado en impuestos	Sistema de libre mercado.
Bélgica, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Holanda, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, España, Suecia, Republica Checa	Dinamarca, República Eslovaca, Latvia	Austria, Alemania, Irlanda, Suiza, Reino Unido.
Brasil, México, Costa Rica		Estados Unidos
		Australia

Fuente: UNEP/CHW 9/18 (2008).

De acuerdo a la jerarquía de gestión de residuos, se da prioridad a las acciones orientadas a su prevención y reducción, lo que ha implicado establecer acciones para incrementar la vida útil de los neumáticos, por lo cual los fabricantes de neumáticos han desarrollado guías de buenas prácticas y procedimientos de mantención.

Otra forma aplicada para aumentar la vida útil es a través del proceso de recauchaje. El recauchado es una posibilidad técnica, aunque requiere una cuidadosa separación de los NFU en función de su estado o grado de uso. Italia y Dinamarca recauchan alrededor de un 22 % del total de los NFU, que generan; otros países, como Holanda, recauchan porcentajes del orden del 2 %. La media podría estar alrededor del 17 %. En España se recauchuta un porcentaje muy alto de los NFU de camión; por término medio un mismo neumático es recauchado unas dos veces, lo que hace que pueda tener unos tres ciclos de vida. Se estima que en España se recauchuta un aproximado del 14 % del total de NFU. En la actualidad en la UE se están poniendo en marcha los Reglamentos de Homologación de Recauchado (R 108 para neumáticos de turismos y R 109 para los de camión), que garantizarán la calidad técnica de las instalaciones y de los procesos.

Las posibilidades de reciclaje de los NFU, es decir el aprovechamiento de sus componentes materiales para usos distintos de la valorización energética, han experimentado en los últimos tiempos un importante aumento y la tendencia actual es a revertir en parte el gran porcentaje que se utiliza como combustible.





Fuente: Signus.

Figura 7. Sistemas de gestión del residuo “neumáticos fuera de Uso” en Europa.

Entre los usos de los materiales reciclados procedentes de los NFU, están los siguientes:

- NFU troceados y granulados: Para pistas deportivas, vías, revestimientos de pavimentos, aditivos para asfaltos, moquetas, calzado, frenos, muros anti-ruido, fabricación de nuevos neumáticos y de otros componentes del automóvil, edificios agrícolas, material deportivo, etc.
- Neumáticos enteros: Para arrecifes artificiales, puertos, obras de estabilización y refuerzo de taludes, muros de contención, etc.

Varias han sido, en los últimos tiempos las sugerencias y propuestas que se han hecho para la correcta gestión de los NFU en Europa. Entre ellas hay que destacar las recomendaciones del Grupo de Trabajo de la Unión Europea sobre NFU, presentadas en 1994, la Directiva



relativa al vertido de residuos, Directiva del Consejo 99/31/CE, la Directiva 2000/53/CE relativa a los vehículos al final de su vida útil (VFU) y la Directiva 2000/76/CE relativa a la incineración de residuos. Es importante mencionar, además, que algunos países permiten la comercialización y distribución de neumáticos usados, por ejemplo en el Reino Unido este tema se considera dentro de la normativa de “Motor Vehicle Tyres Safety Regulación” de 1994, pero se establecen restricciones respecto de las condiciones de los neumáticos, en cuanto a presencia de defectos, roturas o fallas.

### **3.10.- Sistemas de gestión del residuo NFU en la región latinoamericana**

#### **Brasil**

En Brasil, la Resolución N° 258 CONAMA, del 26 de agosto de 1999, regula, y fija los plazos para la recogida y destino final de neumáticos usados, de manera gradual. A partir de enero de 2002, por cada cuatro neumáticos fabricados en el país o importados, los fabricantes debían dar destino, a lo menos, a un neumático usado. En enero de 2003, la proporción era cambiar un neumático usado por cada dos fabricados o importados; en enero de 2004, la paridad era de uno a uno. Finalmente, desde enero de 2005, la norma indica que los fabricantes deben dar destino final a cinco neumáticos usados (incluidas los cuatro neumáticos fabricados o importados, más un NFU adicional, reciclando un 20 por ciento más de lo que vende en el país, con el fin de lograr una efectiva reducción de los neumáticos que se han vertido sin control en años precedentes, cifra superior a 100 millones según especialistas del país. Brasil produce cerca de 40 millones de neumáticos nuevos al año e importa entre 18 y 20 millones más.

La resolución también prohíbe la disposición inadecuada para los neumáticos, tales como la eliminación en vertederos, al mar, ríos, lagos, arroyos, o terrenos baldíos y la quema al aire libre. Un importante problema en dicho país es que, a pesar de estar prohibido desde 1991 existe un importante mercado de importación de neumáticos recauchados desde la UE y otros países de la región.

Entre las alternativas de disposición final existentes en Brasil, se encuentra el coprocesamiento en hornos de cemento. Este método es supervisado por el CETESB, organismo que se encarga de la supervisión en materias de medio ambiente en el Estado de Sao Paulo. Otra alternativa de destino de los neumáticos, se encuentra en la planta de procesamiento de bitumen en Petrobras, en la ciudad de Sao Mateus do Sul / PR, la que se

aprobó un programa para su reutilización, que se mezcla una proporción de 50 Kg de neumático triturado con 950 Kg de asfalto, para uso en pavimentación.

### **Argentina**

Argentina dispone de una adecuada capacidad de procesamiento para recauchar sus propios neumáticos usados, sin necesidad de recurrir a importaciones. El Centro INTI-Caucho junto con actores privados del sector del caucho y eventuales consumidores del material reciclado, conformaron un grupo de trabajo permanente que está desarrollando propuestas tecnológicas de recuperación y reutilización del residuo, para lograr una gestión integral que abarca su valorización y minimización de la disposición final. Se ha sumado, actualmente, a este grupo promotor la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación; la iniciativa comprende la creación de un plan nacional de recuperación de neumáticos, el desarrollo de emprendimientos para el aprovechamiento de este desecho y la promoción de la legislación ambiental adecuada. El plan nacional contempla la confección de un análisis de las distintas regiones del país según los volúmenes de acumulación de unidades usadas, el sistema de recolección y clasificación de las mismas y los actores involucrados.

La generación de neumáticos fuera de uso en Argentina - cálculo basado en los volúmenes de producción destinada al mercado interno y a las importaciones - supera las 100.000 toneladas anuales, de las cuales 38.000 corresponden al área de Buenos Aires.

Teniendo en cuenta los datos existentes sobre los volúmenes de NFU, el grupo de trabajo elaboró una propuesta de gestión integral de este residuo, destinada, en principio, al área metropolitana. En ella, se evalúan las condiciones en esta zona geográfica en cuanto a la disponibilidad de recursos y se comprueba la necesidad de construir un centro de acopio de neumáticos usados para su posterior transformación y transferencia.

La propuesta de gestión contempla la logística de recolección de los neumáticos en desuso, - en forma separada del resto de los residuos -, provenientes tanto de usuarios particulares como de empresas de transporte, gomerías, talleres de reconstrucción, entre otros. Luego, los neumáticos usados serán transformados, en una planta industrial, en trozos de goma, con la granulometría adecuada para su utilización posterior.

Este procedimiento permitiría una ocupación más eficiente de los terrenos sanitarios y la aplicación de los triturados, por ejemplo, como combustible alternativo al gas en los hornos cementeros (contribuyendo de esta forma a paliar el déficit de gas), como ingrediente en la mezcla de asfaltos para caminos, como aditivo del piso de canchas de césped sintético o

para la fabricación de otros productos a partir del polvo de goma. Se trata de impulsar un modelo tecnológico para después extender la gestión a todo el país.

En cuanto a la legislación ambiental, el grupo de trabajo formuló el proyecto de “Ley del Sistema Integral para el Manejo Ambientalmente Responsable de NFU” y lo presentó, ante el Poder Ejecutivo Nacional, para que gestione su aprobación. Sus principios rectores intentan además motivar el desarrollo ulterior de un sistema general para el manejo y gestión de otros residuos.

En resumen, la puesta en práctica de toda esta propuesta de gestión sostenible supone un ordenamiento lógico de las distintas etapas que implican el manejo de cualquier residuo, partiendo desde la generación, acumulación, recolección, transporte y almacenamiento, hasta llegar a su tratamiento para reciclado o reutilización, o para su disposición final. El modelo de gestión surge de una clara articulación de los sectores público y privado con incorporación tecnológica. Su aplicación facilitaría no sólo el manejo responsable de los desechos para eliminarlos del paisaje urbano y rural del país, sino también ayudaría a acelerar su proceso de reciclaje.

### **Puerto Rico**

En Puerto Rico se desechan aproximadamente 8.100 toneladas de desperdicios sólidos diarios, los cuales se tienen que disponer en los vertederos del país. No obstante, la falta de disposición adecuada de estos desperdicios es uno de los problemas mayores en la Isla y el desecho de neumáticos es parte de este problema. Debido al gran espacio que ocupan los neumáticos en los vertederos, los cuales reducen así la vida útil de los mismos, su difícil manejo, el peligro de incendio y la propagación de mosquitos a causa de la acumulación de éstos, los municipios están renuentes a recibir en sus vertederos los neumáticos desechados. Esta situación causa la disposición de neumáticos en vertederos clandestinos. El procesamiento y/o reciclaje es una forma adecuada para manejar y disponer de los neumáticos, ya que éstos se pueden reutilizar, entre otros, como: combustible derivado o suplementario, agregado de asfalto, agente abultante para compostaje de lodos de aguas residuales, construcción de arrecifes artificiales, control de erosión, pueden ser triturados para un mejor manejo de éstos en los rellenos sanitarios en ausencia de un mercado de uso final. Por tal razón, Puerto Rico, establece mediante la Ley 171, Ley de manejo de neumáticos de 31 de agosto de 1996, un control en el uso, manejo y disposición de neumáticos, prohibir la disposición final de neumáticos enteros en instalaciones de disposición de residuos sólidos autorizadas del país e incentivar el reciclaje, así como el uso

de materiales y/o recuperación de energía derivadas de éstos. Además se impone un cargo o impuesto de manejo y disposición sobre cada neumático importado al país. El recaudo del cargo se depositará en un fondo para el manejo adecuado de neumáticos para promover el programa establecido mediante esta Ley.

### **Costa Rica**

En Costa Rica desde el año 2007 se aplica el “Reglamento de Neumáticos de Desecho”, el cual establece que los generadores (importadores y fabricantes de neumáticos) y los vendedores (distribuidoras), serán responsables de entregar los neumáticos de desecho a los sitios de tratamiento quienes deberán presentar un Plan de Manejo de NFU. La entidad fiscalizadora es el Ministerio de Salud. Un punto clave de estas legislaciones el control de los NFU para prevenir problemas a la salud por la proliferación de mosquitos a través de este residuo.

El Reglamento indica que tratamiento de los neumáticos de desecho podrá efectuarse por alguno de los siguientes procesos:

- Generación de energía calórica en hornos de la industria cementera de acuerdo a lo establecido en el Decreto Ejecutivo 31837-S “Reglamento de Requisitos, condiciones y controles para la utilización de combustibles alternos en los hornos cementeros”.
- Producción de pacas de neumáticos utilizadas en proyectos de obras civiles. Agregados para el pavimento asfáltico.
- Producción de polvo de caucho.
- Generación de energía eléctrica.
- Cualquier otro proceso específico debidamente aprobado por el Ministerio de Salud.

También se permitirá el empleo de NFU en proyectos de rellenos sanitarios con el fin de proteger las geomembranas impermeabilizantes tal y como lo dispone el Reglamento sobre Rellenos Sanitarios, Decreto Ejecutivo 27378-S. Asimismo en proyectos de construcción de arrecifes artificiales en los mares patrimoniales del país.

### **México**

En México, La Cámara Nacional de la Industria del Caucho, estima que anualmente se generan 25 millones de NFU, de los cuales, el 23% son destinadas al distrito federal. Por otra parte, la Dirección General de Servicios Urbanos del Gobierno del Distrito Federal (DGSU) estima que aproximadamente 3.000 NFU, son captados por el sistema de limpieza diario, algunas de estos NFU, son recuperados en las Plantas de Selección y son acumulados

a cielo abierto en áreas designadas para este fin, otros son enviadas a empresas autorizadas para ser utilizadas como combustible alternativo. En materia de gestión de residuos, México, se rige por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral Residuos, que reglamenta las disposiciones constitucionales referidas a la protección del ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional. Sus disposiciones son de orden público e interés social, su objeto es garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación. En el mes de Agosto del año 2014, se reformo esta ley, estando vigente desde Mayo del 2015. Esta reforma considera a los NFU, como residuos de manejo especial. Establece que los fabricantes, importadores, distribuidores, gestores y generadores están obligados de la gestión de los NFU, garantizando su recolección conforme las normas oficiales mexicana correspondiente, presentaran e implementaran planes de manejo, bajo los principios de valorización y responsabilidad compartida, quienes contarán con un plazo no mayor a dos años para formular y someter a consideración de la autoridad correspondiente dichos planes a partir de la entrada en vigencia de la reforma de la ley. Para la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los NFU, las entidades federativas establecen las obligaciones de los generadores, distinguiendo grandes y pequeños, y las de los prestadores de servicios de residuos de manejo especial, y formularán los criterios y lineamientos para su manejo integral. Prohíbe la disposición final de neumáticos en predios baldíos, barrancas, cañadas, ductos de drenaje y alcantarillado, en cuerpos de agua y cavidades subterráneas. Por otra parte, exige que las obras concesionadas para construir, conservar y mantener los caminos y puentes federales, incluyan en sus características de construcción el empleo de caucho reciclado proveniente de neumáticos usados. Así mismo, esta ley, instituye la obligación del gobierno federal de desarrollar una "Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Neumáticos Usados" y la publicación de la norma oficial mexicana que establezca los criterios de gestión, responsabilidad compartida y valorización para el manejo integral de los neumáticos usados.

En el Anexo 18, se presenta un cuadro comparativo de las diferentes legislaciones que regulan la gestión de los NFU y los distintos modelos de sistema de gestión de NFU, que cada país ha adoptado.

#### IV. Diseño metodológico de la investigación

##### 4.1.- Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación tiene las siguientes características:

**Según su aplicabilidad:** Es una investigación aplicada, y está dirigida al estudio de un problema concreto del área ambiental, relacionado con necesidad de la gestión integral del residuo NFU, que es un residuo tóxico y peligroso, derivándose del estudio y análisis de la problemática, la elaboración de soluciones y propuestas de implementación de alternativas tecnológicas para su aprovechamiento y valorización que contribuyan al desarrollo sostenible del país.

**Según el nivel de profundidad del conocimiento:** Se puede clasificar como una investigación predictiva, combinada con elementos de las investigaciones descriptiva y explicativa, dado que el estudio sobre la gestión integral del residuo NFU, pretende evaluar los impactos relacionados con los componentes ambientales susceptibles de alteración y/o de sufrir algún impacto en el ambiente y la salud, así como sus efectos y proponer alternativas que contribuyan a la solución. El estudio, tiene como uno de sus objetivos describir la situación actual de la gestión del residuo NFU, identificando a cada uno de los actores, su rol y responsabilidades que deben asumir como generadores de este residuo para su gestión integral. Por otra parte explica la relación existente entre la composición química de los neumáticos en desuso y sus efectos negativos como contaminante de suelos, aire y agua, así como su rol de reservorio para vectores de enfermedades infectocontagiosas que pueden desencadenar epidemias en la población y predecir, sobre esta base el comportamiento futuro de este residuo y sus implicaciones para el ambiente y la salud de la población, en caso de no dársele el manejo y tratamiento adecuado.

**Según la amplitud con respecto al proceso de desarrollo del fenómeno:** La investigación es de corte transversal, y siendo que la gestión del residuo NFU, es proceso dinámico, que se encuentra en constante cambio con relación al crecimiento anual de la flota vehicular, a los actores que participan en la gestión, y aspectos ligados a la problemática ambiental que generan, el estudio ubicado en tiempo y espacio se desarrolló en el Municipio de Managua, analizando el periodo comprendido entre 1° de Enero del 2010 y el 31 de Diciembre 2015.

#### **4.2.- Universo de estudio de la investigación**

El universo de estudio de la presente investigación ha estado conformado por:

- El Municipio de Managua con su población, sus ecosistemas, sus compartimientos ambientales y demás componentes susceptibles de alteración por impactos al ambiente y la salud.
- Los elementos que conforman y que participan en las distintas etapas de la gestión integral del residuo NFU, entre los que están :
  - Productores, usuarios/consumidores/generadores, gestores de NFU.
  - Entes de los gobiernos central y local, encargados de regular y fiscalizar la gestión del residuo.
  - Las tecnologías y sus aplicaciones para el aprovechamiento y valorización material y energética del residuo NFU.

#### **4.3.- Metodología para la ejecución de la investigación**

La investigación sobre la selección de alternativas de aprovechamiento y valorización material y energética del residuo NFU, en el Municipio de Managua, estuvo constituida por un conjunto de estudios, análisis y propuestas de actuación y seguimiento que abarcan el análisis y la evaluación de la adecuación, aplicación y cumplimiento del marco legal ambiental para la regulación de la gestión integral del residuo NFU; el establecimiento del estado del arte de la gestión actual del residuo NFU, en el Municipio de Managua; la caracterización de las tecnologías y sus aplicaciones para el aprovechamiento y valorización material y energética del residuo NFU; la definición de alternativas tecnológicas y propuestas de estrategias ambientales y socioeconómicas para la gestión integral del residuo NFU, considerando su potencial como recurso energético y material por medio del aprovechamiento y valorización tanto material como energética. Los hallazgos encontrados en esta investigación, forman parte del soporte técnico y científico, necesarios para la definición de una adecuada política ambiental que haga posible el desarrollo sostenible de los recursos involucrados en esta problemática ambiental. Estos resultados, son de mucha utilidad para las entidades estatales y locales como un punto de arranque para la ejecución y establecimiento de actuaciones ambientales - proyectos, estudios, organización interna - en el Municipio de Managua y otros, que tienen esta misma problemática ambiental provocada por la gestión inadecuada del residuo NFU.

#### **4.3.1.- Métodos y procedimientos para la evaluación del nivel de aplicación y cumplimiento del marco legal ambiental del país regulatorio del residuo NFU y su gestión ambiental integral**

Empleando las técnicas de la investigación documental, se identificaron las normas legales que rigen el ámbito ambiental y que son aplicables a la gestión del residuo NFU. Los contenidos y el articulado de interés particular de estas normativas para esta investigación, se presentan en los Anexos 1 y 2. Se analizaron cada una de estas leyes, decretos, resoluciones y convenios internacionales, estableciendo todas aquellas disposiciones relacionadas con el manejo, tratamiento, disposición final del residuo, relacionadas con la gestión del residuo NFU.

Se realizaron entrevistas a las siguientes personas que desempeñan cargos relacionados con la gestión de residuos, tanto a nivel del gobierno central como del gobierno local:

##### **Funcionarios del gobierno central**

Ing. Lubina Cantarero – FOMAV - MTI

Ing. Luis Molina - Director UGA MEM

Lic. Boanerges Castro - Director de Unidad de Gestión Ambiental del MINSA

Lic. Francisco Cerda – Director Bienes del Estado del MHCP

Lic. Lesbia Aguilar – Departamento de Calidad Ambiental del MARENA

Lic. María Auxiliadora Munguía – Comisión de Medio Ambiente de la Asamblea Nacional

Lic. María Magda del Carmen - Directora de UGA del MIFIC

Tnt. Iván Tijerino – Director de la Dirección General de Bomberos

##### **Funcionarios municipales**

Arq. Alba Roa – Dirección Ambiental ALMA

Ing. Nikirana Ferreti – Dirección Ambiental ALMA

Ing. Rene López- Red Vial Plantel Batahola ALMA

Ing. Víctor Sandoval- Transporte ALMA

Luego de sintetizada la información obtenida por medio de las entrevistas, se procedió a establecer la adecuación del marco legal ambiental para la regulación de la gestión del residuo NFU, el rol y las funciones que cumplen estos delegados según sus competencias de ley para aplicar y hacer cumplir estos instrumentos jurídicos para lograr una adecuada y correcta gestión ambiental del residuo NFU.



#### **4.3.2- Métodos y procedimientos para realizar el diagnóstico de la gestión actual del residuo NFU**

El diagnóstico de la gestión actual del residuo NFU, se realizó desde el enfoque del ciclo de vida del producto y sus residuos. El diagnóstico de la gestión actual del residuo NFU, desde el enfoque metodológico se conformó con los siguientes elementos:

- Caracterización de las propiedades físicas, químicas y tecnológicas del residuo.
- Cuantificación de la generación anual del residuo en el Municipio de Managua, en el periodo 2010-2015.
- Situación actual del manejo, aprovechamiento, valorización, tratamiento y disposición final del residuo NFU, en el Municipio de Managua.
- Evaluación de los impactos al ambiente en el Municipio de Managua y las afectaciones a la salud de sus pobladores.

Parte de la información necesaria para establecer el estado del arte de la gestión actual del residuo NFU, se obtuvo por medio de entrevistas a los funcionarios del gobierno central y municipal ya referidos y también a funcionarios de cooperativas de transporte, de empresas importadoras, distribuidoras y comercializadoras de neumáticos nuevos y de segunda.

##### **Funcionarios de Cooperativas de Transporte**

Lic. Javier Landeros Villalta – Junta Directiva de Cooperativa 22 de enero.

Ing. Ramón Martínez Castro - Junta Directiva de Cooperativa Parrales Vallejos.

Lic. Israel Morales Cajina – Junta Directiva de FENICOTAXI.

##### **Funcionarios de empresas importadoras, distribuidoras y comercializadoras de neumáticos.**

Lic. Yadira Alguera – Administradora de Llantera San Luis

Lic. Ivannia Mendoza – Administradora de REPSA

Jean Carlos Peñalba - Propietario de Reencauchadora Santa Ana.

##### **Otros actores**

Lic. Kamilo Lara – Director del FONARE.

Ing. Diana Lacayo – Seguridad Ambiental de Cementos HOLCIM – Planta Nagarote.

#### **4.3.2.1.- Métodos y procedimientos para la caracterización de las propiedades físicas, químicas y tecnológicas del residuo NFU**

Las propiedades físicas, químicas y tecnológicas del neumático, se obtuvieron de las empresas importadoras y comercializadoras a partir de información que el fabricante les entrega, la cual fue completada con la información obtenida de las búsquedas y consultas bibliográficas que se citan en el correspondiente acápite. La importancia de la identificación de estas propiedades, radica en que por medio de estas, se establecen las características y propiedades de las sustancias contaminantes desprendidas por el residuo NFU, y la valoración de sus impactos sobre el ambiente tales como el tipo de efecto, extensión, intensidad, momento, persistencia, acumulación, reversibilidad, efecto, recuperabilidad, periodicidad, sinergia y significancia.

#### **4.3.2.2.- Métodos y procedimientos para la cuantificar la generación anual del residuo “neumático fuera de uso” a nivel del Municipio de Managua**

La cuantificación de la generación del residuo NFU, se realizó utilizando:

- La información proporcionada por la Dirección de Seguridad de Transito de la Policía Nacional, con la que se determinó el comportamiento del crecimiento del parque vehicular en el Municipio de Managua en el periodo transcurrido entre el 1 de Enero del 2010 a 31 de Diciembre del 2015. Se identificó el tipo de vehículo y la cantidad existente para cada año de referencia.
- Con el programa de modelación y simulación HDM-III-VOC para el tráfico vehicular en el Municipio de Managua , utilizado para el diseño y mantenimiento de carreteras se establecieron los tiempo de uso y vida útil en kilómetros durante un año de los neumáticos de los vehículos que circulan en el Municipio de Managua, con el cual se estableció el factor de cambio de neumáticos o de generación de NFU, según el tipo de vehículo, tiempo de uso , estado actual de las vías de circulación del Municipio de Managua.
- Se consideró que aproximadamente un 5 % de los neumáticos que se sustituyen durante el año, se recauchutan.
- El programa de simulación realiza un ajuste del número de neumáticos para cada vehículo, según las condiciones y estado de las calles y carreteras del Municipio de Managua.

#### 4.3.2.3.- Métodos y procedimientos para diagnosticar la gestión actual del residuo NFU, desde el enfoque del ciclo del producto

La gestión del residuo NFU, se realizó conforme las etapas del ciclo de vida del producto y del residuo, en el cual se han identificado las siguientes:

- Producción/Importación de neumáticos nuevos y/o usados.
- Recolección y transporte de NFU.
- Valorización material: Incluye el reciclaje del residuo, el recauchutado de los neumáticos que aún pueden usarse, la **reutilización** de NFU, sin utilizar procedimientos de transformación y el tratamiento para la obtención de materiales: caucho, acero y textiles, que sirven de materia prima para la elaboración de otros productos.
- Valorización energética: uso como combustible alternativo.
- Disposición final de NFU.

De previo se identificaron los actores, que participan en las diferentes etapas de la gestión de NFU y en las actividades que integran este proceso y que son:

- **Productores:** que incluye a empresas importadoras, distribuidoras y, comercializadores de neumáticos nuevos y usados.
- **Generadores:** que incluye a empresas y cooperativas de transporte de carga, de transporte urbano colectivo, transporte selectivo, usuario de transporte particular y entidades del estado que conforman una flota vehicular de gran tamaño.
- **Gestores:** Empresas recicladoras de residuos, reencauchadoras y recicladores del sector informal.
- **Reguladores y Fiscalizadores de la gestión de NFU:** que son funcionarios de la administración pública: Entidades del estado y del gobierno municipal encargados de aplicar y hacer cumplir las disposiciones legales de carácter ambiental.

Estas personas, ya han sido relacionadas los acápite 4.3.1 y 4.3.2 y fueron entrevistados en su momento, entrevistas que estuvieron dirigidas también a establecer:

- El manejo del residuo, iniciando desde el momento en los neumáticos ingresan al país, continuando con los procesos y requerimientos de calidad y seguridad de los neumáticos tanto nuevos como usados, pasando por la etapa de generación, describiendo los procedimientos de recolección y transporte del residuo, las condiciones de los emplazamientos para el almacenamiento del residuo considerando las medidas de seguridad necesarias.

- La vida útil de los neumáticos, el tiempo efectivo de uso del vehículo, según los procedimientos de explotación y tipo de vehículo, periodos de cambio de neumáticos, para determinar los índice de generación anual del residuo NFU.
- Las técnicas y procedimientos utilizados por los productores, generadores y gestores de los residuos relacionados con la **reutilización**, el reciclaje, el tratamiento y la disposición final del residuo.

Se realizaron visitas técnicas al vertedero municipal “La Chureca”, para identificar los procedimientos y técnicas que emplean la administración municipal para el tratamiento y disposición final de los residuos NFU.

#### **4.3.2.4.- Métodos y procedimientos para evaluar los impactos y afectaciones al ambiente y la salud producidos por el residuo NFU en el municipio de Managua.**

Se identificaron “in situ” los impactos ambientales y las a afectaciones a la salud de los pobladores del Municipio de Managua, provocados durante la realización de las distintas actividades de las etapas de la gestión de los residuos NFU, se emplearon las técnicas y procedimientos establecidos para los estudios de evaluación de impacto ambiental. Se ha utilizado una Matriz de Leopold adaptada y modificada al proceso de gestión de NFU. La Matriz de Leopold modificada y los criterios de valoración de las afectaciones e impactos ambientales se presentan en el Anexo 3.

##### **4.3.2.4.1- Efectos de los riesgos ambientales a evaluar**

Los efectos identificados y evaluados que constituyen riesgos ambientales fueron:

- Efectos sobre la salud y seguridad de los habitantes del Municipio de Managua.
- Efectos adversos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales.
- Efectos adversos sobre los ecosistemas y alteración de los procesos ecológicos esenciales.
- Efectos adversos sobre zonas especialmente sensibles o por su localización próxima a poblaciones o recursos naturales susceptibles de ser afectados.
- Efectos adversos a las áreas naturales protegidas o zonas de influencia.
- Alteración de las cualidades o el valor paisajístico o turístico de zonas declaradas de valor turístico.
- Efectos adversos a la infraestructura de servicios básicos.

Los efectos identificados se evaluaron por separado, mediante el uso de la Matriz de Leopold, procediendo luego a la predicción, pronóstico y estimación de la magnitud, naturaleza, intensidad, reversibilidad, persistencia, momento, extensión e importancia de los impactos utilizando los criterios ya relacionados en el Anexo 3.

#### **4.3.3. Métodos y procedimientos para la caracterización de las tecnologías y definición de aplicaciones utilizadas para el aprovechamiento y la valorización material y energética del residuo NFU.**

Se analizó el estado del arte de las tecnologías y aplicaciones para del aprovechamiento y valoración material y energética del residuo NFU. Para ello se consultó a proveedores nacionales y extranjeros de este tipo de tecnología para determinar principios de funcionamiento, parámetros de operación, capacidades de producción, consumo energético, costos de adquisición, condiciones de mantenimiento, tiempo de vida útil, generación de residuos, afectaciones ambientales, ventajas y desventajas entre las distintas tecnologías.

Se aplicaron también los métodos, procedimientos, técnicas y herramientas de la vigilancia tecnológica, realizando búsqueda de tecnologías nuevas, patentes, investigaciones terminadas y en proceso para el caso de una vigilancia ocasional, consultando diversas bases de datos internacionales e información en sitios web especializados destinadas para este fin. Como resultados de las búsquedas y consultas, se han encontrado 142 artículos en la aplicación Current Content Connect, de la Base de Datos de la ISI Web of Knowledge de THOMSON, utilizando las sentencias de búsqueda: (tyre\* OR tire\*) AND recycl\*, entre los años 2005 al 2015.

Los grupos principales de investigación están en el Instituto Tecnológico de la India, el CSIC, la Universidad de Leeds y la Escuela de Ingenieros de Bilbao, entre otros. En lo que se refiere a patentes de invención, la búsqueda ha concluido con un total de 130 patentes relativas a métodos de reciclaje para neumáticos usados, identificadas en la aplicación Derwent Innovation Index de la base de datos ISI Web of Knowledge de THOMSON, de las cuales 31 resultaron relevantes para esta investigación. La sentencia de búsqueda utilizada fue tire\* OR tyre\* AND recycling AND method y se limitó al periodo 2010-2015. Las bases de datos consultados con sus correspondientes resultados se muestran a continuación en la Tabla 2.

**Tabla 2. Resultados de búsquedas y consultas de Tecnologías y Aplicaciones para el aprovechamiento y valorización material y energética del residuo NFU.**

Base de Datos	Documento	No	Sentencias de búsqueda
Current Contents Wok	Artículos	142	(Tire*OR Tyre*) AND recycl*
Science	Artículos	122	(Tire*OR Tyre*) AND recycl*
PATLIB-Espacenet	Patentes	120	(Tire*OR Tyre*) AND recycl*
Derwent Innovation Index WoK	Patentes	154	(Tire*OR Tyre*) AND recycling AND apparatus OR Machine AND (asphalt OR cement).
Oaister	Tesis Doctorales	3	(Tire OR Tyre) AND recycl*
BOE	Ley, Plan Nacional, Real Decreto	4	Neumáticos
Europa.eu.int	Directivas	2	Neumáticos
CORDIS	Proyectos I+D	13	(Tire OR Tyre) AND recycl*

#### **4.3.5. Métodos y procedimientos para la evaluación y selección de las alternativas de aprovechamiento, valorización material y energética del residuo NFU, durante su gestión integral en el Municipio de Managua**

Durante el desarrollo de la investigación, se formularon varias alternativas para el aprovechamiento y valorización material y energética del residuo orientadas a optimizar los procesos su gestión integral, para incidir en la minimización de aquellos volumen de NFU que pasen a la etapa de disposición final, y contribuir a prevenir y mitigar las afectaciones e impactos ambientales negativos significativos, que han sido identificados y evaluados por una disposición final inadecuada. Estas alternativas incluyen información sobre los costos, la facilidad de implementación - utilización de tecnología existente o modificación de prácticas operacionales - , el nivel de mitigación - eliminación o reducción - de las afectaciones e impactos negativos, la posibilidad de ahorros - conservación de recursos o reducción de los costos de disposición final de los residuos.

Cada alternativa, fue valorada por medio del método de los factores ponderados en conjunto con los indicadores económicos de rentabilidad de las inversiones. El procedimiento aplicado consistió en los siguientes pasos:

- 1°. Se determinó una relación de los factores relevantes para la evaluación y selección de alternativas.
- 2°. Se asignó un peso a cada factor que refleje su importancia relativa.
- 3°. Se fijó una escala a cada factor de 0 a 100 puntos.
- 4°. Se evaluó cada alternativa considerando los pesos de cada factor seleccionado.
- 5°. Se multiplicó la puntuación por los pesos para cada factor y obtener el total para cada alternativa.
- 6°. Se selección la alternativa que obtuvo la mayor puntuación y mejores resultados para los indicadores económicos: VPN, TIR, Periodo de recuperación.

Las alternativas de aprovechamiento y de valorización material y energética del residuo, sometidas a análisis y evaluación fueron las siguientes:

- i. En calidad de combustible alterno para la producción de cemento y en plantas térmicas, tanto para la generación de energía térmica como energía eléctrica.
- ii. En calidad de materia prima para la producción de asfalto en el Municipio de Managua.
- iii. En calidad de materia prima para la elaboración de productos de cauchos, empleando procesos de trituración de los NFU.

#### **4.4. Trabajo de Gabinete**

El trabajo de gabinete de la parte de ejecución consistió, inicialmente en la elaboración de guía de revisión de normas legales, decretos, disposiciones ministeriales, ordenanzas municipales y convenios internacionales que regulan la gestión de residuos peligrosos y no peligrosos en el país, así como la elaboración de los instrumentos que se aplicaron el trabajo de campo, tales como guía de entrevistas, formularios, lista de chequeo para la identificación y valoración de las afectaciones ambientales.

#### 4.5. Trabajo de Campo

Los instrumentos aplicados en el trabajo de campo, fueron elaborados conforme la planificación de actividades presentadas en el cronograma de actividades de ejecución del trabajo monográfico.

El trabajo de campo incluyo:

- Visitas e inspecciones in situ a los vertederos de residuos urbanos en el Municipio de Managua con el propósito de establecer procedimientos de la gestión del residuo NFU, aplicados por la administración municipal.
- Visitas a los lugares de almacenamiento, tratamiento y disposición final de NFU, empleados por empresas importadoras, distribuidoras y comercializadoras de neumáticos, instituciones del estado, cooperativas de transporte y otras empresas consideradas como grandes generadoras del residuo.
- La aplicación del cuestionario para entrevistas personales a los distintos actores que participan en las distintas etapas de la gestión del residuo NFU : generación, manejo, tratamiento y disposición final del residuo en el Municipio de Managua.
- La entrevista personal se realizó en un solo acto, indagando sobre todos los aspectos de interés para la presente investigación.



## **5. Análisis y evaluación de la adecuación, aplicación y cumplimiento del marco legal ambiental del país que regula la gestión del residuo NFU, en el Municipio de Managua**

El marco legal ambiental es el conjunto de leyes, reglamentos, decretos, resoluciones y ordenanzas que otorgan derechos y responsabilidades al Estado y los ciudadanos para la protección del medio ambiente y el mejor manejo de los recursos naturales.

### **5.1. Marco legal ambiental del país que regula la gestión del residuo NFU, en el Municipio de Managua, actualmente en vigencia**

El marco legal ambiental en Nicaragua, se fundamenta principalmente en el artículo No. 60 de la Constitución y en la Ley general del medio ambiente y los recursos naturales y su reglamento. El precepto constitucional garantiza que todos los nicaragüenses tienen derecho a un ambiente sano y que es obligación del Estado la preservación y rescate del medio ambiente y los recursos naturales. Este derecho fundamental que establece la Carta Magna, se desarrolla en la Ley 217, Ley general del medio ambiente y los recursos naturales, en el “Titulo IV sobre la calidad ambiental”, se incorpora la regulación y la normación de actividades contaminantes en la atmósfera, el agua, el suelo, los desechos sólidos no peligrosos, y residuos peligrosos. Asimismo, manda al Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, a orientar el monitoreo y el control de las fuentes fijas y móviles de contaminación, los contaminantes y la calidad de los ecosistemas. Las regulaciones ambientales regulan nuevas actividades y para actividades existentes. El Decreto 76 – 2006 publicado en La Gaceta No 248 del 22 de diciembre de 2006, establece los requisitos y las categorías de actividades que se deben sujetar, antes de su inicio, a permisos o autorizaciones ambientales.

En Nicaragua, no existen ninguna ley, normativa o cualquier otra disposición legal que regule específicamente el residuo NFU. No obstante, además de las disposiciones legales ya citadas, existen un conjunto de instrumentos legales que conforman un cuerpo jurídico legal, que regula lo concerniente a la gestión de los residuos tanto peligrosos como no peligrosos, y que pueden aplicarse a la gestión de este residuo, entre los que están, además la Política Nacional de residuos sólidos, la Ley general de salud, su reglamento y modificaciones, el Titulo XV Construcciones prohibidas y delitos contra la naturaleza y el medio ambiente del Código Penal, Ordenanzas Municipales, Resoluciones Ministeriales,

Normas Técnicas Obligatoria Nacionales, todos relacionadas con el manejo, tratamiento y disposición final de residuos y el Convenio Internacional de Basilea, relacionado con la prohibición del manejo transfronterizo de residuos peligrosos y tóxicos.

Sin embargo, este marco legal vigente, en materia de residuos, contiene un conjunto de limitaciones en su aplicación práctica y conceptual y en cuanto a su cumplimiento, debido a las debilidades técnico – administrativas y financieras, mostradas por las instituciones de gobierno, tanto del ámbito central como local. A pesar de haber logrado avances importantes en materia de desarrollo de normas técnicas, éstas son insuficientes para alcanzar una gestión integral de los residuos sólidos que sea efectiva desde las perspectivas ambiental, económica, tecnológica y social, que cubran desde el almacenamiento, recolección, transporte, aprovechamiento, valorización material y energética, hasta la disposición final, y que regulen los diferentes sectores productivos.

Si bien MARENA tiene la competencia general de regular las cuestiones ambientales, incluyendo las relacionadas con el manejo de los residuos, la actual Ley general de salud, duplica esta competencia al conceder atribuciones al MINSA en materia de residuos sólidos, como se indica en su título “Salud y Medio Ambiente” en el cual establece que el MINSA en coordinación con las entidades públicas y privadas que corresponda desarrollará programas de salud ambiental y emitirá las normativa técnica sobre manejo de los desechos sólidos. A su vez, en el capítulo “De los Desechos Sólidos”, la Ley establece que los mismos se regularán de acuerdo al Decreto 394 “Disposiciones Sanitarias”, Ley 217 y su Reglamento, Ley de Municipios y su reglamento, Normas Técnicas, Ordenanzas Municipales y demás disposiciones aplicables, lo que pone al MINSA en la condición de juez y parte al administrar y regular el manejo de los residuos en el sector salud.

A pesar de esta duplicidad de atribuciones en materia de regulación y control de los residuos, es notorio observar que la debilidad en la aplicación de estas normativas se da por la falta de cumplimiento estricto de la ley y la falta de una rigurosa fiscalización y vigilancia por parte de las instituciones competentes; situación que es igualmente identificada por las autoridades municipales, las que a falta de legislación especial, han emitido ordenanzas para enfrentar la problemática basados en disposiciones generales y del orden internacional.

Por tanto, el marco legal ambiental de Nicaragua en materia de residuos, actualmente en vigencia y que es aplicable a la gestión del residuo NFU, presenta diversas debilidades, tanto en su adecuación, aplicación, como para su cumplimiento, entre las que están:

- legislación dispersa e incompleta,
- ambigüedad en el ámbito de competencias de los entes del órgano central administrativo y de las municipalidades,
- insuficiencia de disposiciones que obliguen al sector privado a participar y contribuir en la mejora de esta problemática y
- finalmente lo incompatible que resultan los contenidos legales con las situaciones económica, social y cultural, lo que ha dado lugar al abuso en la expedición de instrumentos administrativos que al final padecen las mismas deficiencias anteriormente señaladas.

En definitiva, la falta de certeza institucional en la aplicación y el incumplimiento de la legislación existente, refleja la imperiosa necesidad de contar con instrumento que defina la política sobre este sector, que oriente líneas de acción, facilite el establecimiento de alianzas, fijando la responsabilidad compartida pero diferenciada, de todos los sectores sociales, así como el aprovechamiento y la valorización material y energética de los residuos; y una ley que establezca las obligaciones de las instituciones, de la sociedad y los diversos sectores de la economía nacional, que contribuyan a su manejo integral y sustentable, con mecanismos de control apropiados, que garanticen calidad y seguridad para los operarios de servicios, educación ambiental especializada y la gestión integral y ambientalmente adecuada de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos.

## **5.2. La ley especial de gestión integral de residuos y desechos sólidos peligrosos y no peligrosos**

El 21 de Agosto del año 2014, la Asamblea Nacional de Nicaragua, aprobó en lo general la Ley especial de gestión integral de residuos y desechos sólidos peligrosos y no peligrosos, con la cual se pretende realizar un cambio de paradigma en el tema del manejo de los residuos y desechos en el país, adoptando un enfoque preventivo y distributivo en la responsabilidad de su manejo entre todos los sectores de la sociedad, de manera diferenciada, induciendo la adopción de procesos sustentables de producción y consumo, así como el manejo seguro y ambientalmente adecuado de los residuos y desechos

peligrosos y no peligrosos, mediante el cumplimiento de las normativas actualizadas en el marco de la gestión integral.

Esta ley, tiene por objeto regular y promover la gestión integral de los residuos y desechos sólidos, clasificados por sus riesgos potenciales en peligrosos y no peligrosos, a través de la educación ambiental, la participación ciudadana y el fomento al aprovechamiento sostenible, con el fin de proteger el ambiente y la salud de la población. Establece que la finalidad de la gestión integral de los residuos y desechos sólidos peligrosos y no peligrosos tiene como finalidad evitar y minimizar su generación, promoviendo el reciclaje y su valorización, reduciendo la cantidad de aquellos destinados a disposición final y contribuir con ello a la prevención y mitigación de los riesgos para la salud y el ambiente. Siendo su ámbito de aplicación a todas aquellas personas, sean estas naturales y jurídicas, públicas y privadas, que realicen actividades relacionadas con la generación y manejo de los residuos y desechos sólidos peligrosos y no peligrosos en todo el territorio nacional. Incorpora el principio de “Responsabilidad extendida del productor”, responsabilizando, a los fabricantes, importadores y distribuidores de productos sobre los impactos y afectaciones ambientales que estos provocan, para lo cual deben incluir acciones de selección, separación y reducción de estos impactos en el proceso de producción, así como en el uso y la disposición final de los productos al final de su vida útil. Así mismo, se incluye también el principio de internalización de los costos, obligando a las empresas hacerse cargo de la gestión integral y sostenible, asumiendo a la vez los costos que esto implica en proporción a la cantidad y calidad de los residuos y desechos que genera, lo cual es fundamental para lograr el cambio de actitudes y comportamientos de los generadores de residuos y desechos sólidos peligrosos y no peligrosos. No obstante, el enfoque regulatorio, sigue siendo limitado, debido a que no se centra en la gestión y limita el concepto de la responsabilidad extendida del productor, la cual debe estar dirigida a abarcar el ciclo de vida de los productos y materiales, que permita imponerle obligaciones sobre el diseño de los productos, su composición, su comercialización, de tal forma que se le establezcan objetivos cuantitativos de reutilización, reciclaje y valorización, obligando a la adopción de políticas de prevención de los residuos.

El manejo integral de residuos y desechos, se define como la adopción de todas las medidas necesarias en las actividades de prevención, reducción y separación en la fuente, acopio, almacenamiento, transporte, aprovechamiento, valorización, tratamiento y disposición final,

importación y exportación de residuos y desechos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para proteger la salud humana y el ambiente contra los efectos nocivos tanto temporales como permanentes que puedan derivarse de los mismos.

Se priorizan el aprovechamiento y la valorización de los residuos, cuando ya no es posible la minimización de generación de residuos.

El aprovechamiento, lo conceptualiza la ley como el conjunto de acciones orientadas a recuperar el valor material y/o el poder calorífico de los residuos en los ciclos económicos o comerciales, mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reprocesamiento y reciclado. En tanto que la valorización, se define como el conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental.

De acuerdo a esta ley el residuo NFU, se define como un residuo especial, el cual es todo producto o parte del mismo descartado por llegar al final de su vida útil, que está constituido por componentes peligrosos y no peligrosos y que por su naturaleza pueden representar directa o indirectamente un riesgo para la salud y el ambiente y para sus manipuladores si no se reciclan o destinan apropiadamente. También aquellos que por su volumen, cantidad, necesidad de transporte, condiciones de almacenaje o valor de recuperación, requieren salir de la cadena normal de recolección de residuos y desechos sólidos.

La Ley especial de gestión integral de residuos y desechos sólidos contempla multas severas desde C\$100,000 hasta C\$100 millones para las personas naturales o jurídicas que acopien, transporten o quemem residuos y desechos sólidos sin la autorización del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Ministerio de Salud, y las alcaldías. La normativa establece multas por infracciones leves, graves y muy graves. Las leves imponen multas que van de C\$100,000 a C\$150,000 y entre ellas se encuentran “quemar a cielo abierto residuos sólidos”. Las graves van desde C\$150,000 hasta C\$1 millón, y entre ellas se encuentra el incinerar o realizar tratamiento de residuos y desechos sólidos peligrosos en contradicción con la ley. Las muy graves establecen una sanción pecuniaria desde C\$1 millón hasta C\$100 millones. Entre ellas está el establecer botaderos clandestinos de residuos y desechos sólidos peligrosos.

La Ley Especial de Gestión integral de residuos y Desechos Sólidos Peligrosos y No Peligrosos, a la fecha, no se encuentra en vigencia y está en espera de ser aprobada en lo particular y reglamentada para su aplicación.

## 6. Diagnóstico de la gestión actual del residuo NFU, en el Municipio de Managua.

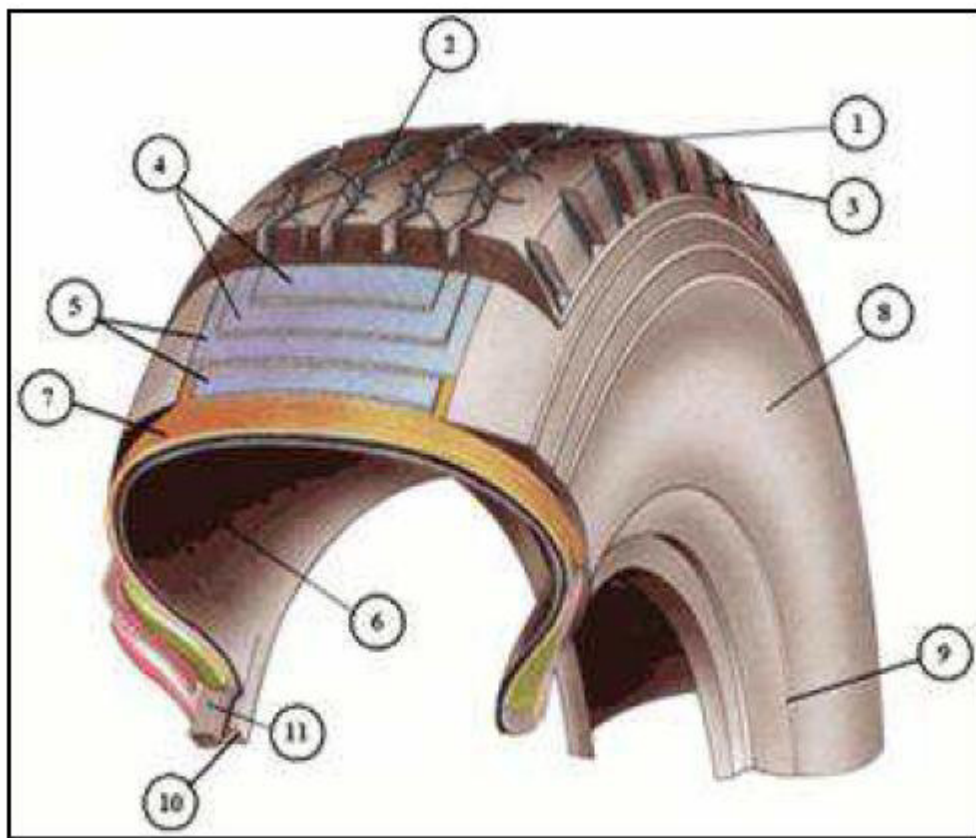
### 6.1. Caracterización de las propiedades físicas, químicas y tecnológicas del residuo NFU

La caracterización de las propiedades físicas, químicas y tecnológicas del residuo NFU, se han determinado sobre la base de información técnica revisada a nivel nacional e internacional y su validación por parte de las empresas del rubro.

#### 6.1.1. Estructura de un neumático

Las partes principales que componen un neumático se muestran en la Figura 8 y son las siguientes:

- (1) Banda de rodamiento: superficie que está normalmente en contacto directo con el suelo, proporciona tracción, durabilidad y capacidad de frenado, debiendo resistir la abrasión y el desgaste.
- (2) Surco: espacio comprendido entre dos resaltes adyacentes en la banda de rodadura.
- (3) Lateral: es la parte de un neumático entre la banda de rodamiento y la pestaña de la llanta.



Fuente: UNEP/CHW 9/18 (2008).

Figura 8.- Partes de un neumático.

(4,5) Tela: corresponde a una o más capas de cuerdas paralelas revestidas con goma material bajo de la banda de rodamiento.

(6) Capa interna: corresponde a la o las capas impermeables al aire y a la humedad que forman la superficie interior de un neumático tubular y que mantienen el medio de inflado del neumático.

(7) Carcasa: estructura del neumático formada por cuerdas impregnadas con caucho que incluye la pestaña y soporta la presión de inflado. Encargadas de amortiguar los golpes. Puede ser de acero, dependiendo del neumático.

(8) Ancho de sección: corresponde a la mayor distancia lineal entre la parte exterior de los laterales de un neumático inflado, excluyendo sobre relieves debidos a marcas, decoraciones o ribetes de protección

(9) Cinturón: capa formada por dos o más telas, colocadas bajo la banda de rodamiento que refuerza circunferencialmente la carcasa y que tiene por objeto dar estabilidad a la banda de rodamiento y absorber los golpes.

(10) Pestaña: parte del neumático diseñada para adaptarse a la llanta, constituida por alambres de acero revestidos con goma dispuestos circunferencialmente y envueltos por telas. Su función es amarrar el neumático a la llanta y tener alta resistencia a la rotura. A mayor resistencia de la pestaña mayor capacidad de carga tendrá el neumático.

(11) Chafer: material en el área de la pestaña que protege la carcasa de abrasión por el giro de la llanta.

Paredes laterales: Es la parte de la estructura que va de la banda de rodamiento hasta el talón, siendo revestida por un compuesto de caucho con alta resistencia a la fatiga por flexión.

### 6.1.2. Tipos de neumáticos

Los tipos más comunes de neumáticos se presentan en la Figura 9 y son :

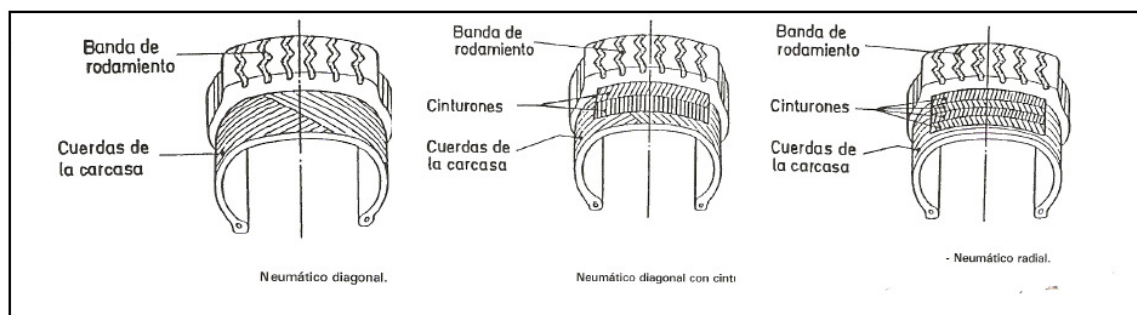
**Neumático convencional o diagonal o convencionales:** corresponde a un neumático de estructura diagonal, en el cual las cuerdas de las telas se extienden desde una pestaña a otra y está dispuestas en ángulos alternados, menores a 90° con respecto al plano que pasa por la línea central de la banda de rodamiento.

**Neumático diagonal con cinturón:** neumático de estructura diagonal, cuya carcasa esta reforzada por un cinturón formado de dos o más telas, colocado bajo la banda de rodamiento y cuya finalidad es dar estabilidad a ésta y absorber los golpes.

**Neumático radial:** neumático en el cual las cuerdas de las telas se extienden de pestaña a pestaña y están dispuestas en un ángulo de 90° respecto al plano que pasa por la línea central



de la banda de rodamiento y que cuenta con un cinturón circunferencial prácticamente inextensible cuya finalidad es dar estabilidad a la banda de rodamiento y absorber los golpes.



Fuente: NCh 1776/86

**Figura 9.- Tipos de neumáticos**

Desde 1983, casi todos los neumáticos para los vehículos y camiones ligeros nuevos, así como casi los neumáticos de recambio vendidos para los mismos, han sido del tipo radiales con cintura de acero. Estos están comenzando a sustituir en los camiones pesados a los neumáticos diagonales que han sido la norma en la industria del transporte por carretera (Lund, 1998). Casi el 80 por ciento de todos los neumáticos vendidos actualmente son neumáticos radiales.

Las propias fuentes de la industria a nivel internacional estiman que un 85% de todos los neumáticos usados proceden de vehículos livianos o camionetas y un 14% de camiones pesados, el 1% restante son neumáticos especiales para motocicletas, aviones, equipos de construcción, entre otros (Lund, 1998).

La pared lateral de un neumático contiene la información, que varía según el fabricante, que es necesaria para los usuarios al comprar los neumáticos que se adapten a sus necesidades.

### **6.1.3. Propiedades químicas de un neumático**

De acuerdo a Lund (1998), los neumáticos corresponden al elemento elástico de las ruedas de los vehículos que actúa como una envoltura y que contiene aire a presión, la cual tiene por objeto soportar las cargas que actúan sobre el vehículo y transmitir al terreno las fuerzas necesarias para el movimiento.

El neumático está compuesto principalmente de tres productos: caucho (natural y sintético), un encordado de acero y fibra textil. A su vez, el caucho usado en la fabricación de neumáticos está compuesto por polímeros, entre los que se cuentan, entre otros, el



polisopreno sintético, el polibutadieno y el más común el estireno-butadieno, todos basados en hidrocarburos.

Se agregan además, otros materiales al caucho para mejorar sus propiedades, tales como: suavizantes, que aumentan la trabajabilidad del caucho, antes de la vulcanización; óxido de zinc y de magnesio, comúnmente denominados activadores, pues son mezclados para reducir el tiempo de vulcanización de varias a horas a pocos minutos; antioxidantes, para dar mayor vida al caucho sin que se degrade por la acción del oxígeno y el ozono; y finalmente negro de humo, especie de humo negro obtenido por combustión incompleta de gases naturales, que entrega mayor resistencia a la abrasión y a la tensión.

El caucho natural (cis-poliisopreno), se extrae comercialmente a partir del látex del árbol *Hevea brasiliensis*. La materia prima del caucho natural es un líquido lechoso denominado látex. La estructura de la goma natural es principalmente cis-poli (1,4-isopreno), un polímero de cadena larga, mezclado con pequeñas cantidades de proteínas, lípidos y sales inorgánicas además de otros componentes.

La composición química típica de un neumático se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.- Composición y características de los diferentes tipos de neumáticos.**

Material	Automóviles % en peso	Camiones % en peso
Caucho/elastómeros	48	45
Negro de humo y sílice	22	22
Metal	15	25
Material Textil	5	-
Óxido de Zinc	1	2
Azufre	1	1
Aditivos	8	

Fuente: Adaptado de Hylands y Shulman (2003).

Los neumáticos para camión contienen una mayor proporción de caucho natural en relación con el caucho sintético que los neumáticos para automóvil. La composición de caucho podría obedecer al hecho de que los neumáticos para automóviles de pasajeros tienen que satisfacer normas de calidad más elevadas a fin de competir con éxito en el mercado. Los neumáticos de camión y de vehículos todos terrenos, en cambio, deben soportar cargas más pesadas y recorrer mayores distancias, y no desplazarse a alta velocidad.

Los neumáticos de camiones y buses contienen una mayor proporción de caucho natural, en relación con el caucho sintético (camión 65% caucho natural, 35% caucho sintético) con el objeto de controlar mejor la generación de calor; en vehículos de pasajeros la proporción normalmente es de 25% caucho natural y 75% sintético).

La combinación de cauchos naturales y sintéticos, se realiza de modo de que los primeros, proporcionen elasticidad y los segundos, estabilidad térmica. Esta combinación de efectos favorece la durabilidad y la capacidad de adaptarse a las nuevas exigencias del tránsito.

La Tabla 4, muestra la composición química por elementos presentes en los residuos NFU.

**Tabla 4.- Composición química elemental de residuos NFU.**

<b>Elemento</b>	<b>% en peso</b>
Carbono	70
Hidrogeno	7
Azufre	1..3
Cloro	0,2 ... 0,6
Hierro	15
Zinc ( Oxido)	2
Silicio ( Dióxido)	5
Cromo	97 ppm
Níquel	77 ppm
Plomo	60...760 ppm
Cadmio	5...10 ppm
Talio	0,2...0,3 ppm

Fuente: Ramos (1997).

Aproximadamente el 1,5% del peso de un neumático corresponde a elementos o compuestos clasificados en el Convenio de Basilea, como sustancias peligrosas, forman parte del compuesto de caucho o están presentes como un elemento de aleación. Estas sustancias peligrosas se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5.- Sustancias peligrosas que contienen los neumáticos.**

<b>Nombre del compuesto químico</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Contenido (% de peso)</b>	<b>Contenido</b>
Compuestos de Cobre	Aleación constitutiva del material de refuerzo (Cable de acero).	Aprox.0.02 %	Aprox. 1.4 g
Compuestos de Zinc	Óxido de Zinc, retenido en la matriz de caucho.	Aprox.1%	Aprox. 70 g
Cadmio	En trazas, como compuestos de Cadmio que aparecen con el Óxido de Zinc.	Max. 0.001%	Max. 0.07 g
Plomo, Compuestos de Plomo	En trazas, como sustancias que aparecen con el Óxido de Zinc	Max. 0.005%	Max. 0.35 g
Soluciones acidas o ácidos en forma solida	Acido esteárico en forma solida	Aprox.0.3%	Aprox. 21 g
Compuestos organohalogenados	Caucho de butilo halogenado	Max. 0.10 %	Max. 7 g

En la Tabla 6, se presenta la composición química de los materiales usados en la fabricación de neumáticos.

**Tabla 6.- Materiales utilizados en la fabricación de neumáticos.**

Material	Fuente	Aplicación
<b>Caucho natural</b>	El caucho natural se obtiene principalmente de la savia del árbol <i>Hevea brasiliensis</i> .	En sentido general, el caucho natural representa actualmente cerca del 30 al 40% de la parte elastomérica total del neumático de un automóvil y del 60 al 80% del de un camión.
<b>Caucho sintético</b>	Todos los cauchos sintéticos se fabrican a partir de petroquímicos.	En sentido general, el caucho sintético representa actualmente cerca del 60 al 70% de la parte elastomérica total del neumático de un automóvil y del 20 al 40% del de un camión.
<b>Cables de acero y talones, incluidos el material de revestimiento y los activadores, bronce/estaño/zinc.</b>	El acero es de primera calidad y se fabrica solo en determinadas plantas del mundo debido a sus elevados requisitos de alta calidad.	El acero se utiliza para aportar rigidez y resistencia a los neumáticos.
<b>Tejidos de refuerzo</b>	Poliéster, rayón o nylon	Se utilizan para aportar resistencia estructural a las carcassas de los neumáticos de automóvil.
<b>Negro de humo, sílice amorfa</b>	El negro de humo se obtiene de la fracción del petróleo. La sílice amorfa se obtiene del silicio y el carbonato de sodio y puede ser lo mismo natural que sintético.	El negro de humo y la sílice aportan durabilidad y resistencia al desgaste.
<b>Óxido de zinc</b>	El zinc es un mineral que se extrae de las minas. También se puede obtener del zinc reciclado que es sometido a un proceso de producción para obtener óxido de zinc.	El óxido de zinc se añade esencialmente como activador de la vulcanización. Tras la vulcanización se encuentra presente en los neumáticos en la forma de zinc combinado.
<b>Azufre, incluyendo sus compuestos.</b>	El azufre se utiliza para vulcanizar el caucho.	Constituye aproximadamente el 1% de un neumático de automóvil.
<b>Otros aditivos, solventes y materiales contra el desgaste, coadyuvantes de elaboración, aceleradores, agentes de vulcanización, ablandadores y rellenos.</b>	Los otros aditivos se usan en los diversos compuestos del caucho para modificar el manejo de las propiedades de fabricación y de los productos finales.	Los aditivos constituyen aproximadamente el 8% del peso de un neumático de automóvil de pasajeros.
<b>Caucho reciclado</b>	Recuperado de neumáticos usados u otros productos de caucho.	Utilizado en algunos compuestos de caucho para fabricación de nuevos productos de caucho y material recauchutado.

#### 6.1.4. Propiedades Físicas

Los neumáticos varían en función de su peso, su composición y uso, según se muestra en la Tabla 7, que contiene información sobre las categorías más comunes.

**Tabla 7.- Peso promedio de los neumáticos por categoría.**

Clasificación	Peso promedio, Kg	Unidades/Ton.
Automóvil de pasajeros	6.5-10	154
Vehículos utilitarios	11.0	91
Camiones	52.5	19

Fuente: UNEP/CHW 9/18,2008. Adaptado de Hylands and Shulman, 2003.

#### 6.1.6. Propiedades térmicas

Los neumáticos poseen excelentes propiedades de combustión en función de su alto contenido de carbono. Su valor calorífico neto es de entre 32 y 34 MJ / kg.

La Tabla 8, contiene información sobre el contenido energético y las emisiones de CO<sub>2</sub> de distintos combustibles.

**Tabla 8.- Contenido energético y emisiones de CO<sub>2</sub> de combustibles**

Combustible	Energía (GJ/t)	Emisiones	
		kgCO <sub>2</sub> /t	kgCO <sub>2</sub> /GJ
Neumáticos	32,0	2.720	85
Carbono	27,0	2.430	90
Coque de petróleo	32,4	3.240	100
Aceite diésel	46,0	3.220	70
Gas natural	39,0	1.989	51
Madera	10,2	1.122	110

Fuente: Consejo empresarial mundial de desarrollo sostenible, 2005 – CO<sub>2</sub> Emission Factors of Fuels.

Los neumáticos no experimentan combustión espontánea. Un estudio llevado a cabo por el Instituto de Investigación en Construcción de Inglaterra determinó que la temperatura mínima para la ignición es de 182°C; lo cual no se logra bajo condiciones ambiente normales. Sin embargo, algunos fenómenos naturales tales como los rayos, o actos deliberados, como incendios provocados, generan condiciones que favorecen la combustión de neumáticos. Una vez iniciado un incendio de neumáticos es difícil de controlar, como resultado del calor generado.

## **6.2. Cuantificación de la generación anual del residuo NFU en el Municipio de Managua**

Es necesario, aclarar que durante el proceso de entrevistas realizadas a los distintos directivos y miembros de cooperativas de transporte y usuarios de vehículos tanto particulares como de carga, la información que suministraron no fue suficiente, ni confiable para poder establecer los correspondientes índices de generación de NFU para poder cuantificar la generación anual de este residuo. Por esta razón, se recurrió al programa de modelación y simulación HDM-III VOC, que de acuerdo con Thawat (2010), sirve para el diseño y mantenimiento de carretas y sus costos de operación por medio de la modelación y simulación del tráfico vehicular, tomando en consideración las características particulares de los vehículos tales como su estado físico, año de fabricación, tiempo y tipo de uso, velocidades de circulación, horas de trabajo del vehículo, el estado físico de las calles y carreteras, estableciendo entre otros resultados el tiempo de duración efectiva de los neumáticos sometidos a la carga de trabajo.

El Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), realizó el “Estudio del Plan Nacional de Transporte de Nicaragua”, utilizando el paquete computarizado HDM-III VOC para modelación y simulación del tráfico, los costos de operación, el diseño y mantenimiento de carretas en la Ciudad de Managua. Así con los datos del parque vehicular para el Municipio de Managua, suministrados por la Dirección de Seguridad de Tránsito de la Policía Nacional para los años 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015, se estableció el tipo, cantidad de cada vehículo y el número de neumáticos que necesita cada modelo. Los vehículos se ajustaron a los modelos estándar del programa HDM-III VOC.

### **6.2.1.- Vehículos estándar del Programa HDM-III VOC**

Como vehículo estándar del HDM-III VOC, se tomaron los grupos vehiculares que tenían las características más cercanas de las muestras reales del país y fueron las siguientes:

**1.- Automóvil Mediano:** Este tipo de carro, también llamado carro saloon, está basado en un automóvil con un motor entre 1500 y 1600 cc. Incluye también ciertos tipos de vehículos jeeps livianos como el RAV4, KIA, Daihatsu Rocky, Samurai, etc.

**2.- Utilitario:** El utilitario es un vehículo de usos varios, tanto para pasajeros como de carga. El vehículo prototipo sería el Toyota Land Cruiser, tanto tipo Jeep como camioneta. También en esta categoría se consideran otros vehículos, como el Toyota Hilux, Isuzu.

**3.- Microbús:** Este tipo de vehículo, incluye el automóvil grande, con algunas variantes de calibración adecuada al medio de Nicaragua. Las marcas de microbuses más representativas son Volkswagen, Toyota, Mitsubishi, Hyundai, etc. Este vehículo tiene capacidad para 12 a 15 pasajeros.

**4.- Autobús:** El prototipo empleado para este tipo de vehículo tiene una capacidad de 60 pasajeros sentados. Este tipo de vehículo representa aproximadamente el 15 % del total de la flota vehicular en las carreteras interurbanas de Nicaragua.

**5.- Camión Mediano:** El prototipo, es un vehículo rígido y de 2 ejes con una capacidad de entre 3.5 y 10 toneladas, la mayoría de estos vehículos son viejos, con una edad promedio de 20 años. Fueron muy pocos los vehículos encontrados con una edad menor de cinco (5) años.

**6.- Camión Pesado:** Estos son camiones de tres ejes, con capacidades útiles de entre 8 a 12 toneladas. Estos vehículos son en su mayoría viejos con 10 a 20 años.

**7.- Camión Articulado:** Estos son vehículos de carga de cinco (5) y seis (6) ejes; compuestos por cabezales y remolques, contenedores de carga sólida o pipas de carga líquida. Las capacidades de estos vehículos son de entre 20 toneladas o un contenedor estándar de 40 pies. Estos vehículos tienen dos ejes en tándem, con una configuración de ruedas tractor semi-remolque. Casi todos los modelos de camiones articulados, son viejos y, en su mayoría, de fabricación norteamericana (Mack, Freightliner, International, Kenworth, etc.), la edad promedio de estos vehículos es de 20 años. Se puede afirmar que únicamente las compañías extranjeras de petróleo y las de envases de refrescos carbonados son las que han importado vehículos nuevos.

#### **6.2.2. Rendimiento y vida útil de los neumáticos.**

El rendimiento de los neumáticos está en función a la rugosidad de la superficie de rodamiento, (IRI), así como de la calidad del mismo neumático, y de los hábitos de conducir de los usuarios. Además, los pasajeros y cargas, la curvatura y el % de gradiente de las carreteras. El modelo requiere una calibración muy precisa en los vehículos pesados de pasajeros y carga (autobuses grandes y camiones).

El modelo toma como insumo el precio económico de neumáticos nuevos. En Nicaragua, la mayoría de los usuarios opinan que la vida útil de una neumático nueva, en carretera pavimentada en buen estado, oscila entre 20,000 y 30,000 kilómetros; es decir, un promedio de 25,000 kilómetros en la mayoría de los tipos de vehículos. La predicción del modelo (sin ajustar), está dentro de ese rango para los vehículos pesados. Para los vehículos más livianos, el modelo da por «omisión» un promedio de 40-60,000 kilómetros de rendimiento. En el Sistema de Administración de Pavimentos del MTI, se considera un ajuste en el número de neumáticos de 3 a 4 neumáticos extras para vehículos livianos, para calibrar el promedio de vida real del neumático. En el caso de los vehículos pesados de pasajeros y carga (autobuses y camiones), es común la práctica del reencauche de neumáticos. En efecto, estos vehículos usan neumáticos reencauchados con la excepción de las delanteras, que por lo general tratan de que sean nuevas o no reencauchadas. El costo de un reencauche es de aproximadamente el 30 al 40 % del costo de un neumático nuevo. Los estimados de promedio de vida de un neumático nuevo, se presentan en la Tabla 9.

**Tabla 9.- Estimados de vida útil promedio de los neumáticos en Nicaragua, conforme resultados del modelo de simulación HDM-III VOC.**

Tipo de Vehículo	Vida útil (Km/Neumático)	No. Neumático /Vehículo	No. Reencauches/Neumático
Carro	30,000	7	0
Utilitario	25,000	5	0
Microbús	25,000	5	3
Autobús	25,000	7	3
Camión Mediano	25,000	7	2
Camión Pesado	25,000	10	2
Camión Articulado	27,500	18	2

### 6.2.3.- Uso anual de los neumáticos en los vehículos

En el modelo HDM-III VOC, el costo de depreciación por kilómetro se determina dividiendo el costo de capital del vehículo por los kilómetros que ha recorrido, o sea, el término de vida. Los insumos del modelo consisten en estimaciones de línea base de los kilómetros anuales recorridos y el tiempo de servicio en años. El analista determina efectivamente una línea base promedio de la velocidad de recorrido ingresando las horas de recorrido por año. (Sin embargo, se debe hacer notar que la estimación de la línea base de la velocidad no afecta a las velocidades pronosticadas para las vías nuevas o las mejoras viales).

Las líneas base supuestas, de las horas de viaje por año también deben ser consistentes con el número de horas por año en que los vehículos se encuentran disponibles para operar, lo



que incluye el tiempo requerido para la carga y descarga, los períodos de descanso del personal, y el tiempo en reparación. La relación (HU) entre las horas de viaje y el total de horas disponible se determina ingresando la proporción de uso por hora. Sin embargo, la proporción HU en efecto actúa como un factor de elasticidad para determinar los kilómetros extra recorridos debido al incremento en las velocidades promedio en los caminos mejorados. Por lo tanto, en el caso de carreteras “con mejoras”, la proporción HU determina una reducción en la depreciación de los vehículos y costos de los intereses por kilómetro como resultado del incremento en las velocidades promedio.

Los valores de proporción HU utilizados actualmente por el MTI aparentemente se basan en velocidades promedios de recorrido sumamente altas que probablemente puedan ser aplicables para ciertos tramos viales específicos, pero que también son, hasta cierto punto, inconsistentes. Por lo tanto, se definieron un nuevo juego de proporciones HU que se utilizó en todos los estudios nacionales. Los resultados obtenidos al realizar las corridas del modelo HDM-III VOC para determinar el tiempo de uso de los distintos tipos de vehículos en el año se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10.- Estimados de uso de vehículos durante un año: Recorrido (Km/año) y Tiempo de uso (Horas/año), conforme resultados del modelo de simulación HDM-III VOC.**

Tipo de Vehículo	Recorrido (Km/año)	Tiempo de uso (Horas/año)	Velocidad promedio (Km/hora)
Carro	28,000	467	60
Utilitario	32,000	533	60
Microbús	70,000	1167	60
Autobús	70,000	1167	60
Camión Mediano	35,000	583	60
Camión Pesado	35,000	583	60
Camión Articulado	48,000	800	60

#### 6.2.4.- Cálculo de la cantidad de NFU generados en el periodo 2010- 2015 en el Municipio de Managua

Con los datos del reporte de vehículos legalmente registrados en la Dirección de Tránsito de la Policía Nacional, se realiza la estimación de la cantidad de vehículos estándares del modelo HDM-III VOC y se determinan las cantidades totales de unidades de neumáticos en uso que se convierte en NFU, los neumáticos que se reencauchan. Los cálculos de toneladas anuales generada de NFU, se presentan en el Anexo 4. En la Tabla 11, se presenta el

coeficiente de generación de NFU conforme su uso y su vida útil, así como el porcentaje de NFU en peso (Ton/año), que cada tipo de vehículo genera, conforme el registro vehicular emitido por la Dirección de Seguridad del Tránsito de la Policía Nacional al año 2015.

**Tabla 11.- Coeficiente de generación anual de NFU por tipo de vehículo y porcentaje en peso de NFU generados anualmente.**

Ítem	Vehículo	Uso anual Km/año.	Vida útil del neumático Km/año	Coefficiente de generación de NFU	Porcentaje %
1	Automóviles	28000	30000	0.93	20
2	Utilitario	32000	25000	1.28	26
3	Microbús	70000	25000	2.80	5
4	Autobús	70000	25000	2.80	6
5	Camión Mediano	35000	25000	1.40	17
6	Camión Pesado	35000	25000	1.40	10
7	Camión Articulado	48000	27500	1.75	17
	Totales				100

En la Tabla 12, se presenta el crecimiento del parque vehicular en el periodo 2010-2015 y la generación de unidades de NFU en peso: Ton/año, Ton/día, Ton/Hora.

**Tabla 12.- NFU generados en el periodo 2010-2015.**

Año	No Vehículos	Unidades generadas de NFU	Ton/año	Ton/día	Ton/hora
2010	178769	1387561	15979.47	43.78	1.82
2011	185776	1438596	16458.06	45.09	1.88
2012	194131	1504807	17251.76	47.27	1.97
2013	204444	1589810	17900.83	49.04	2.04
2014	217761	1695790	19138.54	52.43	2.18
2015	218311	1697575	19329.07	52.96	2.21

Al año 2015, el parque vehicular del Municipio de Managua, alcanzo un total de 218,311 vehículos, en este caso se han excluido las motocicletas, cuadríciclos, moto taxi y bicicletas por tener los neumáticos de este tipo de vehículo una estructura muy diferente. Al año 2015, anualmente en Managua, se están generando 1, 697,575 unidades de neumáticos usados, de los cuales, aproximadamente el 5 %, se destina al reencauche y el resto se considera como NFU, los cuales llegan a un peso total de 19,329.07 Ton / año, lo que equivale a 52.96 Ton/día y 2.21 Ton/hora.

Los microbuses y buses de transporte de pasajeros tienen el índice de generación de NFU más alto, realizan 2.8 cambios de neumáticos al año, seguido de los camiones articulados, camiones medianos y pesados, luego los vehículos utilitarios y los automóviles.

El segmento de vehículos utilitarios es el principal generador de NFU, aportando un 26 % del total generado, seguido del segmento de Automóviles compuestos por Taxis y vehículos particulares con 20 % y el segmento de Camiones Medianos y Camiones Articulados utilizados principalmente para el transporte de materiales y mercancías generan un 17 % del total por cada uno de ellos, pero juntos generan un 34 % del total , luego le siguen los Camiones Pesados con 10 % y los buses y microbuses utilizados para el transporte de pasajeros generan un 5 % del total de NFU, cada uno.

En el Anexo 17, se presenta una estimación cuantificada de los usos y destinos que recibieron los NFU en el Municipio de Managua, en el año 2015. Así mismo se presentan las estimaciones para la emisión de gases de efecto invernadero, en Ton/año de CO<sub>2</sub>, como contaminantes del aire y las concentraciones de lixiviados contaminantes del suelo y de cuerpos de agua que generan los componentes químicos de los NFU, cuando estos son inadecuadamente almacenados y/o cuando también, se les da una disposición final inadecuada.

### **6.3. Análisis y evaluación de la gestión del residuo NFU, en el Municipio de Managua, desde la perspectiva del ciclo de vida del producto**

El análisis y evaluación de la gestión del residuo NFU, en el Municipio de Managua, se ha realizado desde la perspectiva del ciclo de vida del producto y sus residuos, el cual es un método con un enfoque estratégico e integral, que permite abordar en forma sostenible y eficaz un sistema en la gestión de residuos. Este método de análisis y evaluación permite estudiar todas las etapas del producto, desde la extracción para la adquisición de las materias primas, hasta el descarte del producto cuando ya no sirve para el fin que fue adquirido o que dejó de satisfacer las necesidades de su propietario. Es así que la disposición final proveniente del modelo de gestión de "fin de tubería", si bien sigue siendo necesaria, es un elemento más en la gestión de residuos, dejando de ser el centro de atención a la hora de implementar mejoras. El estudio del ciclo de vida de los productos y sus residuos, reconoce, que en todas las etapas se producen residuos y que cada una de esas etapas se convierte en una oportunidad o un desafío para reducir el impacto que genera dicho producto. Esta concepción permite tener una visión sistémica a efectos de adoptar medidas en la etapa de mayor eficacia para la disminución de los impactos ambientales y además prevenir el desplazamiento innecesario de cargas ambientales hacia las etapas finales.

#### **6.3.1. Actores y su rol participativo en la gestión del residuo NFU**

Para identificar el problema que representa el residuo NFU y definir estrategias para el abordaje del mismo, es esencial tener en cuenta los actores involucrados en forma directa e indirecta en la gestión de los mismos. Para ello será necesario identificar y conocer a los distintos actores, sus roles e interrelaciones. Esto permitirá definir estrategias de organización, integración, coordinación y fortalecimiento de todos los grupos de interés, asegurando el adecuado desarrollo de una gestión ambiental de residuos.

A continuación se listan los actores y los principales aspectos de su participación en la gestión del residuo:

**a. Productores de Neumáticos :** Se consideran productores las personas físicas o jurídicas que , con independencia de la técnica de venta utilizada:

- Fabrique neumático que sean puestos en el mercado nacional con marca propia;
- Ponga en el mercado con marca propia, neumáticos fabricadas por terceros;
- Importe neumáticos para poner en el mercado nacional;
- Importe motos, automóviles, camiones, camionetas, buses, busetas, maquinaria pesada con sus neumáticos, para poner en el mercado nacional;

- Ensamble motos, automóviles, camiones, camionetas, buses, busetas, maquinaria pesada con sus neumáticos, para poner en el mercado nacional;
- b. Generadores:** Son personas naturales y/o jurídicas que por su actividad generan el residuo NFU. Este conjunto de actores es amplio y diverso, abarca tanto al sector público como privado e incluye: actividades productivas, industria manufacturera, producción agrícola, ganadería, minería, sector comercial, sector transporte, sector servicio, energía, telecomunicaciones, propietarios particulares de vehículos, entre otros. En la práctica ninguno de los agentes, aquí identificados asume responsabilidad alguna para la gestión del residuo NFU, que ellos producen. Este residuo, se genera una vez que los usuarios de vehículos, se ven obligados a cambiar sus neumáticos, debido a que estos han consumido el tiempo de vida útil, o sufrieron un deterioro anticipado y ya no pueden seguir utilizándolos para el propósito que fabricaron originalmente. Un neumático se califica como “fuera de uso”, porque este, ya no tiene las condiciones técnicas necesarias para el recauchutado, pero el material puede recuperarse cortándolo, triturándolo o moliéndolo y utilizándolo en distintas aplicaciones, y/o también pueden utilizarse como combustible para la recuperación de energía.

La generación de este residuo depende de varios factores:

- El tipo del vehículo,
- El conductor del vehículo,
- El estado mecánico del vehículo,
- La frecuencia de uso - si el reemplazo se hace con neumáticos usados, la frecuencia de generación es más rápida, debido a menor durabilidad del neumático.
- La materia prima utilizada en la fabricación de los neumáticos.
- La tecnología utilizada en la fabricación de los neumáticos
- El estado de las calles, avenidas caminos y carreteras por donde circula el vehículo.

De acuerdo al tamaño de la flota vehicular y su frecuencia de generación de NFU, los usuarios de transporte, se han clasificado de la manera siguiente: (i) **Grandes generadores** conformados por instituciones gubernamentales y grandes empresas industriales o empresas de servicio y de transporte entre las que se encuentran principalmente cooperativas de transporte urbano colectivo y transporte selectivo, empresa de transporte de mercadería. En el caso de las instituciones del gobierno, los neumáticos que son sustituidos, son almacenados en bodegas de la institución correspondiente, a espera de que la dependencia gubernamental del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Bienes del Estado, les autorice

oficialmente darlos de baja y la institución procederá a venderlos en subasta pública, en el caso de que aun sean comercializables o en su defecto enviarlos al vertedero municipal o un destino incierto. Las grandes empresas por su parte establecen su indicador de kilómetros recorridos en sus unidades, y apoyados por sus normas internas de mantenimiento y seguridad vehicular, realizan el cambio de neumáticos y los neumáticos sustituidos son vendidos a comerciantes mayoristas y/o personas particulares. Por el contrario, otras empresas recauchutan los neumáticos hasta agotar su vida útil, y posteriormente las almacenan hasta encontrar un tratamiento o disposición final a las mismas.(ii) **Los pequeños generadores** constituidos por pequeñas y microempresa industrial o de servicio, aunque tienen una flota vehicular pequeña, son bastante numerosos. En su caso, los neumáticos son dados de baja una vez que han agotado las posibilidades de recauchutado y se entregan a personas que los utilizan para diversos usos, tales como elaboración de suelas para calzado, aislantes eléctricos, autopartes, muros de contención, recipientes para alimentos de ganado, o en su defecto su disposición la realizan en basureros municipales. En esta categoría se incluyen también a los dueños de vehículos para uso particular, quienes al momento de sustitución de los neumáticos por nuevos o usados, pueden entregarlos a la empresa comercializadora o llevárselos consigo, y generalmente le dan una disposición final inadecuada.

Otros actores que participan en la gestión de los residuos NFU, son:

**c. Operadores del sistema:** Son aquellos actores formales que participan de la gestión del residuo una vez que este sale de la órbita del generador. Entre estos están , los gestores que son aquellas personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, autorizados por las autoridades competentes, y son quienes realizan procesos de aprovechamiento o tratamiento físico o químico, mediante el cual, los neumáticos fuera de uso y los subproductos obtenidos de su procesamiento, son manejados integralmente. Este conjunto de actores incluye a los transportistas, empresas de reciclaje y valorización energética, tratamiento y disposición final del residuo.

**Sector informal:** En la gestión del residuo participan en mayor o menor medida un conjunto de actores de carácter informal, son aquellos individuos que realizan actividades de manejo de residuos no registradas, ni reguladas. Pueden participar en todas las etapas de manejo del residuo. La falta de reglamentación específica ha permitido el desarrollo de diversos actores informales, constituyéndose en un elemento de riesgo sanitario y ambiental. Unos actúan como recolectores y clasificadores, que por razones socioeconómicas se sustentan a

través de los materiales que pueden recolectar de los residuos, en general en condiciones inaceptables desde el punto de vista humano y sanitario. Otros actúan como transportistas y comercializadores de chatarra. Entre estos grupos de “recolectores informales” están también los trabajadores del servicio de recolección municipal de basura, que cuentan con los camiones de la municipalidad, y quienes reciben pago de directo de manera personal, por el retiro de neumáticos fuera de uso, generados al comprar los usuarios de vehículos, neumáticos nuevos y cambiar los usados, en las empresas dedicadas a la comercialización de estas. Los neumáticos fuera de uso, son recolectados en distribuidoras y comercializadoras de neumáticos, cooperativas de transporte colectivo y/o selectivo, empresas de transporte de mercaderías y/o acarreo comercial. En algunos casos, clasifican y seleccionan los neumáticos fuera de uso y aquellos que puedan comercializarse, los venden a comerciantes como neumáticos usados, y/o para otros usos, o en su defecto les dan por lo general una disposición final inadecuada, que provoca graves afectaciones ambientales: pueden ser lanzados en vertederos, en patios baldíos, cauces y/o, almacenado de manera clandestina en patios o a cielo abierto. De igual forma, por las noches, pueden ser “incinerados” en los basureros que administra la municipalidad de Managua, para extraer el metal que contiene y luego, venderlo en puestos de comercialización de chatarra.

**d. Autoridades públicas locales y nacionales:** Estos actores son los responsables de definir y ejecutar las políticas públicas que permitan asegurar una adecuada calidad de vida a la población y el desarrollo sostenible del país. Son responsables de formular políticas y fijar pautas para la gestión del residuo y asegurar el control y vigilancia del sistema de gestión. Están a cargo de campañas de educación y sensibilización ambiental, así como el desarrollo de los canales y el fortalecimiento de los mecanismos de participación.

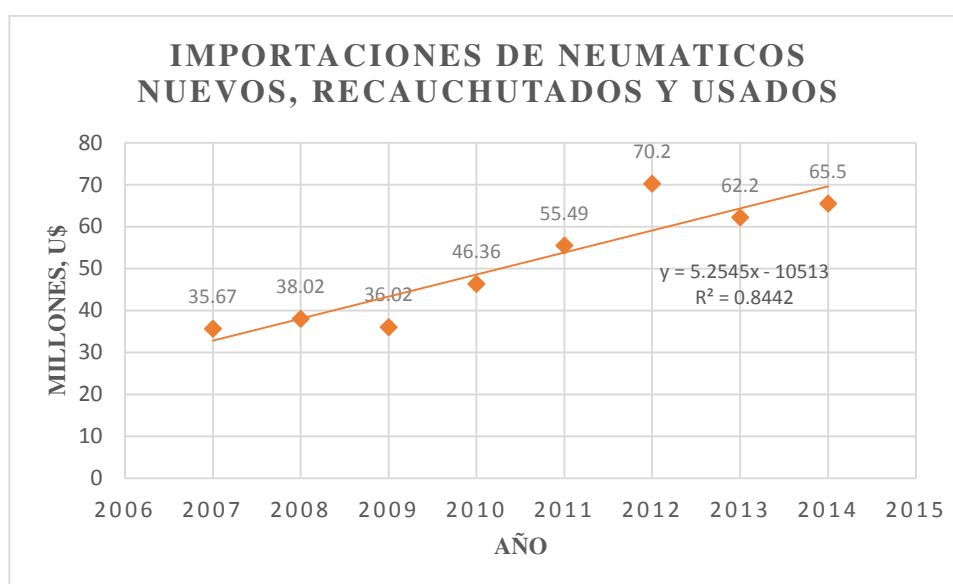
Estas instituciones son : i) La delegación departamental del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales de Managua; ii) El Sistema Local de Atención Integral en Salud (SILAIS) de Managua; iii) La Dirección de Medio Ambiente y Urbanismo de la Alcaldía de Managua. Estas instancias tanto del gobierno central como del gobierno local, tienen facultades, atribuciones y obligaciones para aplicar, cumplir y hacer cumplir las leyes y disposiciones legales para la gestión racionalmente ambiental del residuo NFU. No obstante en la práctica, tanto el cumplimiento de sus obligaciones y como la aplicación y el cumplimiento del referido marco legal, ha sido poco efectivo para garantizar una gestión sostenible de este residuo.

### 6.3.2. La gestión del residuo NFU en la Ciudad de Managua, desde la perspectiva del ciclo de vida del producto y sus residuos

La gestión del residuo “Neumáticos fuera de uso”, desde el enfoque del ciclo de vida del producto y sus residuos, considera las siguientes etapas:

#### 6.3.2.1. Fabricación/ Importación

En Nicaragua, no se fabrican neumáticos, por lo que deben importarse de los países productores de estas. Así, ingresan al país neumáticos de tres categorías: neumáticos nuevos, neumáticos recauchutados y neumáticos usados.



Fuente: DGA.

**Figura 10.- Importaciones de neumáticos en el periodo 2007-2014.**

La Figura 10, muestra los datos suministrados por la DGA, en el que se observa un crecimiento continuo de las importaciones de neumáticos desde el año 2006 hasta el año 2014, siendo un promedio del 12 % anual. El 45 % del total, corresponden a neumáticos usados. En los últimos años, la importación y comercialización de neumáticos ha tomado un fuerte auge en el mercado nicaragüense, principalmente por el aumento del parque vehicular. En el 2013, según datos de la Dirección de Tránsito de la Policía Nacional, el parque vehicular del país creció un 10% y alcanzó 550 mil unidades.

Las empresas importadoras, en la mayoría de los casos, actúan a su vez, como empresas distribuidoras y comercializadoras a detalle, distribuyen estos, a los comerciantes y negocios detallistas, ubicados tanto en la Ciudad de Managua, como en las cabeceras departamentales de todo el país. Managua, por ser la ciudad capital, concentra la mayor cantidad de importadores mayoristas de neumáticos nuevos y usados.



Las marcas de reconocido prestigio y mayor comercialización en el mercado nacional son: Bridgestone, Continental, Fireston, General Tire, Goodyear, Marxis, Pirelli. También ingresan al país otras marcas predominantemente asiáticas. Se demanda también neumáticos recauchutados y neumáticos usados, en dependencia de la capacidad económica de los usuarios. El lugar de mayor concentración de comercialización de neumáticos usados, se encuentra en el Mercado Oriental, aunque en las vulcanizadoras también se vende neumáticos usados, que les quedan a estas personas cuando los usuarios realizan cambios de neumáticos por nuevos. Según, el Instituto Nicaragüense de Fomento Cooperativo, (2014), las cooperativas de transporte urbano e interurbano colectivo, selectivo, carga y del Municipio de Managua, gozan de incentivos y pueden importar y comercializar autopartes, incluyendo neumáticos para sus agremiados.

#### **6.3.2.2. Recolección, transporte y almacenamiento**

En el caso de importadores, distribuidores y demás agentes de la cadena de comercialización, en ocasiones reciben el neumático que ha sido sustituido, cuando el consumidor lo entrega al momento del cambio y lo almacenan temporalmente en sus propias bodegas, luego contratan los servicios de transportistas y los entregan a estos, quienes le dan el destino final que mejor consideren. El fabricante / importador de neumáticos, realmente no asume la obligación de la correcta gestión de los residuos que se generan tras el uso, y no se hace cargo de los mismos, en todo caso en el país no existen empresas con las instalaciones adecuadas para darles la gestión racionalmente ambiental que demanda el residuo. De la misma manera, se comportan las empresas industriales, de servicios, empresas y cooperativas de transporte de mercadería, de transporte colectivo y transporte selectivo, contratan los servicios de transportistas particulares a quienes les entregan los neumáticos fuera de usos y estos proceden a darle al residuo el destino final que mejor consideren.

Las instituciones del estado, recolectan y transportan los neumáticos fuera de uso con su propia flota vehicular y los almacenan en sus bodegas.

En general todos los agentes que participan en la gestión y tiene la responsabilidad de hacerse cargo del residuo para su almacenamiento, lo hacen de manera inadecuada. Los lugares de almacenamiento en muchas ocasiones no cumplen con ninguna especificación técnica, no toman en cuenta las recomendaciones relacionadas con la forma, tamaño y distancia entre pilas de neumáticos, para evitar que se conviertan en refugio de fauna dañina y evitar la propagación de fuego en casos de incendios.

### 6.3.2.3. Selección y clasificación

El residuo se selecciona y clasifica según el nivel de uso y de desgaste a que ha sido sometido y se propone para continuar su uso como:

- **Neumáticos usados:** Son aquellos neumáticos que están parcialmente desgastados y pueden reutilizarse sin ningún tratamiento.
- **Neumáticos para ser recauchutados:** Son neumáticos a los cuales se les podrá reemplazar la superficie desgastada del neumático controlando el número de veces que puede recauchutarse. Así, los neumáticos de automóviles pueden recauchutarse una sola vez, mientras que los neumáticos de camiones pueden recauchutarse un número limitado de veces. Además, debe tenerse en cuenta que la vida de una cubierta original de un neumático no deberá superar los siete años.
- **Neumáticos fuera de uso:** Son neumáticos que ya no puede utilizarse para el propósito para el que se fabricó originalmente, estos cuentan con un desgaste considerable y una estructura debilitada, lo que provoca un mal desempeño para la maniobrabilidad y respuesta de agarre en condiciones tropicales, como las que experimenta la región.

Un neumático en estas condiciones de desgaste puede deformarse o explotar con el mínimo golpe que reciba. En el caso de lluvia, no aseguran que corra bien el agua, causando el hidropneumático y provocando como mínimo una colisión. Además, ya no tiene las condiciones técnicas necesarias para el recauchutado, pero el material puede recuperarse cortándolo, triturándolo o moliéndolo y utilizándolo en distintas aplicaciones, como calzado, superficies para la práctica de deportes o alfombras, entre otras. Los neumáticos de fuera de uso también pueden utilizarse como combustible derivado de neumáticos para la recuperación de energía.

### 6.3.2.4. Valorización material

Abarca la reutilización, el reciclaje y la obtención de nuevos materiales a partir del residuo neumático fuera de uso, para evitar el uso de nuevas materias primas.

#### **Reutilización**

Los neumáticos están formados por diversos materiales como caucho, acero y tejidos de poliamida o poliéster lo que le confiere una estructura compleja, donde la separación de estos materiales en sus componentes originales es un proceso difícil. La experiencia internacional en el reciclaje del residuo NFU, ha estado dirigido al aprovechamiento en

conjunto. Sin embargo, esto no ha sido un obstáculo para algunas empresas que dan un tratamiento a los neumáticos hasta convertirlas en materia prima para asfalto, pistas atléticas, tapetes, entre otros. Los usos que actualmente se le dan o pueden dársele al residuo neumáticos fuera de uso en el país son:

#### **Aplicaciones Directas**

- **Producción de pacas de neumáticos utilizadas en proyectos de obras civiles:** En el país se emplea en la construcción de muros de contención, estabilización de taludes y estabilización de suelos en carreteras, caminos y trochas durante el invierno.
- **Otros usos**
  - En proyectos rurales a nivel nacional se están utilizando para viveros y siembras de plantas.
  - Instalación en parques infantiles para diferentes juegos como pirámides, punto de apoyo.
  - Para delimitar terrenos o carreteras, maceteros en jardines, utensilios para alimento de aves, ganado, elaboración de calzados, rótulos direccionales.
  - Incineración a cielo abierto para extraer el acero y comercializarlo en las chatarrerías.

#### **Recuperación de materiales para ser utilizados en otros usos**

- **Producción de polvo de caucho:** Se da a escala artesanal, el NFU, es troceado, luego triturado, separando la parte textil y el acero y obteniendo polvo de caucho, el cual es fundido a una temperatura alta donde luego es moldeado. A partir de aquí se elabora algunos materiales y accesorios eléctricos como enchufes, tomacorriente y cepos para bujías, así mismo se elaboran soporte para motores y otros equipos, que amortiguan y absorben esfuerzos y sollicitaciones mecánicas en montacargas, camiones y tractores.
- **Agregados para el pavimento asfáltico:** Esta es una alternativa con un potencial de desarrollo bastante rentable, no obstante no se implementa en el país.

#### **Reciclaje**

Abarca el recauchutado de los neumáticos, los cuales una vez terminado este proceso son comercializados ya sea a nivel nacional o en el extranjero.

#### 6.3.2.5. Valorización energética

**Combustible alternativo para la generación de energía térmica para la industria del cemento y la cerámica:** En el país, la única planta que produce cemento, que incluye la etapa de producción de clinker en hornos de alta temperatura, está a cargo de la empresa multinacional Cementos Mexicanos. S.A. de C.V. que por ahora no aprovecha los neumáticos fuera de uso como combustible alterno. No obstante, en plantas que operan en otros países ya lo están haciendo, y podría ser solamente cuestión de tiempo su implementación en la planta ubicada en Nicaragua y realizar los ajustes técnicos necesarios para obtener una combustión que no contamine. Por otra parte, la producción de ladrillos de cerámica para construcción conocidos popularmente como “ladrillo de cuarterón “, utiliza los neumáticos fuera de uso como combustible alterno, además de aserrín y leña. Sin embargo la mayor problemática que se tiene en esta industria artesanal, es la baja eficiencia térmica y las emisiones gaseosas que generan al ambiente, ya que generalmente, los hornos no cuentan con sistema de aislamiento térmico y mucho menos con sistema de controles y tratamiento para los contaminantes, emitidos por la combustión de estos residuos.

**Generación de energía eléctrica:** Esta es una alternativa que no se implementa en el país, pero tiene también su potencial de rentabilidad económica. Las plantas térmicas de generación de energía eléctrica a base de combustible fósil, existentes en el país, para el empleo de polvo de caucho, requieren de complejas adaptaciones tecnológicas lo que limita su utilización como recurso energético de alto poder calorífico.

#### 6.3.2.6. Disposición final del residuo NFU

En las condiciones actuales, no existe una disposición final adecuada del residuo NFU, dado que ninguna de las entidades del estado facultadas por la ley para regular la gestión de este residuo, cumple con sus obligaciones, ni aplica, ni hace cumplir la legislación ambiental ya sea por conflictos de competencia, falta de recursos técnicos, económicos y humanos. Así también, los importadores, distribuidores y comercializadores no asumen ninguna responsabilidad para gestionar de forma racionalmente este residuo. En el proceso de entrevistas, se estableció que las empresas dedicadas a la distribución y comercialización de neumáticos, reciben los neumáticos sustituidos por parte del consumidor, y estos contratan a transportistas para deshacerse de estos residuos, quienes a su vez se deshacen de este residuo, lanzándolo en los vertederos de la ciudad, en cauces, en terrenos baldíos, en

basureros clandestinos, almacenándolo en los patios de las viviendas o reposando a cielo abierto. En el basurero municipal conocido como “La Chureca”, por las noches, los recicladores, realizan quemas de NFU, para extraer el acero y luego comercializarlo en los puestos de compra de chatarra a vista, paciencia y pleno conocimiento de las autoridades que administran este vertedero municipal.

#### **6.4. Evaluación de los impactos y afectaciones al ambiente y a la salud humana, producidos por el residuo NFU, en el Municipio de Managua**

Los neumáticos fuera de uso, ocupan mucho espacio físico, son difíciles de compactar, recolectar y eliminar. No son biodegradables, pues el tiempo que lleva su descomposición es indeterminado. Su composición incluye elementos peligrosos, como plomo, cromo, cadmio y otros metales pesados. Cuando se les maneja y elimina de forma inapropiada, este residuo constituye una amenaza para la salud y el medio ambiente.

##### **6.4.1. Afectaciones al medio ambiente por disposición final inadecuada del residuo “Neumáticos fuera de uso”**

La estructura, durabilidad y capacidad de conservación del calor de los neumáticos fuera de uso, son una amenaza potencial para el medio ambiente. La eliminación no controlada de este residuo, tanto en terreno despejado como en cursos de agua, aumenta los riesgos para el medio ambiente. Además, aunque la eliminación controlada es menos nociva que la no controlada, los métodos autorizados de eliminación o bien plantean sus propios riesgos para la salud o el medio ambiente o no están en condiciones de hacer frente a una cantidad importante de desechos de forma económicamente viable. Éstas son las razones principales por las que siempre que sea posible deberían aplicarse medidas para evitar su generación. Además del efecto visual, la eliminación inadecuada de neumáticos fuera de uso, puede obstruir cursos de agua, arroyos y desagües pluviales. Los cambios resultantes en los patrones de corrientes pueden llevar a la erosión, y la sedimentación en las corrientes de agua a causa de la retención de desechos sólidos puede provocar inundaciones. Los neumáticos fuera de usos apilados son propensos a conservar el calor y tienen una estructura abierta, lo cual facilita los incendios, ya sean intencionales o accidentales, como rayos y una vez que comienzan, son difíciles de controlar y apagar, y pueden continuar durante varios meses, generando humo y aceites tóxicos contaminantes que afectan el suelo, los cursos de agua y el aire.

En los vertederos, los neumáticos fuera de uso, ocupan espacio valioso, no son biodegradables y frecuentemente salen a la superficie, creando nuevas preocupaciones ambientales, incluido el derrame de otros desechos peligrosos que estaban enterrados con ellas.

El caucho en polvo extraído de lugares en que se han arrojado neumáticos, ha mostrado toxicidad a bacterias, invertebrados, peces y algas verdes.

El agua generada por la lixiviación de neumáticos fuera de usos puede contaminar tanto el suelo como las aguas superficiales y subterráneas del lugar y las zonas circundantes. La tasa de lixiviación y la concentración de los compuestos de lixiviado de neumáticos fuera de usos en el suelo, las aguas superficiales y subterráneas, es afectada por los siguientes factores:

- a) **Tamaño del neumático fuera de uso:** la lixiviación de neumáticos enteros probablemente sea más lenta que la lixiviación de astillas o tiras de neumáticos. Esto se debe a las diferencias en el coeficiente entre superficie y volumen;
- b) **Cantidad de acero expuesto:** si el acero queda expuesto (en el caso de las astillas y las tiras de neumáticos), es probable que la lixiviación de manganeso y hierro sea más rápida que la de los neumáticos enteros en que el acero no está expuesto;
- c) **Medio químico:** la lixiviación de metales probablemente sea más rápida en condiciones ácidas, mientras que la lixiviación de compuestos orgánicos probablemente sea más rápida en condiciones básicas;
- d) **Permeabilidad del suelo:** probablemente la lixiviación sea más rápida cuando los suelos son permeables;
- e) **Profundidad de la capa freática subterránea:** cuanto mayor sea la profundidad vertical de la capa freática subterránea, tanto menor será la probabilidad de contaminación de las aguas subterráneas;
- f) **Distancia del lugar de almacenamiento de neumáticos:** cuanto mayor sea la distancia aguas abajo del lugar de almacenamiento de neumáticos fuera de usos, tanto menor será la concentración de contaminantes en el suelo y en las aguas subterráneas;
- g) **Tiempo de contacto con el agua:** cuanto más tiempo estén los neumáticos en contacto con el agua, tanto mayor será el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas;
- h) **Caudal vertical de agua a través del suelo:** cuanto mayor sea el caudal vertical de agua a través del suelo (por ejemplo de las precipitaciones), tanto mayor será la dilución de los contaminantes;
- i) **Caudal horizontal de aguas subterráneas:** cuanto mayor sea el caudal de aguas subterráneas, tanto mayor será la estela de contaminación; y
- j) **Compuestos lixiviados en el lugar:** los niveles de manganeso y hierro son más elevados en las aguas subterráneas cuando el acero está expuesto. Los niveles de aluminio, zinc y compuestos orgánicos pueden ser elevados en las aguas subterráneas y los niveles de zinc, cadmio y plomo pueden ser elevados en el suelo.

#### 6.4.2. Afectaciones al medio ambiente generadas por la combustión no controlada de NFU

Los neumáticos, no están sujetos a combustión espontánea. No obstante, en caso de que se produzca un incendio, ya sea intencional o accidental, la composición de la pila determinará la intensidad y dirección del incendio. Por lo general, en los incendios de pilas de NFU enteros, se consume la parte central de la pila, en que las bolsas de aire permiten una combustión continua. Los incendios que se producen en pilas de neumáticos, astillas o en tiras suelen extenderse por toda la superficie de la pila.

Durante el proceso de combustión del residuo, se genera una gran variedad de productos en forma de emisiones de carácter contaminante, entre los cuales están:

- Cenizas (por lo general contienen carbono, óxido de zinc, dióxido de titanio, dióxidos de silicio, cadmio, plomo y otros metales pesados);
- Compuestos de azufre;
- Hidrocarburos aromáticos polinucleares;
- Aceites aromáticos;
- Óxidos de carbono y nitrógeno;
- Partículas; y
- Distintos hidrocarburos aromáticos de fracción ligera (como tolueno, xileno, benceno, etc.).

La cantidad de estos productos que se generan por efectos de la combustión de los componentes principales del neumático fuera de uso, varían según los siguientes factores:

- El tipo de neumático;
- La intensidad de la combustión;
- El tamaño de las pilas de neumáticos fuera de usos;
- La temperatura ambiente; y
- La humedad.

Los procesos de combustión no controlada de los NFU, tienen efectos ambientales importantes sobre el aire, el agua y el suelo, que a continuación se describen.

**6.4.2.1. Contaminación del aire :** La quema de los NFU, al aire libre generan emisiones de humo negro, dióxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles y contaminantes atmosféricos peligrosos como HAP, dioxinas, furanos, cloruro de hidrógeno, benceno, PCB, arsénico, cadmio, níquel, zinc, mercurio, cromo y vanadio. Reisman (1977).



El posible lixiviado de estos contaminantes con agua de lluvia también podría llevar a la contaminación del suelo y el agua. Puede producirse mediante dos procesos atmosféricos diferentes conocidos como lavado (pequeñas partículas que se agrupan y son traídas por el agua de lluvia) y arrastre producido por la lluvia (partículas más grandes directamente afectadas por la lluvia).

**6.4.2.2. Contaminación del agua:** La combustión de los neumáticos fuera de uso, causa la pirólisis del caucho y produce desechos oleosos. Además de los problemas causados por el escurrimiento de aceite, los desechos pueden ser arrastrados por el agua, si se utiliza agua para extinguir el fuego, o mediante la infiltración a través del suelo que llega a las aguas subterráneas o a arroyos cercanos. El agua también puede arrastrar otros residuos de la combustión, como zinc, cadmio y plomo. Según el caso, también podrían estar presentes contaminantes como arsénico, benceno, mercurio, cobre, dioxinas, PCB y HAP.

**6.4.2.3. Contaminación del suelo:** Los residuos que permanecen en el suelo después de la quema de los NFU, pueden tener dos tipos de efectos, a saber: la contaminación inmediata causada por productos líquidos de la descomposición que penetran el suelo y la contaminación gradual causada por la lixiviación de las cenizas y otros residuos no quemados. Ambos efectos son causados principalmente por la lluvia y la infiltración de agua en el lugar.

#### **6.4.3. Afectaciones ambientales a la salud y seguridad de los habitantes del municipio de Managua**

Los NFU, son lugares ideales para los roedores y también lugares donde se reproducen los mosquitos que transmiten el dengue y la fiebre amarilla. La forma redonda de los neumáticos fuera de uso y su impermeabilidad determinan que en ellos se acumule agua y otros residuos, tales como hojas en descomposición, durante largos períodos, lo que los convierte en lugares perfectos para el desarrollo de las larvas de mosquito. La propagación del dengue se atribuye a la expansión de la distribución geográfica de los cuatro virus del dengue y sus mosquitos vectores (*Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* y *Aedes atropalpus*), el más importante de los cuales es *Aedes aegypti*, una especie predominantemente urbana.

El aumento rápido de la población urbana está incrementando el número de personas en contacto con este vector, especialmente en zonas favorables a la reproducción de los mosquitos, como aquellas en las que es frecuente el almacenamiento doméstico de agua y que no disponen de servicios adecuados de eliminación de residuos sólidos. Actualmente, el único método para controlar o prevenir el dengue y el dengue hemorrágico es combatir

los mosquitos vectores. El movimiento de NFU, no sólo propaga los mosquitos que tendrían un alcance limitado, sino que también contribuye a la introducción de especies no nativas, que a menudo son más difíciles de controlar, lo que incrementa el riesgo de la enfermedad. Además de la propagación de mosquitos y roedores, otro riesgo para la salud pública es la quema de neumáticos fuera de usos, que genera emisiones de compuestos químicos nocivos para la salud humana, como monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAP) y contaminantes orgánicos persistentes, es decir, dibenzoparadioxinas policloradas (PCDD), dibenzofuranos policlorados (PCDF), hexaclorobenceno (HCB) y bifenilos policlorados (PCB), entre otros.

#### **6.4.4. Identificación y valoración de los impactos ambientales, generados durante la gestión del residuo “neumáticos fuera de uso”, en el Municipio de Managua**

La gestión del residuo NFU, se realiza conforme las etapas del ciclo de vida del producto, siendo que en cada una de ellas se generan las diversas afectaciones y los potenciales impactos al ambiente, a la salud y a la seguridad de los pobladores del Municipio de Managua. Los procedimientos de identificación y evaluación de los impactos ambientales se presentan en el Anexo No 3.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 13, que corresponde a la Matriz de Interacción Causa-Efecto y la valoración de los impactos ambientales generados durante la gestión del residuo NFU, en el Municipio de Managua.

Se identificaron veintisiete afectaciones negativas tanto para el medio ambiente como para la salud generados durante la gestión del residuo NFU, en el municipio de Managua. En el medio abiótico, las valoraciones de los impactos ambientales a la calidad del aire, a las aguas superficiales y subterráneas son consideradas como **MODERADAS**, principalmente por su extensión ya que sus efectos son puntuales o parciales. Los impactos ambientales en la geografía local y topografía resultan leves. En tanto el impacto ambiental al suelo y al paisaje ha resultado como **MODERADO**. En el medio biótico el impacto ambiental a la Flora, Fauna y Equilibrio Ecológico ha resultado **LEVE** por que los ecosistemas tienen la capacidad rápida de restauración y neutralizan en un periodo relativamente corto, la toxicidad de los lixiviados del residuo NFU, que contaminan tanto las aguas superficiales como subterráneas y afecta a algas marinas, peces y otros microorganismos de la vida marina. En el medio antrópico los impactos ambientales a la economía, infraestructura de servicios básicos, salud y seguridad han resultados según la evaluación como **LEVES**.

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO Y VALORIZACIÓN MATERIAL Y ENERGÉTICA DEL RESIDUO NEUMÁTICO FUERA DE USO EN EL MUNICIPIO DE MANAGUA, NICARAGUA

Tabla 13.- Matriz de Leopold Modificada- Matriz de Calificación Causa-Efecto.

		Matriz de calificación causa-efecto																	
Sistema	Componente/ Elemento	Actividades de Gestión de los NFU.								Posibles alteraciones e impactos ambientales.				Valoración					
		Importación	Recolección y Transporte	Almacenamiento inadecuado	Recauchutado	Recuperación de materiales	Otros Usos	Combustión no controlada	Disposición final					Naturaleza	Extensión	Intensidad	Momento	Persistencia	Reversibilidad
Medio abiótico	Climatología Calidad del aire							x		Alteración de la calidad del aire por emisiones de partículas: Cenizas.	-	2	4	3	4	3	26	M	
								x		Alteración de la calidad del aire por emisiones de gases de efecto invernadero: CO <sub>x</sub>	-	2	4	3	4	3	26	M	
								x		Alteración de la calidad del aire por emisiones de gases de acidificantes : SO <sub>x</sub> ,NO <sub>x</sub>	-	2	4	3	4	3	26	M	
								x		Alteración de la calidad del aire por emisiones de gaseosas de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAP).	-	2	4	3	4	3	26	M	
								x		Alteración de la calidad del aire por emisiones de gaseosas de contaminantes orgánicos persistentes: Dibenzoparadoxinas policloradas (PCCD), Dibenzofuranos policlorados (PCDF), Hexaclorobenceno (HCB), Bifenilos policlorados (PCB).	-	2	4	3	4	3	26	M	
	Hidrografía Aguas superficiales						x	x	Alteración de la calidad de las aguas superficiales por lluvias acidas: Cambios en el pH y toxicidad.	-	2	4	3	4	3	26	M		
				x				x	Alteración de la calidad de las aguas superficiales por lixiviación de sustancias contaminantes, disueltas procedentes de los NFU, incorporados en los cursos de agua: Cambios en el pH y toxicidad.	-	2	4	3	4	3	26	M		
				x				x	x	Alteración de la calidad del agua por deposición de sólidos, debido a la obstrucción de los cursos de agua, por acumulación de NFU.	-	2	4	3	4	3	26	M	
	Hidrografía Aguas Subterráneas						x	x	Alteración de la calidad de las aguas subterráneas por infiltración de lluvias acidas producto de la disolución de gases emitidos durante la combustión no controlada, hasta alcanzar la napa freática: Cambios en el pH y toxicidad.	-	2	4	3	4	3	26	M		
				x					Alteración de la calidad de las aguas subterráneas por escurrimiento superficial de los componentes del lixiviado producto de la disolución de componentes químicos de los NFU lanzados en los vertederos y/o apilados en patios o en cielo abierto.	-	2	4	3	4	3	26	M		
										Alteración de la calidad de las aguas subterráneas por escurrimiento superficial de los componentes del lixiviado producto de la disolución de los residuos de la combustión no controlada de NFU, dispersos sobre el suelo en el lugar de la quema: humo, aceites tóxicos, metales pesados..	-	2	4	3	4	3	26	M	
	Geología y Geomorfología Geografía local			x				x	x	Cambio de los patrones erosivos y aceleración de los procesos de erosión del suelo con la obstrucción de los cursos naturales de agua superficial.	-	2	3	3	2	2	20	L	
	Topografía			x				x	x	Cambios en la composición topográfica debido a inundaciones, provocadas por las obstrucciones y desviaciones de los cursos de aguas por la acumulación en ríos, arroyos y cauces naturales de grandes cantidades de NFU.	-	2	3	3	2	2	20	L	
	Suelo							x		Contaminación de suelos por las sustancias químicas tóxicas generadas por el proceso de la combustión no controlada de NFU sobre el suelo.	-	2	4	3	4	3	26	M	

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO Y VALORIZACIÓN MATERIAL Y ENERGÉTICA DEL RESIDUO NEUMÁTICO FUERA DE USO EN EL MUNICIPIO DE MANAGUA, NICARAGUA

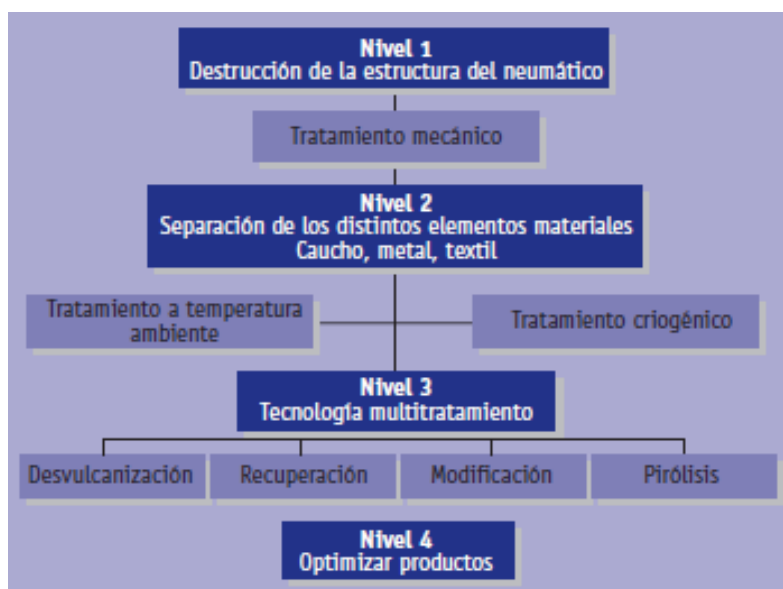
Tabla 13.- Matriz de Leopold Modificada- Matriz de Calificación Causa-Efecto (Continuación).

		Matriz de calificación causa-efecto																	
Sistema		Actividades de Gestión de los NFU.								Impactos Ambientales				Valoración					
		Importación	Recolección y Transporte	Almacenamiento inadecuado	Recauchutado	Recuperación de materiales	Otros Usos	Combustión no controlada	Disposición final					Naturaleza	Extensión	Intensidad	Momento	Persistencia	Reversibilidad
Medio abiótico	Suelo							x		Contaminación de suelos por infiltración de lluvias acidas, producto de la disolución de gases emitidos durante la combustión no controlada de NFU.	-	2	4	3	4	3	26	M	
				x					x	Contaminación de suelos, por escurrimiento superficial de los componentes del lixiviado, provenientes de la disolución de componentes químicos de los NFU lanzados en los vertederos, apilados en patios o en cielo abierto.	-	2	4	3	4	3	26	M	
	Paisaje			x				x	x	Alteración de la calidad visual y paisajística de los lugares por la presencia de NFU reduciendo el valor estético de la zona.	-	2	4	3	4	3	26	M	
Medio biótico	Flora			x				x	x	Alteración del hábitat natural de algas marinas debido a la absorción de sustancias toxicas por disolución de productos de la combustión no controlada de NFU. ( Ecotoxicidad)	-	2	3	3	4	2	22	L	
	Fauna			x				x	x	Alteración del hábitat natural de bacterias, invertebrados y peces debido a la absorción de sustancias toxicas por disolución de productos de la combustión no controlada de NFU fuera de uso. (Ecotoxicidad).	-	2	3	3	4	2	22	L	
	Equilibrio ecológico			x					x	Alteración del hábitat natural y creación de condiciones para la proliferación de fauna nociva, perjudicial para la salud humana : Roedores, mosquitos, arañas, alacranes, serpientes	-	2	3	4	2	3	22	L	
Medio antropológico	Económicos Economía			x				x	x	Afectaciones al potencial de desarrollo turístico al reducir el valor estético, pérdida de belleza escénica y paisajística de la zona contaminada con la presencia y apilamiento de NFU.	-	2	4	4	4	3	27	M	
				x				x	x	Retardación y freno a los procesos de inversión y desarrollo económico de la zona por el alto riesgo y peligro latente de incendio por combustión de NFU, que amenaza con la destrucción de recursos físicos, materiales y vidas humanas	-	2	4	4	4	3	27	M	
	Sociales Infraestructura de servicios básicos			x				x	x	Afectaciones al funcionamiento de escuelas, hospitales por su cercanía a los lugares de almacenamiento o disposición final de NFU por ser reservorios de agentes y vectores infecto-contagiosos.	-	1	3	3	2	2	18	L	
	Salud y seguridad			x				x	x	Aumento del número de enfermedades por la propagación de fauna nociva : Leptospirosis, Malaria, Dengue, Fiebre amarilla, Encefalitis equina de La Crosse	-	2	4	3	3	2	24	L	
										Aumento del número de enfermedades de las vías respiratorias	-	2	4	3	3	2	24	L	
										Aumento del número de enfermedades cancerígenas	-	2	4	3	3	2	24	L	
									Afectaciones a la seguridad física de las personas por riesgo latente de incendio de los NFU.	-	2	4	3	3	2	24	L		

## 7. Caracterización de las tecnologías utilizadas para el aprovechamiento y la valorización material y energética del NFU.

Existen varios tipos de tecnologías empleadas para la recuperación y/o reciclaje de los residuos NFU, según el destino que se le vaya a dar, se empleará una o varias tecnologías.

La Asociación Europea de Reciclaje de Neumáticos (2003), establece que dependiendo de la aplicación que se le dé a los NFU, se emplea un nivel, varios o todos los niveles. En la Figura 11, se presenta la clasificación de las diferentes tecnologías de reciclaje según el nivel de tratamiento. En la Tabla 14 se proporciona un resumen de los materiales obtenidos, dimensiones (mm) y tecnologías más empleadas. El término “Todos”, se refiere a las fuentes que incluye; neumáticos de camión y automóvil, neumáticos enteros de camión y automóvil, cámara de aire del neumático, mezcla de neumáticos automóvil/camión y otros neumáticos.



Fuente: ETRA (2003)

Figura 11.- Niveles de tratamiento de NFU.

**Tabla 14.- Caracterización de los productos obtenidos según las tecnologías empleadas.**

Producto	Tamaño	Fuente	Tecnología
Neumático entero (W)		Neumático entero automóvil-camión	Mecánica (M)
Trozos (X)	> 300 m	Todos	Mecánica (M)
Tiras (S)	50-300 mm	Todos	Mecánica (M) / reducción a T-ra ambiente(A).
Astillas ( C)	10-50 mm	Todos	Mecánica (M) / reducción a T-ra ambiente(A).
Granulado (G)	1-10 mm	Todos	Mecánica (M) / reducción a T-ra ambiente(A)/ criogénico (C)
Polvo (P)	< 1 mm	Todos	Reducción a T-ra ambiente (A)/ criogénico (C).
Polvo fino (F)	< 500um	Todos	Reducción a T-ra ambiente (A)/ criogénico (C)/ recuperación ( R ) / Desvulcanización (D)
Buffins (B)	0-40 mm	Neumáticos pisados	Buffing (B)
Recuperado ( R )	Normalmente se suministra en bloques	Todos y granulado	Recuperación ( R )
Desvulcanizado (D)	Depende del tamaño del polvo	Polvo de todas las fuentes.	Reducción a T-ra ambiente (A)/ criogénico (C)/ Desvulcanización (D)
Pirólítico (Y)	< 10 mm	Todos	Pirólisis (P)/ Buffing (B)/ Reducción criogénica (C).
Productos de carbón (Z)	< 500 um	Pirólítico	Otras tecnologías ( O)

Fuente: CIMTAN (2008).

### 7.1. Tecnologías fuera de los sistemas de reciclado del material: Recauchutado

El recanalado es un paso intermedio, antes de convertirse en residuo, que consiste en remarcar el dibujo primitivo en aquellos neumáticos que no han perdido más del 75% de su profundidad original.

Sin embargo, la reutilización más frecuente del NFU, es proceder a su recauchutado, aprovechando la carcasa metálica que ha de revestirse de caucho con unas características en consonancia con el destino del neumático. No obstante, dado que la carcasa sufre fatiga y deterioro a lo largo de su vida y debido a las exigencias en las normativas de calidad<sup>1</sup> de los neumáticos el número de recauchutados que un neumático admite es limitado y dependerá de la superación con éxito de los ensayos de carga y velocidad establecidos en las normas de calidad y seguridad<sup>2</sup> correspondiente. Actualmente son recauchutados los neumáticos de camión y avión pero no los procedentes de automóviles o camiones pequeños.

<sup>1</sup> Reglamentos 108, 109 de las Naciones Unidas sobre neumáticos recauchutados.

<sup>2</sup> Reglamentos 30 y 54 de Ginebra

El proceso de recauchutado consiste en sustituir las gomas viejas del neumático y reconstruir su estructura original convirtiéndolo en un neumático de características similares al nuevo.

Atendiendo a la superficie renovada se pueden distinguir 3 sistemas;

- Recauchutado integral; se renueva la banda de rodamiento y los flancos.
- Recauchutado semi-integral; se renueva la banda de rodamiento y parte del flanco.
- Recauchutado sólo de la banda de rodamiento.

Atendiendo al sistema de adhesión de las nuevas gomas se pueden distinguir 2 tipos:

- Recauchutados en caliente; el proceso de vulcanización se realiza en prensas a una temperatura comprendida entre 150-160 °C.
- Recauchutados en frío; la banda de rodamiento está previamente vulcanizada y se adhiere mediante una goma (unión), vulcanizándose en autoclaves a una temperatura comprendida entre 98-125°C.

El recauchutado es probablemente uno de los caminos más sensibles para prevenir la acumulación de los NFU en los vertederos. Un aspecto positivo del recauchutado es el hecho de que para la fabricación de un neumático nuevo se necesitan 32 litros de crudo, mientras que el recauchutado necesitarían 11 litros, en neumáticos de camiones se pasa de 100 a 32 litros de crudo. Por lo que produce una reducción de coste de material prima entre 30-50%. ETRA (2008)

## **7.2. Tratamientos mecánicos.**

Muchas de las posibles aplicaciones de los NFU, requieren de una trituración previa hasta el tamaño adecuado al uso específico que se le vaya a dar. Este proceso normalmente se realiza a través de trituradoras formadas por dos o más ejes paralelos de cuchillas que giran a distintas velocidades para favorecer la incorporación del neumático. La separación de los ejes define el tamaño de los trozos conseguidos. La utilización de este tipo de trituradoras es un paso previo a la molienda, en los vertederos o centros de recogida para disminuir el volumen de los neumáticos.

## **7.3. Tecnologías de reducción de tamaño**

Los tres mayores procesos empleados para producir polvo de caucho son la molienda mecánica a temperatura ambiente, la molienda criogénica y la molienda húmeda. El polvo de caucho también se puede obtener mediante buffings a partir de la industria del

recauchutado del neumático, normalmente el tamaño de partícula es mayor. Antes de la molienda a tamaños menores de 0.2 mm, el neumático se reduce a trozos relativamente grandes < 300 mm, y después a tiras de tamaño entre 50-300 mm.

Scaffaro (2005), obtuvo resultados para la mejora de las propiedades de las mezclas de diferentes polímeros con polvo de neumático; polietileno/polvo de neumático SBR/polvo de caucho, granos de caucho de neumático (0.85-2.125 cm)/hormigón, granos de caucho/pasta de cemento. Un tema muy sensible es el impacto medioambiental del polvo de los neumáticos, tanto el procedente del reciclado como el generado en el uso normal del neumático, que se traduce en el lixiviado del ZnO. La clasificación de la Comisión Europea (2003/105/EC) señala el Óxido de Zinc, como peligroso para el medio ambiente y muy tóxico para los organismos acuáticos. Alemania, estableció el estándar DIN 18035-7 para ensayar el lixiviado en superficies deportivas y césped de caucho molido.

### **7.3.1. Molienda a temperatura ambiente**

La molienda a temperatura ambiente se suele llevar a cabo en un molino de dos rollos tipo “cracker”, donde los rollos contienen ranuras con bordes afilados que rompen el caucho. Son molinos clásicos constituidos por un rotor y el estator que lo rodea. Previamente al molido es necesario separar el componente metálico para evitar daños al molino, se hace normalmente con separadores magnéticos dispuestos sobre las cintas. Para eliminar la parte textil se suele emplear cintas o bandejas vibratorias que originan el apelmazamiento de las fibras, que después se separan por tamizado u otros dispositivos.

El proceso a temperatura ambiente normalmente envuelve las siguientes actividades; separación del metal, separación de la fibra, reducción a polvo grueso, reducción a polvo ultra fino, empaquetado y pesado. El equipamiento empleado se puede dividir en 8 grupos; cuchillas gruesas/afiladas, granuladores primarios y secundarios, raspadores, molinos cracker primarios y secundarios, rodillos de acabado y micro rodillos. La distribución y tamaño de la partícula del polvo depende del número de veces que se pasa el polvo por el rodillo y del tipo de rodillo empleado. En general, el rodillo primario reducirá a tamaños de malla entre 10-40 y los secundarios y de acabado podrán reducir a tamaño de malla 80.

Para una óptima valorización es necesario realizar, en el momento de la recepción de los neumáticos en la planta de tratamiento, un control de peso, selección de tipos, característica, composición, etc. así como separar aquellos que se puedan valorizar para el recauchutado. Para que una planta de reciclado funcione correctamente debe ser proporcional al volumen



de NFU, que existan en la zona, siendo que no es rentable transportar los NFU, a más de 300 Km. El Colegio Oficial de Ingenieros de Industriales de Madrid (2008), reporta que existen experiencias negativas en Europa de la creación de plantas con capacidades superiores a las posibilidades del mercado. Además, debe tener una gestión logística de recogida acorde al volumen que se pretende reciclar. Estas instalaciones necesitan mucha potencia y tienen un fuerte desgaste de cuchillas de corte, cilindros y platos de garras, que requieren mantenimiento continuo y de coste elevado.

La empresa constructora AMSA describe el proceso de trituración en varias fases. La primera fase consiste en trocear los neumáticos a un tamaño de 10x10 cm, aproximadamente. De esta primera fase tan sólo se reciclará la cantidad necesaria, según la demanda del mercado, y el resto se empleará como combustible alternativo, por ejemplo en hornos de cementeras.

En la siguiente fase se reduce el tamaño de los trozos a 2,5 cm, mediante máquinas en cascada que separan el acero, mediante imanes, las piedras y la tierra, mediante mesas densimétricas y la fibra.

Para la fabricación del polvo de goma, a tamaños inferiores 1.5 mm, se hace pasar por un grupo de máquinas que realizan la molienda por fricción, la criba y la separación del resto de impurezas metálicas.

### **7.3.2 Molienda criogénica**

A muy bajas temperaturas, cercanas a  $-200^{\circ}\text{C}$ , el caucho se fragiliza desapareciendo su elasticidad característica siendo posible, por tanto, desintegrarlo fácilmente. El proceso de molienda criogénica viene acompañado por un primer paso de enfriamiento de las piezas de caucho, menores de 7.62 mm, con nitrógeno líquido, congelándolas. Los trozos congelados pasan por un molino de impacto, similar a un percutor o martillo, donde son molidos en elementos más finos que el tamaño de malla No 1. El polvo obtenido se seca, se separan la fibra y el metal y se clasifica el polvo según los tamaños obtenidos.

La forma, tamaño, distribución de tamaños y características superficiales de las partículas de caucho molidas obtenidas por molienda criogénica son diferentes a las obtenidas por molienda a temperatura ambiente. Éstas últimas tienden a tener una forma irregular con una considerable rugosidad superficial y el caucho es parcialmente oxidado en la superficie debido al calor generado durante el proceso. Sin embargo, las partículas del polvo obtenidas por molienda criogénica presentan una superficie relativamente suave, un amplio rango de

tamaño de partícula así como una mínima oxidación superficial. Estas diferencias en la naturaleza y reactividad pueden producir diferentes propiedades en el producto final.

Las cifras de consumo de la molienda criogénica respecto de la mecánica son similares, por ejemplo para una planta de 35,000 Ton/año consumiría 400Kw/h, o ligeramente inferiores, sin embargo hay que añadirle el gasto de nitrógeno, se estima en 0.5-0.9 Kg. /Kg. caucho molido, con finuras que van desde la malla 40 a la malla 100/110. Es decir, la molienda criogénica presenta un coste capital más bajo pero un coste de operatividad mayor debido al elevado precio del nitrógeno líquido y a la fase adicional de secado requerida para eliminar la humedad.

Las aplicaciones típicas, en base a la malla 45, para cada tipo de molienda son;

- Para cualquier uso de mortero y revestimientos mediante ligantes orgánicos, estireno-acrílicos. Por molienda criogénica se obtienen gránulos esféricos puros.
- Para morteros de clase inferior. Obtenidos mediante molienda mecánica; son gránulos planos o planiformes con bordes levantados y en forma de espigas duras fundidas (formadas por efecto térmico durante la molienda).
- Para pavimentos deportivos, modificantes de asfaltos, cargas de mezclas con plásticos, etc. ambos tipos de gránulos ofrecen iguales resultados.

Sensibilidad a los agentes atmosféricos; el grado de humidificación es mayor en gránulos mecánicos, diferencia sólo importante para el peso real del polvo de caucho y su rendimiento.

De acuerdo con Marcos (2005), la tendencia potencial del mercado se centra en el granulado a temperatura ambiente, pues la calidad requerida del polvo para las distintas aplicaciones empleadas no justifica la duplicación del coste, en el caso de molienda criogénica.

No obstante, desde el 2000, aparecieron aplicaciones rentables del granulado criogénico; como modificante de betunes y revestimientos aislantes que requieran buenas homologaciones de aislamiento acústico, térmico, resistente al fuego y adherencia e impermeabilidad al agua. Así como su aplicación sobre los cultivos especiales de base hidropónica, que es una técnica de optimización del entorno en cultivos interiores, con polvo de caucho como soporte en vez de la sílice, debido a su baja densidad útil, que podría tener gran importancia para estaciones fijas interplanetarias, donde la variable peso tiene gran importancia.

### 7.3.3 Molienda húmeda

No se ha escrito demasiado acerca de este tipo de molienda, aunque alguno de los procesos de reducción de tamaño a temperatura ambiente incluye extrusoras. El procedimiento seguido normalmente consiste en una serie de ruedas de molienda con agua pulverizada inyectada continuamente para asegurar el enfriamiento del polvo. Después de este proceso se separa el agua del polvo y se seca.

## 7.4. Tecnologías de regeneración

### 7.4.1 Desvulcanización

De acuerdo con Adhikari (2000), los procesos de desvulcanización se pueden clasificar en dos grandes grupos;

**Procesos físicos:** la desvulcanización se produce con la ayuda de una fuente de energía externa. Se encuentran los procesos mecánicos, termo-mecánicos, crio-mecánicos, microondas y ultrasónicos.

**Procesos químicos:** son los más empleados por las industrias. Los agentes químicos empleados son generalmente disulfuros o mercaptans orgánicos empleados durante un trabajo mecánico a elevada temperatura, también encontramos agentes inorgánicos y otro tipo de procesos como puede ser la catálisis por transferencia de fase (PTC). Milani (2001). Según esta clasificación se desarrollan a continuación algunos de los procedimientos mencionados:

- **Desvulcanización química:** Se emplean agentes químicos que rompen los enlaces para eliminar el azufre del enlace químico entrecruzado. La reacción tiene lugar con el azufre para evitar la formación de enlaces S-S.
- **Desvulcanización térmica:** Calentamiento del polvo de caucho a una elevada temperatura sin la presencia de agentes químicos. Empleado en los primeros métodos de recuperación y solamente es viable con el caucho natural. Tripathy (2004).

También se incluye la desvulcanización por microondas, que esencia es un proceso térmico, donde el movimiento de las moléculas provocado por la energía de microondas eleva la temperatura del polvo provocando la rotura del enlace químico entrecruzado. Un ajuste fino de esta energía de microondas puede conseguir romper los enlaces S-S y C-S pero no C-C.

- **Desvulcanización mecánica:** Nashville (1999), describe un proceso patentado, que emplea aleaciones Fe-Co para reducir mediante catálisis la densidad de entrecruzamientos de cloropreno y EPDM (caucho etileno-propileno), con un porcentaje de desvulcanización del

43%. Pero los componentes obtenidos presentan peores propiedades que el componente original. Kenzo (2002).

- **Desvulcanización químico-mecánica;** Se aplica sobre el polvo de caucho una fuerza a cortadura mecánica (molienda,...) formando radicales libres que pueden producir radicales en la cadena principal, se añaden agentes químicos (dioles, sulfuro) que reaccionan con estos radicales evitando su recombinación y al mismo tiempo, los entrecruzamientos se abren y la viscosidad se reduce. Jana (2006).

- **Desvulcanización termo-mecánica:** Maridass (2006), describe el proceso en el que emplean extrusoras que calientan el polvo.

Kostanski (2000), describe un estudio en el que se emplea una extrusora durante un periodo corto de tiempo produciendo una masa viscosa que es mezclada con el compuesto virgen. Se obtuvo un aumento de la fracción sólida y una disminución sustancial del número medio de entrecruzamientos.

- **Desvulcanización termo-química;** Es un proceso básicamente de recuperación pero no emplea bases o ácidos normalizados. Se lleva a cabo en una autoclave en seco o con vapor. Las temperaturas empleadas se encuentran en un rango de 150-190°C durante un tiempo dado, después del cual se extrae la masa ablandada y se lamina en un molino de 2 rollos. Kohji (2004).

- **Desvulcanización ultrasónica:** Este proceso continuo permite reciclar el caucho en ausencia de agentes químicos. En ciertas condiciones de presión y temperatura, las ondas ultrasónicas pueden romper el enlace químico entrecruzado del azufre en el caucho produciendo la desvulcanización, con alguna degradación de la cadena principal. La consecuencia más deseable del proceso es que el caucho tratado por ultrasonidos se pueda reprocesar y revulcanizar de manera similar a los elastómeros no vulcanizados.

Wenlai (2006), refiere un estudio de la Universidad de Akron, en el que ocurre una desvulcanización ultrasónica del caucho butílico en una extrusora a 120 °C y con velocidad del tornillo de 50 rpm, obteniendo que las propiedades mecánicas del caucho revulcanizado dependían de las condiciones de procesamiento durante la desvulcanización. Comparando con el caucho virgen se obtuvo 86% en resistencia a tensión y 71% en deformación a la rotura.

Yun (2004), presenta otros estudios que investigan las propiedades de distintas mezclas dEPDM (monómero dieno-etileno-propileno desvulcanizado por ultrasonidos) con vEPDM

(monómero dieno-etileno-propileno natural), dSBR (copolímero butadieno-estireno desvulcanizado por ultrasonidos) con PS (poliestireno) y desvulcanización ultrasónica continua del neumático molido mediante el empleo de dos reactores (reactor coaxial donde la desvulcanización se produce a la salida de la extrusora y reactor de cañón).

#### **7.4.2 Recuperación**

El interés en el proceso de recuperación del caucho data de la década de 1840, a raíz de la patente publicada por Charles Goodyear, sobre la vulcanización del caucho con azufre. El objetivo original de la recuperación del caucho vulcanizado es romper los entrecruzamientos, para permitir reutilizar los componentes de caucho. Esta ruptura de los enlaces se puede dar mediante rotura del entrecruzamiento químico tridimensional del azufre (desvulcanización) o mediante el fraccionamiento de las cadenas del polímero (despolimerización). El procedimiento es relativamente sencillo para el caucho natural, la dificultad radica cuando se aplica en cauchos sintéticos, particularmente SBR (caucho de estireno-butadieno).

La recuperación consiste en la conversión del entrecruzamiento tridimensional en un enlace 2D-dimensional, produciendo un material blando, plástico, de bajo módulo, procesable y vulcanizable, esencialmente de productos termoplásticos simulando muchas de las propiedades del caucho virgen.

La recuperación consiste en dos tecnologías;

- El caucho es troceado en piezas y molido en partículas finas.
- El polvo es sometido a un calentamiento en presencia de agentes químicos, seguido de una molienda intensiva por fricción.

A parte de los tres procesos típicos que trabajan bien la recuperación del caucho natural: (i) proceso térmico, (ii) proceso pan (bajo presión de vapor) y (iii) proceso digestivo en disolución acuosa básica, de acuerdo con Myhre (2002) se han desarrollado nuevas técnicas refinadas que permitan el reciclaje de los cauchos sintéticos, que introducen varias fases de molienda.

Martínez (2002), establece un procedimiento de recuperación del caucho butílico, sin adición de agentes químicos en un proceso de corte mecánico a una determinada temperatura, empleado en la cámara de aire del neumático de camión. El proceso consigue una rotura selectiva del entrecruzamiento químico tridimensional del azufre y una recuperación del butilo de alta calidad (sus propiedades no difieren mucho del caucho original); también

recupera el caucho natural procedente de neumáticos de camión. El autor establece que los procesos de regeneración dan lugar a un fuerte decrecimiento de la densidad de entrecruzamientos y una mejora de la fracción soluble, lo que produce la ruptura combinada de enlaces de azufre y cadenas poliméricas. El estudio concluye que una óptima elección de la materia prima y las condiciones de proceso, puede conducir a un grado más efectivo de desvulcanización y consecuentemente, una mejora de las propiedades físicas del material obtenido en la recuperación.

### **7.5. Pirólisis -Termólisis**

Entre las posibles vías de valorización de los neumáticos está la pirólisis, en la que los neumáticos se reducen a unas corrientes gaseosas, de aceite condensable, residuo carbonoso y metal. Aunque a pesar de las investigaciones realizadas hasta ahora apenas hay alguna operación comercial en funcionamiento, sigue habiendo en la actualidad proyectos basados en la pirólisis de neumáticos que tratan de llegar a la rentabilidad mediante distintas estrategias de valorización de los productos.

En el proceso de pirólisis se calientan los trozos de neumático (1-3 cm) a temperatura moderada (400-800°C) en ausencia de oxígeno o con una cantidad limitada del mismo. La degradación térmica del material produce una descomposición del neumático donde los elementos orgánicos volatilizables (principalmente cadenas de caucho) se descomponen en gases y líquidos, y los elementos inorgánicos (principalmente acero y negro de carbono no volátil) permanecen como residuo sólido. Los gases pirolíticos están compuestos principalmente por metano, butenos y butanos junto con otros hidrocarburos ligeros; también contienen en baja proporción CO, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S. Los gases pirolíticos tienen un poder calorífico de 68-84 MJ/m<sup>3</sup>, el cual es bastante significativo. Laresgoiti (2004).

Los sólidos pirolíticos (de iguales dimensiones que el original) se desintegran fácilmente en polvo de carbono, cordones de acero y filamentos.

Los productos obtenidos en la pirólisis son el residuo carbonoso, aceite y gas. Mediante la variación de la velocidad de calentamiento en el pirolizador se puede modificar la relación entre aceite condensable y gas no condensable (a mayor velocidad mayor producción de gas). Actualmente el aceite condensable es lo más problemático en un proceso de pirólisis, en cuanto a su aplicación. El gas de pirólisis se emplea como combustible para el propio reactor de pirólisis o para algún otro proceso como sustituto de combustible fósil.

Actualmente en el proceso de pirólisis de neumáticos, para que la operación resulte rentable es necesario valorar tanto la corriente gaseosa como la corriente de aceites condensables, aunque el mayor margen de valorización esté en el negro de carbono pirolítico.

Los productos obtenidos mediante pirólisis y sus características dependen de la fuente de alimentación, las condiciones experimentales y de las características específicas del sistema empleado (tamaño y tipo de reactor, eficiencia de la transferencia de calor, tiempo de permanencia). Tanto Aguado (2005), como Murillo (2006), expresan que existe una relación inversamente proporcional entre el tamaño de las partículas de neumático y la conversión pirolítica, así como que la temperatura de degradación máxima del mismo tipo de caucho bajo idénticas condiciones depende de la composición del neumático empleado, o que las constantes cinéticas dependen de la velocidad de calentamiento o de la conversión.

Marcos (2005), demuestra que se puede obtener un negro de carbono pirolítico con calidades similares a uno comercial de la serie 700 e inferiores, por lo que puede ser empleado para varias aplicaciones comerciales. Las características del negro de carbono reciclado son diferentes a las del negro de carbono convencional, pero con la optimización se llegan a aproximar. El uso del negro pirolítico para coloración y para absorbente de luz UV podría ofrecerse fácilmente tanto para productos plásticos como para productos de caucho.

Marcos (2005), manifiesta que la prioridad de obtención de productos valiosos de carbono pirolítico, dado que es el producto con mayor potencial de valorización. Las vías de valorización del carbono pirolítico son como combustible de sustitución (mezcla con carbón), como negro de carbono para carga en materiales poliméricos, o como materia prima en la fabricación de carbón activo.

Un nuevo proyecto financiado por la Unión Europea en el VI Programa Marco, Pyrol X-Tyre, apuesta por el diseño de un proceso de pirólisis rápida controlado por microondas para reciclar el negro de carbono y recuperar energía. En este proyecto participan 3 centros de investigación, entre otros el Instituto Nacional de Tecnología de Noruega, y entre los objetivos se cuentan el diseño de un prototipo con alimentación controlada, el desarrollo de una unidad de separación eficaz del sólido de hidrocarburo y la puesta en marcha de una tecnología nueva de sensor que ajuste los parámetros según la calidad del caucho de la alimentación.

De Marco ( 2002), expresa que el grupo de investigación de la Escuela Superior de Ingenieros de Bilbao para el desarrollo de combustible y tecnologías de combustión, se dedico al estudio y caracterización del líquido pirolítico obtenido a temperaturas de 300-700°C en atmósfera de nitrógeno, en un autoclave, durante 30 min., obteniéndose que la temperatura no afectaba a la composición de los aceites. Bajo las mismas condiciones y a 500°C se obtienen gases pirolíticos muy ricos en hidrocarburos con baja proporción de SH con 1.8% en volumen y un elevado poder calorífico de 83.9 MJ/m<sup>3</sup>.

Mastral (2000), informa que el grupo de investigación para la conservación de recursos y reciclaje del Instituto de Carboquímica, de Zaragoza, estudió la influencia de las principales variables de proceso (temperatura, tiempo y presión) en la hidroconversión del neumático (0.9 mm) mediante un reactor TB (tubing bomb reactor). Encontraron que a elevada temperatura no mejoraba la conversión total del caucho pero decrecía la producción de aceite, a 375°C se producía 47% de aceites y a 425°C un 42 % , con tiempo de reacción de 30 min. La misma tendencia se observó con el tiempo de reacción (a temperatura 400°C, se pasó de 54% a los 5 min a 45% a los 60 min), pero no se observaron diferencias en la conversión y producción cuando se introdujo nitrógeno.

Existen dos tipos principales de aceites residuales, H09 y H18, que se derivan de la pirólisis del caucho. El aceite H09 es el que contiene un mayor porcentaje de coque (10%), mientras que el aceite H18 contiene un 1,8%. El coque pirolítico se puede separar totalmente del aceite pirolítico, el cual puede emplearse como asfalto modificado. Yousefi (2000). El equipo de equipo de investigación de combustibles de la Universidad Laval en Quebec, ha estudiado el efecto del aceite H18 sobre las propiedades del asfalto modificado con polietileno reciclado (RPE-H18 (en 5-10%)), demostrando que se mejoraban las prestaciones del asfalto a moderadas y altas temperaturas (-15-90 °C). Yousefi (2000).

En la Tabla 15, se presenta un resumen de las distintas tecnologías explicadas, con las principales ventajas y desventajas de cada una.



Tabla 15.- Características, ventajas y desventajas de las tecnologías de valorización material y energética del residuo NFU.

Tecnología	Características	Ventajas	Desventajas
<b>Recauchutado</b>	Sustitución de la capa gastada de los neumáticos y reconstrucción de la estructura original.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se necesita menos cantidad de crudo que en un neumático nuevo.</li> <li>- Reducción del coste de fabricación en 30-50 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Número limitado de recauchutados.</li> <li>- Características ligeramente disminuidas.</li> </ul>
<b>Tratamientos mecánicos</b>	- Trituración previa de los NFU para reducir el tamaño.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite la reducción del volumen, importante en vertederos.</li> <li>- Facilita la molienda u otras técnicas.</li> </ul>	- No existen muchos estudios para mejora de la técnica.
<b>Tecnologías de reducción de tamaño</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Molienda a temperatura ambiente (mecánica)</li> <li>- Molienda criogénica (enfriamiento del caucho mediante N<sub>2</sub>)</li> <li>- Molienda húmeda (por chorro de agua)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consigue reducir a tamaños que van desde 500mm a inferiores de 500µm.</li> <li>- Molienda criogénica permite partículas de menor tamaño, superficie más suave y menor oxidación superficial.</li> <li>- Muy empleada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lixiviado de ZnO</li> <li>- Molienda a T.A.: Coste elevado por la necesidad de un mantenimiento continuo de la maquinaria Mayor sensibilidad a los agentes atmosféricos.</li> <li>- Molienda criogénica: Coste adicional por precio del N<sub>2</sub> y fase adicional de secado.</li> </ul>
<b>Tecnologías de regeneración</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desvulcanización: rotura selectiva del enlace químico entrecruzado del azufre en el caucho vulcanizado.</li> <li>- Recuperación: de caucho vulcanizado mediante desvulcanización o despolimerización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consigue una descomposición de los componentes del neumático.</li> <li>- Permite reutilizar los componentes de caucho de los NFU para la fabricación de distintos elementos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caucho obtenido con propiedades físicas inferiores al original.</li> <li>- Importante una óptima elección de la materia prima y condiciones de proceso.</li> </ul>
<b>Pirólisis</b>	Calentamiento del granulado de NFU a temperatura moderada en ausencia de oxígeno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descomposición de los componentes del neumático.</li> <li>- Gases pirolíticos tienen elevado poder calorífico.</li> <li>- Negro de carbono se puede reutilizar para fabricación de nuevos elementos.</li> <li>- Negro pirolítico para coloración y absorbente luz UV.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problemática con la aplicación de los aceites condensables obtenidos.</li> <li>- Características de los productos depende de las condiciones del proceso. Importante un ajuste de los parámetros.</li> </ul>

## 8. Aplicaciones del aprovechamiento y valorización material y energética del residuo NFU

### 8.1 Valorización material del residuo NFU

La gestión más limpia y en la que deben centrar sus esfuerzos las administraciones públicas y productores a cargo de la gestión de los NFU, es el reciclado de material. Las materias primas que se obtienen a través de los distintos tratamientos son principalmente:

- Caucho, granulado o polvo
- Acero, utilizado en acerías
- Compuestos textiles, actualmente no tienen aplicación específica.

El caucho es un compuesto utilizado en numerosas aplicaciones, bien de manera individual o combinado con otros materiales. Ejemplos de aplicaciones del caucho son: en las mezclas bituminosas para pavimentos de carreteras, en pavimentos deportivos y de seguridad, en hierba artificial, como aislante acústico y antivibratorio, en pistas de atletismo, en la industria del calzado o industria automovilística.

En la Tabla 16 se muestra la granulometría y porcentaje de NFU reciclados según la aplicación.

**Tabla 16. Granulometría y porcentaje de NFU reciclados, por aplicaciones.**

Aplicaciones	Granulometría del caucho utilizado	Porcentaje
Bases elásticas en pavimentos deportivos	1.5-5.0 mm	13.4
Campos de hierba artificial	0.5-2.0 mm	60.0
Pavimentos multiuso	1.5-4.0 mm	1.3
Suelos de seguridad	1.5-4.0 mm	11.3
Aislamientos acústicos y contra ruido de impacto	0.5-1.5 mm	3.3
Pistas de atletismo	1.5-4.0 mm	5.0
Industrias del caucho y asfaltos modificados	0.0-0.4 mm	5.7
Total mercado		100

Fuentes: Segundo Plan Nacional del Gestión de NFU. España

#### 8.1.1 Aplicaciones de los neumáticos enteros

**Arrecifes Artificiales:** Se espera que los neumáticos usados en la creación de arrecifes artificiales puedan perdurar más de 30 años porque los neumáticos sumergidos en agua marina se encuentran en un medio estable químicamente y protegidos de la radiación ultravioleta, lo que limita la cantidad de lixiviados contaminantes.

**Balas de Neumáticos:** Las balas prismáticas de 1 tonelada de peso se fabrican con prensas hidráulicas, que compactan entre 100 y 125 neumáticos por unidad. Las dimensiones habituales son 75 cm x 150cm x 135 cm. Son una buena alternativa a los gaviones metálicos en la construcción de estructuras de contención y presas. Se han utilizado con éxito en la estabilización de márgenes fluviales degradados por la erosión del agua. Por su forma geométrica e instalación modular se adaptan muy bien a ser recubiertas con hormigón o fábrica para la formación de muros.

**Barreras Acústicas:** Los neumáticos constituyen la base de la estructura y se recubren con tierra, de esta forma no les afecta la luz. Como la estructura es inmóvil, el desgaste del material es mínimo.

**Pistas Provisionales:** Para la circulación de vehículos sobre terrenos poco estables en explotaciones forestales, accesos a canteras, etc.

**Macizos de suelo reforzado:** Los NFU, agrupados en sistemas de tipo geomalla permiten la formación de macizos de suelo reforzado mediante la interposición de capas superpuestas de neumáticos enteros rellenos de material granular compactado. Las estructuras neumático-suelo muestran propiedades mecánicas superiores a los suelos de origen y pueden presentar diferentes aplicaciones específicas: como muros de sostenimiento de tierras, muros de estabilización en pie de taludes, muros antierosión en márgenes de cauces fluviales, rellenos ligeros en terraplenes, decoración y elementos de recreo en parques infantiles, ferias, etc.

### **8.1.2. Aplicaciones de los neumáticos triturados**

**Rellenos ligeros:** Son empleados como relleno de terraplenes, se utilizan fundamentalmente sobre cimientos compresibles o de baja capacidad portante para limitar las cargas transmitidas al cimiento y los asentamientos totales. Pueden realizar también mezclas de suelo o material granular con neumáticos troceados en aquellas situaciones donde la necesidad de una menor compresibilidad del relleno compense el aumento de peso frente al uso de neumáticos troceados en exclusiva.

Los rellenos ligeros también pueden utilizarse sobre estructuras o tuberías enterradas, para limitar las cargas sobre la estructura y la concentración de tensiones por consolidación diferencial, ya que su deformabilidad permite la generación de un efecto bóveda sobre la estructura. En zonas con problemas de inestabilidad, su baja densidad y suficiente resistencia al corte permite su empleo para la formación de taludes o bermas. Resulta un material especialmente adecuado como relleno ligero en trasdós de muros, estribos de puentes, muros de sostenimiento.

**Pistas de atletismo:** los gránulos de caucho procedentes de NFU son una materia prima básica en la composición de los distintos revestimientos sintéticos, que podemos clasificarlos en revestimientos realizados “in situ”, mixtos y prefabricados, atendiendo a su puesta en obra, que a su vez pueden ser compactos o multicapas si el tipo de mezclas que lo componen es homogéneo o compuesto por capas de distintas calidades. En la construcción de una pista de atletismo se emplean aproximadamente de setenta a ochenta toneladas de gránulos de caucho, según el sistema que se instale y de la superficie de la pista, siendo las partículas de caucho de un tamaño comprendido entre 1 y 4 mm.

**Aislamiento térmico:** los neumáticos triturados son materiales física y químicamente resistentes. Se puede considerar que presentan una capacidad de aislamiento térmico 8 veces superior a la de un suelo. La utilización de rellenos de NFU en terraplenes de carreteras proporciona una protección eficaz frente a la penetración de la helada en el suelo subyacente. El problema de la pérdida de capacidad portante de los suelos durante el deshielo primaveral es un factor primordial de diseño de carreteras en zonas frías. Las propiedades de protección frente a la penetración de la helada pueden aplicarse también a otras situaciones tales como la construcción de vertedero, de zanjas drenantes, etc.

**Aislamiento acústico:** el caucho es un material con buena absorción acústica, por lo que resulta adecuado para la fabricación de pantallas anti-ruido en carreteras. Los NFU troceados, así como enteros o embalados, han sido utilizados como material de relleno de terraplenes longitudinales utilizados como barreras anti-ruido. Paneles de caucho granulados, aglomerado con resinas de poliuretano, se ha utilizado como capa de aislamiento en barreras acústicas prefabricadas.

**Pistas multiuso:** las características generales que deben cumplir todos los pavimentos deportivos son: elasticidad, resistencia al deslizamiento y durabilidad. La elasticidad permite que el pavimento juegue un papel importante absorbiendo parte de la energía que el deportista transmite en sus impactos con el pavimento evitando así lesiones en sus articulaciones y en sus caídas. Las capas elásticas de mejor calidad se fabrican con gránulos de caucho procedentes de la trituración de NFU, utilizando generalmente como aglomerante una resina de poliuretano, se fabrican en distintos espesores a pie de obra o se suministran prefabricadas en forma de rollos. La capa final de acabado debe garantizar la correcta estabilidad del deportista en contacto con el pavimento así como el bote de la pelota por lo que la textura y calidad de ésta capa varía en función de distintos factores como son, la ubicación de la pista, en interior o al aire libre y el tipo de deporte.

**Campos de hierba artificial:** existen en el mercado alfombras de hierba artificial, iniciadas para los campos de jockey, para la práctica del fútbol que consisten en una base asfáltica seguidas de una capa de arena y otra de gránulos de caucho de NFU y por último las fibras.

**Colchonetas para animales:** recubiertas por 2 capas de tela sintética la cual protege al granulado contra los rayos ultravioleta. La capa interior es impermeable y puede lavarse y desinfectarse fácilmente.

**Pavimentos de seguridad:** se utilizan principalmente en parques infantiles, guarderías y residencias de ancianos para evitar posibles lesiones por caídas al resultar un pavimento elástico. Su composición es a base de gránulos de caucho aglomerados con resinas de poliuretano. Una variante puede ser como protector de guardarraíles.

**Capas drenantes en vertederos:** para la recogida de lixiviados se establece la instalación de una capa de drenaje de espesor superior a 0.5 mm. Esta capa requiere una permeabilidad superior a 10<sup>-3</sup> m/s y los rellenos de NFU troceados superan este requisito (10-2-10-1). Este material también es utilizado como relleno de las zanjas o pozos drenantes de recolección, protegido de la contaminación mediante una envuelta geotextil.

**Sistemas de drenaje en carreteras:** se emplean los NFU troceados como material de relleno de capas y zanjas drenantes en carreteras, las propiedades elásticas del relleno proporcionan una protección mecánica a las tuberías. Las propiedades aislantes del caucho hacen que sea un material de relleno idóneo en zonas sometidas a temperaturas bajas, impidiendo la congelación del agua contenida en él.

**Calzado:** las suelas de los zapatos fabricadas con polvo o granulado son muy duraderas y a menudo duran más que el cuerpo del zapato.

**Equipamientos viales y ferroviarios:** se han utilizado productos reciclados en equipamientos viales prefabricados (bordillos, badenes, isletas, bandas sonoras, conos de señalización, barreras de seguridad, quitamiedos, etc.). En los equipamientos ferroviarios destaca la utilización de losetas flexibles en pasos a nivel, aunque también se ha empleado en la fabricación de traviesas compuestas.

### 8.1.3. Aplicaciones en materiales bituminosos

En carreteras, una de las aplicaciones de los NFU, es en la red vial, lo que supone un gran mercado potencial capaz de consumir por sí solo todo el neumático que se recicle. Las exigencias actuales en las carreteras hacen que sustituyamos el betún convencional por betunes modificados con polímeros, los más actualizados SBS (estireno-butadieno-

estireno), EVA (acetato de vinilo-etileno), polietilenos, EPDM (monómero dieno- etileno-propileno), etc.

La aplicación en la red de carreteras tiene grandes ventajas para el empleo del caucho reciclado; se están utilizando productos elastoméricos a los que el caucho reciclado podría sustituir o complementar, pueden utilizar grandes volúmenes en cada obra y dado que la construcción de carreteras se da en todo el territorio nacional, no se necesita transportarlo a grandes distancias.

Dentro de la utilización en carreteras las posibles aplicaciones son muy variadas. El triturado del neumático puede ser empleado para:

- Modificar betunes de destilación para su empleo en mezclas bituminosas, membranas SAM o SAMI antifisuras, membranas impermeabilizantes, material de juntas de dilatación, etc.
- Sustitución parcial de materiales pétreos en la estructura de mezclas asfálticas para ser empleados en capas de base e intermedias, capas de rodadura de granulometría densa, mezclas porosas.

La utilización del polvo o árido fino procedente del triturado de NFU, en materiales para carretera presenta varias vías de modificación de betunes:

**Vía Húmeda:** se basa en la fabricación de un ligante modificado (betún-caucho) mediante la adición de partículas de caucho de neumático reciclado a un betún convencional, bajo ciertas condiciones de mezclado. Al añadir las partículas de caucho al betún caliente éstas se reblandecen, absorben los componentes más ligeros del betún y se hinchan (digestión) produciendo una disminución de la distancia entre partículas y un aumento de la viscosidad del ligante combinado. El betún resultante de la mezcla depende del tiempo y temperatura de reacción, temperaturas elevadas producen reacciones más rápidas y mayores hinchamientos de las partículas. La mezcla betún-caucho de neumático reciclado es inestable, para que el caucho no se segregue la mezcla ha de estar en continua agitación, por eso se fabrica in situ en el lugar de la obra. No obstante se han desarrollado procesos para estabilizar la mezcla y hacerla almacenable, permitiendo el traslado desde la central de fabricación al lugar de empleo. Gallegos (2003). Estos desarrollos se basan en añadir estabilizantes (normalmente SBS) y compatibilizantes (principalmente aceites extendedores). En estos casos el contenido del caucho en el betún no pasaría del 10% (20% para betunes fabricados in situ) obteniéndose distintas prestaciones. Las principales diferencias entre ambos tipos se dan en la Tabla 17.

**Tabla 17.- Ventajas de los tipos de betunes obtenidos por vía húmeda.**

Tipos de betunes	Ventajas
Betunes estables	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No necesitan empleo de maquinaria adicional.</li> <li>• Facilitan el control de calidad del producto.</li> <li>• Campo de aplicación definido y normalizado.</li> </ul>
Betunes fabricados in situ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permiten ampliar el campo de los ligantes modificados</li> <li>• Empelan mayores cantidades de residuo</li> <li>• Menores traslados de materia prima y simplicidad de componentes</li> <li>• Necesitan obras de un determinado volumen para rentabilizar traslado maquinaria.</li> </ul>

**Vía Seca:** cuando el triturado del neumático se emplea sustituyendo una fracción de áridos. Consiste en incorporar bien directamente al mezclador la cantidad precisa para cada amasada en planta discontinua, o bien mezclarlo previamente con algún componente pétreo de la mezcla antes de la fabricación en planta continua. Los aspectos fundamentales de la técnica son; el caucho sustituye a una parte del árido, la parte fina reacciona con el betún modificándole, es conveniente que se produzca una pre-reacción. Se pueden distinguir varios tipos de tecnologías;

**Tecnología Plusride:** utiliza caucho troceado con tamaños relativamente gruesos (6.4-1 mm) en la fracción 0/6 incorporándose en un árido de granulometría discontinua y luego se mezcla con el betún.

**Tecnología genérica:** emplea partículas de menor tamaño (hasta 0.4 mm) y la granulometría del árido se ajusta para adecuarse a la del caucho.

**Mixto:** une los dos tipos de vías anteriores, en fase de estudio. Emplea betún modificado con caucho como ligante y una cierta cantidad de triturado de neumático bien por vía húmeda (incorporándolo al betún), o por vía seca (incorporándolo al árido, emplea menores cantidades de caucho y de menor tamaño 0.1 mm).

• **Mezclas poroelásticas:** mezcla de poliuretano y áridos procedentes de caucho reciclado, con un 25-30% de huecos en la mezcla. La suma de los efectos de los huecos y de la elasticidad de los áridos, que disminuye la resistencia a la rodadura y la deformación de los neumáticos, permiten conseguir disminuciones de ruido de hasta 10/12 dB.

La mezcla en vía húmeda evita el consumo de cauchos vírgenes tipo SBS o EVA. El porcentaje que se suele emplear sobre betún oscila entre 10-20% s/betún, lo que permitiría reutilizar entre 5-10 mil Toneladas mediante esta vía. Tomas (2006).

En el caso de la vía seca, el triturado no sustituye a un polímero de alto coste sino a un árido de coste muy bajo. Sin embargo, el consumo de neumáticos es mayor pues la cantidad de

áridos en las mezclas bituminosas es mucho mayor que la del polímero, y dado que el porcentaje que se añade de NFU triturado oscila entre 1-3% s/árido, se consumirían unas 400.000 toneladas. Tomas (2006).

El empleo de residuos en carreteras debe pasar por una definición clara de las características mecánicas y de durabilidad de cada uno de ellos. Además, dado el tiempo necesario para sacar conclusiones en las pruebas experimentales en carreteras, sería conveniente que las administraciones de carreteras diseñasen una política de tramos de ensayo para estos materiales que permitiese en un futuro próximo contar con datos para su aplicación. A pesar de que la Administración opta por el empleo de la vía húmeda, debido a un más fácil control del proceso, sería conveniente emplear todos los medios posibles para aumentar el consumo de los NFU en carreteras. El control en la vía seca se podría realizar por parte de los laboratorios y/o introduciendo una normativa al respecto.

**En construcción:** existen estudios sobre la adición de granulado de caucho procedente de NFU en cemento u hormigón, encontrándose los mejores resultados sobre cemento autocompactante o Pórtland. Marcos (2005).

A pesar de que la incorporación de las partículas de caucho en materiales cementosos disminuye la resistencia, su uso se hace importante porque mejora la fragilidad del cemento, evitando el colapso. Lo que le confiere la posibilidad de la aplicación antisísmica y para usos no estructurales. Raghavan (2005). Se ha encontrado la posibilidad de emplear el sistema Cemento Pórtland Tipo I/ Caucho molido de NFU (0.29-0.59 mm) en el campo de la construcción, muy prometedor como material de relleno para grietas y juntas. Se observó como efecto más notorio la reducción de la velocidad del pulso ultrasónico en este medio. Albano (2005).

## **8.2 Valorización energética del residuo NFU**

### **8.2.1 Producción de combustible**

La utilización como combustible trata de aprovechar la energía térmica que produce la combustión de la goma de los mismos. Según Marcos (2005) para el aprovechamiento energético, el neumático se puede presentar como neumático en polvo, troceado y entero. La selección se efectuará en función de las características del horno donde tenga lugar la combustión. Las características del horno de clinker, las altas temperaturas de funcionamiento, el alto tiempo de permanencia y la suspensión en el intercambiador de calor, por el que se desarrolla un proceso de adsorción, dan lugar a un sistema ideal de



revalorización o utilización de combustibles secundarios. La combustión a temperaturas superiores a los 1200 °C, la atmósfera oxidante y los tiempos de permanencia entre 2 y 6 segundos garantizan la destrucción efectiva de los componentes orgánicos existentes en los residuos, eliminando la nocividad de los mismos y evitando la generación de cenizas susceptibles de tratamiento.

Los resultados de los análisis realizados por Laboratorios LABEIN del clinker, empleando neumático troceado en un porcentaje de sustitución del 20%, son similares a los obtenidos utilizando como combustible solamente coque de petróleo. Observándose que con la utilización de neumáticos se reducen las emisiones de NOx y SO. Por lo que es absolutamente factible la valorización en hornos de cemento hasta un 20% del combustible utilizado.

### **8.2.2 Aprovechamiento energético por gasificación**

La gasificación es un proceso termoquímico de descomposición de la materia orgánica en un ambiente caracterizado por un déficit de aire respecto al estequiométrico necesario para realizar la combustión completa de la misma. Es un proceso a 600°C donde el combustible sólido reacciona con un agente gasificante (aire, oxígeno o vapor de agua).

En el tratamiento de NFU, vía gasificación se obtienen 2 fases; una sólida (mezcla de negro de carbono (25% en peso del total de NFU) y acero (12% en peso del total de NFU)) en aprox. un 37 % en peso del total de los productos del proceso, y una fase gaseosa en un 63%. Los dos componentes de la fase sólida se separan fácilmente con un tropel rotatorio de tamizado. El gas generado sale de los gasógenos a una temperatura superior a 350°C y contiene 2 fases separables;

- Fase gaseosa no condensable; formada por una amplia gama de gases de gasificación (CO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, hidrocarburos tipo C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>,...). Representa, en media, un 38% en peso del total de NFU tratados en el proceso. Empleados como valorización energética en motores de gas adaptados al respecto.
- Fase gaseosa condensable; constituida por todo el espectro de alquitranes, aceites medianos y ligeros, BTX, etc. Constituye un 25% del peso total de los NFU tratados. Los aceites condensados se pueden valorizar energéticamente como sustitutivo de un fuel- oil ligero o emplear en aplicaciones industriales específicas.

### **8.2.3 Aprovechamiento energético mediante Pirólisis**

Un método específico de la valorización energética por gasificación es la valorización energética por pirólisis.

Mediante la pirólisis se obtiene, de modo general, carbono pirolítico (33% en peso), gases (20% en peso), aceites (35% en peso) y residuo metálico (12% en peso).

Según las condiciones de procesado - velocidad de calentamiento, tamaño partícula, rango de temperatura - se obtendrán distintos porcentajes en peso de los elementos pirolíticos, así como características diferentes de los mismos.

Numerosos estudios se centran en obtener productos valiosos de carbono pirolítico, por ser los que presentan mayor potencial de valorización. Las vías de valorización del carbono pirolítico pueden ser: como combustible de sustitución (mezcla con carbón), como negro de carbono para carga en materiales poliméricos, o como materia prima en la fabricación de carbón activo.

Los aceites obtenidos se pueden emplear como combustible en hornos convencionales. Los gases no condensables tienen un poder calorífico del orden de 68-84 MJ/m<sup>3</sup>, compuesto principalmente por hidrocarburos ligeros (olefinas y C –C parafinas) junto con H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, elementos que pueden ser empleados para calentar el reactor de pirólisis, o como combustible en las cementeras.

Sin embargo, la valorización energética mediante pirólisis no está muy difundida debido al coste de las instalaciones necesarias.

### **8.3. Ejemplos de aplicaciones, tecnologías y propiedades de los productos**

Según la Norma Europea de Materiales de Reciclajes - Neumáticos fuera de uso (EN14243); las propiedades físicas y químicas proporcionan un indicador de las aplicaciones para las cuales los materiales son más apropiados. Estas propiedades son el punto de partida para el desarrollo de las especificaciones para aplicaciones y productos.

Los materiales obtenidos, aunque sean del mismo tamaño y se hayan elaborado con parámetros específicos, pueden dar lugar a características químicas y/o físicas distintas debido a la clase de material y/o tecnología usada. Estas diferencias pueden influir en las aplicaciones o productos para los cuales el material es más o menos apropiado.

## 9. Riesgos, afectaciones e impactos al ambiente y a la salud, generadas por las tecnologías y sus aplicaciones para el aprovechamiento y valorización de los NFU

### 9.1. Potenciales emisiones debidas a la combustión de NFU en hornos de cementeras

Según experiencias internacionales las emisiones orgánicas y metálicas de un horno de cemento bien diseñado y correctamente operado, con adecuados sistemas de control de emisiones de gases y partículas, no varía sustancialmente de las emisiones de un horno de cemento en el que se emplee exclusivamente combustible convencional. No obstante se recoge información que permite estimar la tendencia esperada en la peor condición para cada una de las emisiones.

**Óxidos de nitrógeno y otros compuestos nitrogenados:** La formación de NO<sub>x</sub> es consecuencia de la alta temperatura de combustión. Su formación se da principalmente por el aire de combustión (NO<sub>x</sub> térmico). Si bien una parte del contenido de nitrógeno en los neumáticos podría, teóricamente, provocar la formación de NO<sub>x</sub>, la probabilidad es mínima, dado los bajos contenidos de nitrógeno en el neumático frente a otros combustibles en uso, como el carbón.

**Dióxido de azufre y otros compuestos sulfurados (SO<sub>x</sub>):** El azufre entra en el proceso como parte de los combustibles y de las materias primas, como sulfatos o sulfuros. El azufre que entra como sulfuro en las materias prima aproximadamente el 30 %, es parcialmente evaporado, en las primeras etapas del proceso. El resto del azufre que entra por las materias primas y el total aportado por los combustibles será capturado íntegramente en el clinker y no aparecerá en las emisiones. En general, los hornos de vía seca, trabajando con materias primas bajas en azufre, no presentan problemas significativos de emisiones de SO<sub>x</sub> y su generación se ve reducida por el uso de neumáticos desechados al contener estos menores porcentajes que el carbón. La emisión de SO<sub>2</sub> es influenciada en mayor grado por sulfuro volátil en la mezcla de crudo que por el combustible alternativo.

**Monóxido de carbono (CO):** La combustión en el quemador secundario de neumáticos a menudo produce una emisión mayor de CO. Una elevada tasa de combustión y/o valores máximos de la tasa de alimentación (neumáticos enteros) puede provocar problemas al ingresar mayor cantidad de aire que hace bajar la temperatura en el precalcinador.

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** La emisión de CO<sub>2</sub> se sitúa entre 800 y 900 Kg/T de clinker. Casi un 60% de esta emisión proviene del proceso de calcinación, y es por tanto inevitable. El resto, deriva de la combustión de los combustibles. La emisión de CO<sub>2</sub> en la combustión de los neumáticos representa un porcentaje bajo en relación al aportado por las materias primas. Su formación es inherente al proceso de calcinación. Cabe señalar, sin embargo, que los cambios de tecnología, la mejora de la eficiencia de los procesos de combustión ha reducido en más del 30% las emisiones asociadas de CO<sub>2</sub> en los últimos 25 años.

**Metales y compuestos metálicos:** El proceso cementero tiene una gran capacidad para capturar los metales que entran con los materiales o los combustibles. Los metales son absorbidos en el clinker o en el polvo recogido en el filtro. Está ampliamente demostrado que el uso de combustibles alternativos como los neumáticos, no conduce a un incremento significativo de los metales en el cemento ni en el polvo del horno, y que tampoco se ven afectadas las emisiones cuando se limitan las entradas de los volátiles. Un adecuado sistema de reducción de la emisión de partículas en los gases de la chimenea garantiza la reducción de las emisiones de metales.

**Dibenzodioxinas y dibenzofuranos policlorados (PCDD/PCDF):** Las dioxinas son compuestos químicos presentes en el medio en concentraciones sumamente pequeñas. En el proceso cementero, la presencia de cloro o hidrocarburos precursores en las materias primas o combustibles en cantidades suficientes, podrían ser causa de formación de estos compuestos en los procesos de combustión. En la práctica se constata que la formación de PCDD/F no está influenciada por la co-combustión de combustibles alternativos. Pruebas realizadas en hornos de la Unión Europea y la abundante literatura disponible confirman que los hornos de cemento, debido a los largos tiempos de residencia a altas temperaturas son idóneos para destruir residuos químicos orgánicos por lo que no suponen ningún peligro para salud humana o el medioambiente.

**Compuestos orgánicos volátiles (COV):** La emisión de compuestos orgánicos puede ocurrir en las primeras etapas del proceso, al volatilizarse la materia orgánica presente en las materias primas al entrar en contacto con los gases calientes. En la industria del cemento, estas emisiones no son indicadoras de combustión incompleta (dada la muy alta temperatura, largos tiempos de residencia y condiciones de exceso de oxígeno del proceso). La cantidad

de emisiones de compuestos orgánicos es tan pequeña, que no representa un aumento perceptible de riesgo para la salud pública o el medioambiente.

La descarga de gases típica de un horno de cemento contiene menos de una décima parte de los hidrocarburos presentes en los gases de descarga de un automóvil.

**Partículas:** Históricamente, la emisión de polvo, especialmente de la chimenea del horno, ha sido el impacto ambiental más significativo en la producción de cemento. Las principales fuente de partículas son los hornos, los molinos de materias primas, enfriadores de clinker y molinos de cemento. La naturaleza del polvo recogido en los tres focos principales es: materia prima en las emisiones particuladas del horno, finos de clinker en el enfriador y producto final (cemento) en los molinos de cemento. La eficiencia de electrofiltros y filtros de mangas permiten reducir las emisiones de partículas de los focos principales a niveles muy bajos. La incineración de neumáticos desechados no tiene influencia en la emisión de partículas del horno, que sólo depende de la eficiencia de los equipos de control de polvo.

La Tabla 18, presenta datos de la composición de la ceniza de un neumático, en tanto, la Tabla 19 muestra información de la concentración de contaminantes esperada en los gases de un horno cementero.

**Tabla 18.- Análisis mineral de la ceniza de neumático en 100 parte (% en peso).**

Compuesto	Peso, %
Dióxido de Silicio	22.00
Dióxido de Aluminio	9.10
Óxido de Hierro II	1.40
Oxido de Calcio	10.60
Dióxido de Titanio	2.50
Dióxido de Magnesio	1.40
Dióxido de Sodio	1.10
Oxido de Potasio	0.90
Azufre en SO <sub>3</sub>	15.50
Fosforo en P <sub>4</sub> O <sub>5</sub>	1.00
Óxido de Zinc	34.50

**Tabla 19.- Límites de Concentración de contaminantes en los gases de un horno de producción de cemento, exigidos por la Unión Europea.**

Emisiones representativas	Valores, mg/Nm <sup>3</sup>	Límite superior, mg/Nm <sup>3</sup>
Partículas (polvo)	20-200	150
NO <sub>x</sub>	500-2.000	1000
SO <sub>2</sub>	10-2.500	2000
TOC	10-100	150
CO	500-2.000	1000
Fluoruros	<5	4
Cloruros	<25	26
PCDD/F	<0.1 ng/Nm <sup>3</sup>	0.2 ng/Nm <sup>3</sup>
<b>Metales pesados</b>		
-Grupo I (Hg, Cd, Tl)	<0.1	0.15
-Grupo II (As, Co, Ni, Se, Te)	<0.1	0.15
-Grupo III (Sb, Pb, Cr, Cu, Mn, V, Sn) + Zn	<0.3	4.13

Fuente: Ministerio Medio Ambiente España (2003).

## 9.2. Impactos del proceso de recauchaje

Desde el punto de vista del uso de materiales, el recauchaje usa un porcentaje menor de materias primas, comparado con la elaboración de un neumático nuevo y la energía necesaria para recauchar un neumático es de 400 MJ, en comparación con los 970 MJ necesario para fabricar uno nuevo.

El proceso de recauchaje genera emisiones al aire, principalmente compuestos orgánicos volátiles (COV), provenientes de los solventes usados, agentes de cementado y compuestos de caucho durante la vulcanización. Los olores generados también pueden ser un tema importante en algunas áreas. Adicionalmente se genera una cantidad importante de residuos sólidos correspondientes al caucho removido desde los neumáticos antes de recauchar, pero este material puede ser valorizado en otros usos.

El recauchaje es un proceso ambientalmente benéfico ya que minimiza la generación de residuos y además incrementa la vida útil de del neumático. Sin embargo, este razonamiento sólo es válido si la carcasa que sirve como materia prima para el recauchaje se ha originado desde neumáticos usados dentro del mismo país de origen.

### **9.3. Impactos de la trituración a temperatura ambiente**

Este proceso de trituración genera bastante ruido, polvo y emisiones de SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>, además de consumir gran cantidad de energía (120 a 125 Kwh/Ton). A fin de garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, todo el equipamiento debe poseer sistemas adecuados de ventilación, sistemas para control de incendios. El uso de elementos de protección, como zapatos de seguridad, casco, guantes, protectores auditivos y lentes debe ser obligatorio. El sitio debe contar con un lugar apropiado para almacenar el material triturado, protegido de la luz solar.

### **9.4. Impactos de la aplicación en asfaltos**

El impacto del uso de caucho en asfaltos aún no está completamente claro. Mientras algunos países, como España, se orientan a evaluar fundamentalmente el impacto del proceso e indican que los niveles de emisiones del proceso no varían significativamente frente a los de un proceso convencional de mezcla asfáltica, no generándose problemas a la salud de los trabajadores. Por el contrario, otros estudios realizados Reino Unido y Estados Unidos se orientan también a evaluar los potenciales impactos ambientales y riesgos a la salud en el uso del material. (UNEP, 2008). Se indica un probable potencial de ignición bajo ciertas condiciones en zonas de altas temperaturas y una mayor exposición de los trabajadores a monóxido de carbono y material particulado que puede contener compuestos aromáticos policíclicos y compuestos de sulfuro. Por lo anterior, se indica la necesidad de complementar la información respecto de sus potenciales impactos al ambiente y a la salud de la población.

### **9.5. Impactos de la de vulcanización**

Existen potenciales impactos en la vulcanización mediante procesos químicos y ultrasónicos, los cuales emiten aproximadamente 50 compuestos orgánicos, incluyendo benceno, tolueno y heptanos. También existe la posibilidad de generar emisiones de SO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S, por lo cual el proceso requiere filtros para el control de emisiones de partículas y lavadores de gases, cuyos efluentes líquidos deben ser tratados adecuadamente.

### 9.6. Impactos generados por el uso de NFU en obras de ingeniería

El principal impacto tiene que ver con el potencial de lixiviación de metales o compuestos hidrocarbonados. Existen algunas regulaciones a nivel internacional que definen los límites máximos en el lixiviado de acuerdo a la aplicación, según se muestra en la Tabla 20.

**Tabla 20.- Límites máximos permitidos por Lixiviación de metales o compuestos hidrocarbonados según uso del NFU.**

Aplicación	Parámetro	Límites
Relleno liviano en obras de infraestructura. Reforzamiento de laderas en terrenos. Uso en laderas en rellenos sanitarios. Barreras contra ruido. Aislamiento térmico.	pH	5.5-9.0
	Conductividad	1000 uS/cm
	COD	30 mg/L
	Amonio	0.5mg/L
	Arsénico	10 mg/L
	Cadmio	1 mg/L
	Cromo total	50 mg/L
	Plomo total	50 mg/L
	Mercurio	1 mg/L
	Selenio	10 mg/L
	Boro	2000 mg/L
	Cobre	20 mg/L
	Níquel	50 mg/L
	Zinc	500 mg/L
	Cianuro libre	50 mg/L
	Sulfatos	150 mg/L
	Sulfitos	150 mg/L
	Sulfuro libre	150 mg/L
	Fenoles	0.50 mg/L
	Cloruros	200 mg/L
PAH (Hidrocarburos aromáticos policíclicos)	0.20 mg/L	

Fuente: UNEP/CHW 9/18, 2008.



### 10. Evaluación técnico-económica y selección de alternativas de aprovechamiento y valorización material y energética de los residuos NFU, en el Municipio de Managua

A partir de la evaluación de tecnologías descrita previamente se determina una amplia gama de posibilidades para obtener un mismo producto, partiendo de diversos tipos de neumáticos y de alternativas de recuperación de caucho. Como ejemplo, se muestra en la **Tabla 21** el potencial de aplicación de NFU en diversas obras civiles de acuerdo a su origen, tecnología de tratamiento y destino de uso.

**Tabla 21.- Aplicaciones de la aplicabilidad de NFU en obras civiles de infraestructura.**

Aplicación	W	X	S	C	G	P	B	R	D	Y	Z	Origen	Tecnología
Arrecifes artificiales	X											PW	M
Aditivos para hormigón de construcción										X		TODOS	P
Terraplenes	X		X	X								PW, TW, MT	M,A
Control de erosión	X		X	X								PW, TW	M,A
ingeniería de vertederos	X		X	X								PW, TW	M,A
Estabilización de pendientes	X		X	X								PW, TW	M,A
Caminos provisionales	X		X	X								PW, TW	M,A
Aislamiento térmico	X		X	X								PW, TW, MT	M,A
Barreras contra colisiones	X	X	X	X								TODOS	M,A
Relleno liviano	X		X	X								PW, TW, MT	A
Barrera acústica	X	X	X	X								PW, TW, MT	
Aditivos para asfalto						X			X	X		TODOS	P,D
Caucho asfáltico					X	X						PW, MT	A, C
Mobiliario vial					X	X		X	X			TODOS	A, C, R, D
Durmientes de trenes y tranvías					X							PW, TW	M, A, C

Fuente: Adaptado de Hylands y Shulman (2003).

Abreviatura utilizadas en la Tabla 21.

	Material		Origen	Tecnología (reducción de tamaño)
<b>W</b>	Neumáticos enteros	<b>PW</b>	Neumáticos enteros de automóviles de pasajeros	<b>M</b> Mecánica (corte, compresión)
<b>X</b>	Neumáticos cortados	<b>TW</b>	Neumáticos enteros de camión	<b>C</b> Reducción criogénica
<b>S</b>	Tiras	<b>MT</b>	mezcla de neumáticos de automóviles y camiones	<b>A</b> Reducción a temperatura ambiente
<b>C</b>	Astillas	<b>TT</b>	Rodadura de neumáticos de camión	<b>B</b> Pulido
<b>G</b>	Gránulos			<b>D</b> Desvulcanización
<b>P</b>	Polvo	<b>PT</b>	Rodadura de neumáticos de automóviles	<b>R</b> Regeneración
<b>B</b>	Material de pulido			<b>P</b> Pirólisis
<b>R</b>	Regenerado	<b>OT</b>	Otros neumáticos (agrícolas, bicicletas)	
<b>D</b>	Desvulcanizado			
<b>Y</b>	productos de pirólisis	<b>TODOS</b>	Todos los neumáticos	
<b>Z</b>	Material mejorado	<b>O</b>	Otras tecnologías	

A fin de determinar las aplicaciones que podrían presentar un desarrollo más prometedor en el corto y mediano plazo en Nicaragua, se desarrolló una primera evaluación de condiciones de uso, ventajas técnicas, nivel de desarrollo de la tecnología y estimación de costos tanto para alternativas para NFU enteros como triturados, la que se detalla en las Tablas 22 a 24.

Tabla 22.- Evaluación de alternativas de valorización de NFU enteros o trozados.

Tecnología NFU	Ventajas	Desventajas	Proyección uso	Potencial de uso en corto y mediano plazo	Costos involucrados	Inversión
Coincineración	Alto poder calorífico.  Reduce uso de combustible tradicional no renovable.  Aporta materia prima para fabricación de clinker	Menor grado de valorización respecto a otras alternativas pues recupera sólo parte de la energía usada para fabricar un neumático.  Corresponde a valorización sólo para la industria cementera quien cobra por el servicio	Capacidad actual 1.500.000 NFU/año. 10.000 T, es posible aumentar tasa actual	Alto NFU enteros o troceados	Costo de incineración: 80 USD/Ton.  Costo transporte	Sin datos
Estabilización de laderas y control de erosión.	Baja densidad, durabilidad. Reemplaza uso de otros materiales de construcción.	Requiere sistemas de anclaje y mantenimiento periódica. Potencial lixiviación.	500 m x 1 m altura 750 NFU.	Alto NFU entero o trozos	Costo de transporte e instalación.	Sin datos
Relleno liviano	Menor peso, flexible, buen drenaje. Reemplaza uso de otros materiales de construcción.	Potencial de lixiviación, problemas de deformación con cargas verticales, dificultad de compactar al mezclar con el suelo.	100 NFU comprimidos, 1,5 m <sup>3</sup> ,  Peso 0,9 T.	Medio NFU enteros o comprimidos.	Costo transporte e instalación	Sin datos

Tabla 22.- Evaluación de alternativas de valorización de NFU enteros o trozados. (Continuación).

Tecnología NFU	Ventajas	Desventajas	Proyección uso	Potencial de uso en corto y mediano plazo	Costos involucrados	Inversión
Aislante térmico	Baja conductividad térmica, no requiere remoción de la fracción de acero. Reemplaza uso de otros materiales	Problema de compresión, se debe evaluar la recepción del nuevo producto por parte de empresas constructoras. Eventualmente impacto visual	Depende de dimensiones	Medio NFU entero o trozos	Costo transporte e instalación	Sin datos
Barreras acústica caminos	Menor costo de mano de obra, liviano durable. Reemplaza uso de otros materiales	Eventualmente impacto visual y acumulación de vectores (si no están rellenos)	1 Km. x 3 m altura horizontal. 20.000 NFU de automóvil.	Alto NFU entero o trozos	Costo transporte e instalación.	Sin datos
Rellenos sanitarios	Material de relleno de baja densidad. Menor costo en comparación con otros materiales como grava. No requiere operarios calificados.	Potencial lixiviación de metales y compuestos de hidrocarburos	190.000 NFU automóvil/año. Estimación para 3 rellenos sanitarios.	Alto NFU entero	Costo transporte e instalación.	Sin datos
Caminos provisorios	Baja densidad, durabilidad. Reemplaza uso de otros materiales	Requiere sistemas de anclaje y mantención periódica	1 Km x 3 m ancho (horizontal). 3000 NFU de camión	Medio NFU entero	Costo transporte e instalación.	Sin datos

Los costos de transporte se consideran en base al uso de camiones de 10 toneladas, capaces de transportar aproximadamente 7000 neumáticos al mes (80% NFU de automóvil o camioneta - 20% NFU de Camión o Bus). De acuerdo a datos entregados por empresas de transporte, el costo de transporte con este tipo de camión sería del orden de 150-300 USD/viaje, en un radio de 100 a 200 kilómetros, lo cual es un valor referencial ya que este ítem se negocia en cada caso.

El reciclaje de NFU enteros, en la mayoría de las aplicaciones indicadas es una opción viable, con beneficios económicos y ambientales desde el punto de vista de ahorros por reemplazo de materiales de construcción tradicionales, a diferencia de la mayoría de las opciones tecnológicas que utilizan NFU triturados, las cuales generan productos de mayor valor agregado que pueden ser comercializados, tal como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 23.- Evaluación de alternativas de reducción de tamaño de NFU.

Tecnología trituración	Ventajas	Desventajas	Proyección uso	Potencial de uso en corto y mediano plazo	Costos involucrados	Inversión
Trituración Mecánica	Proceso de separación a temperatura ambiente de tipo mecánico, no requiere infraestructura adicional. Permite adecuada separación de caucho, acero y tela. No requiere personal especializado.	Posibles problemas de salud ocupacional por emisiones de partículas	Obtención de caucho en un amplio rango de tamaño de partículas, además de acero y fibra.	Alto	Costo energía : 120 a 125 Kwh./Ton , Costo de trituración: 0,5 USD/NFU.	Inversión en equipos para molienda
Trituración criogénica	Apropiado para obtener partículas lisas y de alta uniformidad. El nivel de emisiones de particulado es mínimo.	Proceso de separación que requiere muy bajas temperaturas, requiere infraestructura adicional. Requiere personal especializado. No permite una adecuada separación de caucho, acero y tela.	Obtención de caucho en un amplio rango de tamaño de partículas, acero y fibra, pero mezclados.	Medio	Costo energía (120 a 125 Kwh./Ton) costo trituración cercano a 1 US\$/NFU costos de mantención de maquinaria y personal más altos	Inversión en equipos para criogénesis y molienda

Desde el punto de vista técnico (tecnología menos compleja, mejor separación de componentes) y económico (menores costos de inversión, operación y mantenimiento), el sistema a temperatura ambiente se considera el más apropiado, en el caso de requerirse la trituración de un NFU de tamaño estándar no superior a 1.0 -1.2 metros de diámetro. Para mayores tamaños podría requerirse algún sistema adicional de corte previo (por ejemplo con agua a presión). A partir de la trituración se obtiene un rendimiento cercano al 70% de caucho, además de acero como subproducto adicional del 15 a 27%, dependiendo del tipo de NFU . Adicionalmente, es importante mencionar que en la tecnología de asfalto caucho, las características de las partículas obtenidas por trituración mecánica a temperatura ambiente son mucho más apropiadas a la aplicación, ya que por su mayor área superficial permiten una reacción más rápida con el ligante.

Como dato referencial se tiene que una planta de trituración mecánica para procesar entre 10.000 y 18.000 NFU estándar/año (capacidad máxima) representaría una inversión del orden de 1.2 a 2.5 MM USD y el precio de mercado actual del caucho triturado está en el orden de 340-500 USD/Ton.

**Tabla 24.-Evaluación de alternativas de valorización de los NFU triturados.**

<b>Tecnología NFU</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>	<b>Proyección uso</b>	<b>Potencial de uso en corto y mediano plazo</b>	<b>Costos involucrados</b>	<b>Inversión</b>
Asfalto caucho - proceso vía húmeda.	Mayor durabilidad: 20 años. Menores requerimientos de mantenimiento, disminuye deformaciones y grietas. Sobre todo a baja temperatura, reduce nivel de ruido de circulación.	Requiere equipamiento adicional y en algunos casos plantas in situ. El proceso requiere de operarios calificados. Existe dificultad para aplicar en clima húmedo. Posibles problemas de salud ocupacional por emisiones	Dosificación promedio de 8 a 22%  85.000 a 105.000 unidades/año  Nivel de uso podría ser similar al asfalto modificado actual menor al 5% del total.	Alto Proceso previo trituración mecánica.	Costo trituración  Costo de aplicación aproximadamente 50% mayor que asfalto convencional. Costo actual pavimento aproximadamente 22 a 40 USD/m <sup>2</sup> .	Inversión en equipamiento de aplicación asfalto /caucho  4.5 M USD
Uso en asfalto - proceso vía seca.	Mayor durabilidad (20 años) Menores requerimientos de mantención, disminuye deformaciones y grietas, reduce nivel de ruido de circulación.	Requiere equipamiento adicional y en algunos casos plantas in situ. El proceso no requiere de operarios calificados pero aumentan los tiempos de proceso. Posibles problemas de salud ocupacional por emisiones. El nivel de uso de caucho se considera bajo	Dosificación promedio 3% 85.000 a 105.000 unidades/año. Nivel de uso podría ser similar al asfalto modificado actual (menor al 5% del total)	Medio Proceso previo trituración mecánica.	Costo trituración  Costo de aplicación aproximadamente 50% mayor que asfalto convencional.	Inversión en equipamiento aplicación de asfalto.  < 4 M USD



**Tabla 24.-Evaluación de alternativas de valorización de los NFU triturados. (Continuación).**

Tecnología NFU	Ventajas	Desventajas	Proyección uso	Potencial de uso en corto y mediano plazo	Costos involucrados	Inversión
Aditivo en hormigones	Apropiado para barreras de choque por mayor potencial de absorción de energía. Adecuado para estructuras. Bajo peso. Puede reprocesarse. No requiere personal especializado.	Producto relativamente nuevo, requiere mayor investigación y aceptación por potenciales usuarios de obras. No se ha avanzado en investigación a nivel local.	Dosis aprox. 3.5 a 8% en peso	Bajo Proceso previo trituración mecánica.	Costo trituración  Sin información de costos de fabricación (producto nuevo)	Inversión para equipamiento de mezcla
Productos moldeados para uso en superficies deportivas, de juegos, barreras, entre otros	Alta resistencia a impacto, durabilidad, fácil mantenimiento.	Mayor costo que alternativas convencionales	Dosis 10 a 18 Kg/m <sup>2</sup>	Alto Proceso previo trituración mecánica.	Costo trituración y costo moldeo	4,0 a 4.1 M USD.
Otros procesos: Pirólisis, termólisis, desvulcanización.	<b>Reutilización</b> de productos	Lodo residual puede contener metales u otros contaminantes peligrosos		BAJO	Costo trituración y tratamiento	Alto costo inversión: 5M USD o superior para pirólisis o termólisis. Mercado para productos incipiente. Pueden ser alternativas viables en el largo plazo

De acuerdo a la evaluación de las alternativas de valorización de caucho triturado, las que presentan una mejor perspectiva serían los productos moldeados y asfalto caucho, previo uso de sistemas de reducción de tamaño de tipo mecánico a temperatura ambiente.

Otras alternativas analizadas podrían ser viables en un plazo mayor, pues algunas de ellas requieren de mayor investigación para validar su aplicabilidad o aceptación a nivel país, y tras aún presentan costos de inversión altos y un mercado poco claro para los productos que de ellas se generan. Las opciones de valorización que permiten obtener productos de mayor valor agregado incluso podrían sustituir a la opción de coíncineración, la que actualmente es una solución efectiva, pero en la práctica representa un costo adicional a las empresas (alrededor de 80 USD /Ton, sólo por procesamiento).

Un beneficio adicional que tendría la incorporación de mayores alternativas de valorización de NFU, aparte de minimizar su impacto ambiental actual, es la generación de nuevos puestos de trabajo al instalarse empresas dedicadas a su transformación y posterior utilización.

### **10.1. Evaluación y selección de alternativas de aprovechamiento y valorización material y energética del residuo NFU, para su gestión integral en el Municipio de Managua**

Teniendo en cuenta el uso actual del residuo NFU y las alternativas de su aprovechamiento que han tenido éxito a nivel internacional se han seleccionado cuatro de ellas con potenciales implementaciones en el contexto nacional industrial y que son:

**1.- El aprovechamiento del residuo NFU como combustible y materia prima para hornos en la industria cementera:** Se considera la posibilidad de utilizar este residuo, como combustible alterno o complementario al bunker, en función de su poder calorífico. Tiene además la posibilidad de sustituir un porcentaje del hierro utilizado en el proceso, por el contenido de acero en el neumático.

**2. El aprovechamiento del residuo NFU, como combustible en plantas termoeléctricas:** a partir de su elevado poder calorífico para generar energía eléctrica. Para las plantas termoeléctricas existentes en el país, se requiere utilizar el residuo pulverizado, sin metal ni textil, a tamaños de malla 200 para asegurar la combustión total y la realización de algunas

modificaciones<sup>3</sup> previas a los equipos y cámara de combustión de la infraestructura existente. Es de destacar que en los estudios económicos de las alternativas en función del aprovechamiento energético se ha determinado que no es viable su implementación, especialmente por los costos del bunker y la utilización de hidroeléctricas para generación con costos mínimos en comparación con los combustibles.

**3.- La utilización de NFU, como materia prima para producción de pavimento asfáltico:** se fundamenta en el reconocido éxito de su aplicación en países como Canadá, Estados Unidos y España, entre otros, con base en la adición de caucho pulverizado (malla 80/ malla 40) durante la fabricación de pavimento asfáltico. El caucho de NFU pulverizado le proporciona al pavimento características de flexibilidad y elasticidad que aumentan su vida útil por lo menos en un 50% a un costo efectivo menor que el pavimento convencional. Su aplicación en la red vial de la Ciudad de Managua, generaría ahorros importantes en el desarrollo de programas de mantenimiento y pavimentación en diferentes comunidades y barrios, como el Programa “**Calles para el Pueblo**”. Como es una tecnología nueva sin desarrollo en país, se requiere de la implantación de estudios piloto y su validación para las condiciones locales.

**4.- Suministro de materias primas para usuarios del caucho:** entre los cuales está la fabricación del asfalto especificada anteriormente; el mercado internacional y el mercado potencial nacional del caucho pulverizado como materia prima en diferentes procesos, entre ellos los moldeados de caucho, los pisos y alfombras. Hacia el futuro, dependiendo de los costos de los combustibles utilizados a la fecha, se podrá suministrar el NFU fragmentado como combustible alternativo o como materia prima para las empresas cementeras y de generación eléctrica.

En la Tabla 25, se presenta el resumen de los principales elementos estudiados constitutivos de la factibilidad técnica y económica de las alternativas, al analizar el potencial aprovechamiento de este residuo.

En la Tabla 26, se presentan las ventajas y desventajas en el ámbito económico, social y ambiental de cada una de las alternativas analizadas.

---

<sup>3</sup> Sobre esta condición especial no existen experiencias documentadas a nivel internacional, lo cual confiere incertidumbre a la alternativa desde el punto de vista técnico para su aplicación.

Tabla 25.- Alternativas de aprovechamiento de NFU.

Nombre		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
		Aprovechamiento energético y materias primas en fábricas de Cements	Aprovechamiento energético en calderas de termoeléctricas	Materias primas para producción de pavimento asfáltico	Trituración para generar materias primas para productos de caucho
<b>Descripción</b>		Neumático fragmentado como combustible alternativo al bunker y materia prima (hierro) en los hornos de producción de cemento.	Neumático pulverizado como combustible alternativo al bunker en las termoeléctricas	Neumático pulverizado como aditivo en el ligante asfáltico para mejorar sus propiedades plásticas y de adherencia.	Utilización de caucho de neumáticos pulverizado como producto para la industria del caucho y obras civiles.
<b>Materia prima para el aprovechamiento</b>		Neumático fragmentado de tamaño 8" x 8" con textil y acero.	Caucho de neumático tamaño malla 200 sin textil ni acero	Caucho de neumático tamaño malla 80 sin textil o acero	Neumático entero
<b>Producto final</b>		-Energía -Cemento con materia prima de neumático (hierro)	-Textil -Acero -Energía	- Textil -Acero -Asfalto	- Caucho Malla 80 -Textil -Acero
<b>Tecnología</b>		Existente, con uso intensivo a nivel mundial	-Tecnología conocida y utilizada en diferentes compañías a nivel mundial.	Con amplio uso en E.U, Canadá y Europa.	Existente y de fácil implementación, con uso intensivo a nivel mundial.
<b>Inversión. OCADE (2015).</b>		1,422,000 U\$	4,114,000 U\$	4,458,000 U\$	4,068,000 U\$
<b>Viabilidad económica</b>	<b>Costo unitario actual</b>	0.87 U\$ /MTBTU	0.87 U\$ /MBTU	21.1 U\$/Ton Pavimento	693 U\$/Ton Caucho Malla 80
	<b>Costo unitario alternativa</b>	1.90 U\$ /MBTU	5.75 U\$ /MBTU	14.1 U\$ /Ton Pavimento	238 U\$ /Ton Caucho Malla 80 (CIF- USA)
	<b>Diferencia Unitaria</b>	-1.03 U\$ /MBTU	-4.88 U\$ /MBTU	7 U\$ /Ton Pavimento	455 U\$ /Ton Caucho Malla 80
	<b>Diferencia Total</b>	-444,000 U\$/año	-2,632,000 U\$/año	16,384,000 U\$/año	6,085,000 U\$/año

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO Y VALORIZACIÓN MATERIAL Y ENERGÉTICA DEL RESIDUO NEUMÁTICO FUERA DE USO EN EL MUNICIPIO DE MANAGUA, NICARAGUA

Tabla 26.- Ventajas y desventajas de las alternativas de aprovechamiento y valorización material y energética del residuo NFU.

Ítem		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
		Aprovechamiento energético y materias primas en fábricas de Cemento	Aprovechamiento energético en calderas de termoeléctricas	Materias primas para producción de pavimento asfáltico.	Trituración para generar materias primas para productos de caucho
Económico	Ventajas	i) Valor agregado al residuo.	i) Valor agregado al residuo	i) Disminución de costos asociados a los programas de pavimentación en la ciudad ii) Valor agregado al residuo	i) Generación de ingresos por su exportación o utilización en nuevos mercados. ii) Valor agregado al residuo
	Desventajas	i) Altos costos de inversión sin rentabilidad	i) Altos costos de inversión sin rentabilidad	i) Costos asociados a estudio piloto	Ninguna
Social	Ventajas	i) Generación de Empleo Directo.	i) Generación de Empleo Directo.	i) Calidad de vida en la ciudad por mejores vías i) Generación de Empleo Directo.	i) Generación de Empleo Directo.
	Desventajas	Pérdida gradual de la ocupación de los trabajadores informales de la cadena de manejo de la NFU.	Pérdida gradual de la ocupación de los trabajadores informales de la cadena de manejo de la NFU.	Pérdida gradual de la ocupación de los trabajadores informales de la cadena de manejo de la NFU.	Pérdida gradual de la ocupación de los trabajadores informales de la cadena de manejo de la NFU.
Ambiental	Ventajas	Todos los componentes del neumático quedan dentro del cemento. Con el sistemas de control de emisiones se garantizan los niveles permisibles de emisión de acuerdo a la reglamentación vigente	La empresa cuenta con equipos de control que garantizan los niveles de vertimientos, emisión y manejo de residuos sólidos (escoria y cenizas)	No existe posibilidad de emisión de compuestos peligrosos	No existe posibilidad de emisión de compuestos peligrosos
	Desventajas	Ante eventuales fallas en el sistema de combustión y/o de control de emisiones se pueden generar compuestos peligrosos	-Quedan residuos de NFU a disponer (emisiones de azufre en combustión y fibra en la fragmentación). -Ante eventuales fallas en el sistema de combustión y/o de control de emisiones se pueden generar compuestos peligrosos	Se deben disponer residuos de NFU (fibra) en la fragmentación.	Se deben disponer residuos de NFU (fibra) en la fragmentación.

Considerando los aspectos económicos, tecnológicos, sociales y ambientales, que son los factores de mayor incidencia y empleando el método de los factores ponderados, se ha seleccionado de conformidad con el puntaje mayor obtenido, que la alternativa de suministro de materias primas para productos de caucho es la mejor opción, con un puntaje ponderado de 81 puntos. En la Tabla 27 se presentan los resultados obtenidos para cada alternativa analizada.

**Tabla 27.- Selección de alternativas de aprovechamiento de NFU por el método de factores ponderados.**

Parámetro	Peso	Alternativa I	Alternativa II	Alternativa III	Alternativa IV
		Combustible y materia prima en la industria del Cemento.	Combustible para energía eléctrica en plantas termoeléctrica	Polvo de Caucho para pavimento asfáltico.	Polvo de caucho para productos de caucho.
Valoración Máxima		100	100	100	100
Económico Cuantificable	25%	60	12	52	44
Económico no Cuantificable	20%	25	25	75	100
Social	20%	40	35	85	85
Ambiental	20%	75	50	65	90
Tecnológico	15%	60	27	34	100
Ponderación Final		52	29	63	81

Profundizando en el análisis de la alternativa seleccionada se han considerado tres escenarios que permitieron en su evaluación seleccionar el más recomendable desde el punto de vista económico y financiero, con la obtención de los mejores dividendos y de un producto final de buena calidad.

Los tres escenarios considerados son:

1. *Escenario uno (1)*: Planta de producción de caucho de NFU pulverizado a malla 40 con destino al mercado de exportación y un inversionista como operador del total de la unidad productiva.

2. *Escenario dos (2)*: Planta de producción de caucho de neumático pulverizado, 50% a malla 40 con destino al mercado de exportación, y 50% a malla 80 para ser utilizado en la fabricación de pavimento asfáltico, con un porcentaje de utilización en el ligante entre el 5 - 6%, (mínimo recomendado). Un inversionista es el encargado de operar la totalidad de la unidad.

3. *Escenario tres (3)*: Planta de producción de caucho de neumático pulverizado a malla 40 con destino al mercado de exportación. Se considera que los procesos de recolección, transporte y almacenamiento, se financian con la aplicación del principio de que **“quien contamina paga”**, correspondiendo el pago de cierto tipo de aranceles a los importadores, distribuidores, comerciantes de neumáticos y usuarios de estas. El proceso de molienda será operado por un inversionista, lo cual disminuirá los costos y aumentaría la tasa atractiva de rendimiento de este proyecto.

Las cantidades de residuo a procesar y los productos finales a producir en cada año del proyecto que sirven de base al estudio se presentan en la Tabla 28.

**Tabla 28.- Proyección de las toneladas de NFU a procesar y de los productos finales a ser obtenidos para los escenarios de demanda establecidos.**

Año	Total de NFU generadas <sup>4</sup>	Peso de NFU son aprovechadas entran a la unidad.	Peso de NFU que entran a fragmentación sin aros y laterales	Peso de NFU que entran a trituración	Primera separación magnética de acero (Ef. = 98%)	Separación textil-textil (Ef. = 100%)	Peso de caucho a ½" con trazas de acero que entra a pulverización	Segunda separación magnética de acero remanente.	Pulverización producto final		
									Escenarios I y III	Escenario II	
										50% caucho malla 40	50% caucho malla 80
Ton/año	Ton/año	Ton/año	Ton/año	Ton/año	Ton/año	Ton/año	Ton/año	Ton/año	Caucho Malla 40	Caucho Malla 80	
1	19,329	3862	3709	3709	657	208	2,844	13	2,830	1415	1415
2	19,619	7752	7446	7446	1319	420	5,707	27	5,680	2840	2840
3	19,913	10937	10505	10505	1862	592	8,052	38	8,014	4007	4007
4	20,212	15601	14985	14985	2656	844	11,486	54	11,433	5716	5716
5	20,515	18818	18074	18074	3202	1017	13,854	65	13,789	6895	6895
6	20,823	20823	19976	19976	3540	1124	15,312	72	15,239	7620	7620
7	21,135	21135	20300	20300	3597	1143	15,560	74	15,486	7743	7743
8	21,452	21452	20605	20605	3651	1159	15,794	74	15,720	7860	7860
9	21,774	21774	20914	20914	3705	1178	16,031	75	15,955	7978	7978
10	22,101	22101	21227	21227	3761	1195	16,272	77	16,195	8097	8097

De acuerdo con los escenarios y la proyección establecidos para el proceso de inversión de la planta de procesamiento de NFU y producción de polvo de caucho se realizó el estudio económico y financiero con el fin de evaluar su implementación, obteniendo los resultados que a continuación se presentan en las Tablas 29,30,31 respectivamente.



**Tabla 29.- Flujo neto de efectivo y tasa interna de retorno del Escenario I. Modalidad de inversión: Solo inversionista.**

	Año										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		962272.81	1931317.10	2724730.89	3887062.77	4688362.57	5181370.42	5265314.14	5344941.23	5424777.34	5506293.44
Valor de Salvamento											780071.00
Costos de Producción Directos		763620.08	1532613.73	2162234.24	3084612.96	3720491.49	4111722.21	4178336.50	4241525.27	4304879.93	4369567.74
<b>Utilidad Marginal</b>		198652.73	398703.37	562496.65	802449.81	1356711.36	1003033.92	1023788.87	1040061.30	1055209.60	5506293.44
Costos Indirectos		23750.00	23750.00	23750.00	23750.00	23750.00	23750.00	23750.00	23750.00	23750.00	23750.00
Costos Administrativos		45000.00	45000.00	45000.00	45000.00	45000.00	45000.00	45000.00	45000.00	45000.00	45000.00
Costos de Venta y Distribución		20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00
Pagos de Intereses		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Depreciación		80000.00	84000.00	88200.00	92610.00	97240.50	102102.53	107207.65	112568.03	118196.44	124106.26
Impuesto del 1%		9622.73	19313.17	27247.31	38870.63	46883.63	51813.70	52653.14	53449.41	54247.77	55062.93
<b>Utilidad Bruta</b>		109030.00	295390.20	447049.34	670969.18	1212587.23	849117.69	863928.08	874043.86	882765.39	5327124.25
Impuesto del 30% DGI		32709.00	88617.06	134114.80	201290.76	363776.17	254735.31	259178.42	262213.16	264829.62	1598137.27
<b>Utilidad Neta</b>		76321.00	206773.14	312934.54	469678.43	848811.06	594382.38	604749.66	611830.70	617935.77	3728986.97
Depreciación											
Pagos a Principal											
Inversión de Activos (Tangibles e Intangibles)	3900355.00				2543004.00						
Capital de Trabajo											
<b>Inversión</b>	3900355.00										
Préstamo											
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>-3900355.00</b>	<b>76321.00</b>	<b>206773.14</b>	<b>312934.54</b>	<b>-2073325.57</b>	<b>848811.06</b>	<b>594382.38</b>	<b>604749.66</b>	<b>611830.70</b>	<b>617935.77</b>	<b>3728986.97</b>
TIR	3.71 %										

**Tabla 30.- Flujo neto de efectivo y tasa interna de retorno del Escenario II. Modalidad de inversión: Solo inversionista.**

	Año										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		1188689.95	2385744.65	3365844.04	4801665.78	5791506.70	6400516.40	6504211.59	6602574.46	6701195.54	6801891.90
Valor de Salvamento											915740.40
Costos de Producción Directos		943295.39	1893228.72	2670995.23	3810404.25	4595901.25	5079186.26	5161474.50	5239531.22	5317792.85	5397701.33
<b>Utilidad Marginal</b>		245394.55	492515.93	694848.80	991261.53	1628060.84	1239041.90	1264680.37	1284781.61	1303494.21	6801891.90
Costos Indirectos		23750.00	23750.00	23750.00	23750.00	23750.00	23750.00	23750.00	23750.00	23750.00	23750.00
Costos Administrativos		45000.00	45000.00	45000.00	45000.00	45000.00	45000.00	45000.00	45000.00	45000.00	45000.00
Costos de Venta y Distribución		20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00
Pagos de Intereses		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Depreciación		80000.00	84000.00	88200.00	92610.00	97240.50	102102.53	107207.65	112568.03	118196.44	124106.26
Impuesto del 1%		11886.90	23857.45	33658.44	48016.66	57915.07	64005.16	65042.12	66025.74	67011.96	68018.92
<b>Utilidad Bruta</b>		153507.65	384658.49	572990.36	850634.87	1472905.27	1072934.21	1092430.60	1106187.83	1118285.82	6609766.72
Impuesto del 30% DGI		46052.30	115397.55	171897.11	255190.46	441871.58	321880.26	327729.18	331856.35	335485.75	1982930.02
<b>Utilidad Neta</b>		107455.36	269260.94	401093.25	595444.41	1031033.69	751053.95	764701.42	774331.48	782800.07	4626836.70
Depreciación											
Pagos a Principal											
Inversión de Activos (Tangibles e Intangibles)	4578702.00				3221352.00						
Capital de Trabajo											
<b>Inversión Total</b>	4578702.00										
Préstamo											
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>-4578702.00</b>	<b>107455.36</b>	<b>269260.94</b>	<b>401093.25</b>	<b>-2625907.59</b>	<b>1031033.69</b>	<b>751053.95</b>	<b>764701.42</b>	<b>774331.48</b>	<b>782800.07</b>	<b>4626836.70</b>
TIR		4.35 %									

**Tabla 31.- Flujo neto de efectivo y tasa interna de retorno del Escenario III. Modalidad de inversión: Productor/Inversionista.**

	Año										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		962272.81	1931317.10	2724730.89	3887062.77	4688362.57	5181370.42	5265314.14	5344941.23	5424777.34	5506293.44
Valor de Salvamento											780071.00
Costos de Producción Directos		567797.56	1139590.70	1607751.50	2293595.69	2766409.70	3057313.33	3106845.07	3153829.73	3200937.74	3249037.03
<b>Utilidad Marginal</b>		394475.25	791726.40	1116979.39	1593467.09	2411120.24	2074525.35	2111484.41	2144003.49	2175740.31	5506293.44
Costos Indirectos		23750.00	23750.00	23750.00	23750.00	23750.00	23750.00	23750.00	23750.00	23750.00	23750.00
Costos Administrativos		45000.00	45000.00	45000.00	45000.00	45000.00	45000.00	45000.00	45000.00	45000.00	45000.00
Costos de Venta y Distribución		20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00
Pagos de Intereses		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Depreciación		80000.00	84000.00	88200.00	92610.00	97240.50	102102.53	107207.65	112568.03	118196.44	124106.26
Impuesto del 1%		9622.73	19313.17	27247.31	38870.63	46883.63	51813.70	52653.14	53449.41	54247.77	55062.93
<b>Utilidad Bruta</b>		304852.52	688413.23	1001532.08	1461986.46	2266996.11	1920609.12	1951623.62	1977986.04	2003296.10	5327124.25
Impuesto del 30% DGI		91455.76	206523.97	300459.62	438595.94	680098.83	576182.74	585487.09	593395.81	600988.83	1598137.27
<b>Utilidad Neta</b>		213396.76	481889.26	701072.45	1023390.52	1586897.28	1344426.38	1366136.53	1384590.23	1402307.27	3728986.97
Depreciación											
Pagos a Principal											
Inversión de Activos (Tangibles e Intangibles)	3900355.00				2543004.00						
Capital de Trabajo											
<b>Inversión Total</b>	3900355.00										
Préstamo											
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>-3900355.00</b>	<b>213396.76</b>	<b>481889.26</b>	<b>701072.45</b>	<b>-1519613.48</b>	<b>1586897.28</b>	<b>1344426.38</b>	<b>1366136.53</b>	<b>1384590.23</b>	<b>1402307.27</b>	<b>3728986.97</b>
TIR		14.56 %									

**Tabla 32.- Consolidado del análisis económico y financiero de los tres escenarios desarrollados para establecidos para el proceso de inversión de la planta de procesamiento de NFU y producción de polvo de caucho.**

CONCEPTOS		ESCENARIO I	ESCENARIO II	ESCENARIO III	
PRODUCTO FINAL		CAUCHO A MALLA 40	CAUCHO A MALLA 40 Y 80	CAUCHO A MALLA 40	
MODALIDAD DE INVERSIÓN		INVERSIONISTA	INVERSIONISTA	GENERADORES/INVERSIONISTA	
		RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO, PLANTA DE PROCESAMIENTO DE NFU.			
MERCADOS DE LOS ESCENARIOS		EXPORTACION	EXPORTACION Y ASFALTO	EXPORTACION	
MERCADOS OPCIONALES		NACIONAL/ASFALTO		NACIONAL/ASFALTO	
INVERSION				PRODUCTOR	EMPRESARIO
	AÑO 1	3,900,355	4,578,702	1,219,556	2,680,799
	AÑO 4	2,543,004	3,221,352		2,543,004
	TOTAL	6,443,360	7,800,054	1,219,556	5,223,803
PRECIO DE VENTA (USD/TON)		340	CAUCHO MALLA 40:340 CAUCHO MALLA 80:500	340	
COSTO ECONOMICO (USD/TON)		269.81	312.37	47.83	200.62
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)		3.71 %	4.35 %		14.56 %
RELACION BENEFICIO/COSTO		0.75	1.09	1.63	
TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSION		7 AÑOS	7AÑOS	5 AÑOS	

Con base en estos resultados se recomienda implementar el proyecto del Escenario III, que se constituye en la mejor alternativa por cuanto la TIR, con valor de 14.56 % que es superior a la tasa de descuento estimada en un valor del 13 % por el Sistema Nacional de Inversión Pública para proyectos de inversión pública, siendo esta, considerado como el nivel de bondad económica del proyecto. Los escenarios I y II son menores y se descartan. Se concluye que los importadores, distribuidores, comerciantes y usuarios de neumáticos deben asumir los costos de recolección, transporte y almacenamiento, del residuo y de su acopio, el cual tendría un costo económico del orden de 47.83 USD Ton de NFU. Es importante señalar la importancia en la implementación de una normativa jurídica y técnica que involucre la responsabilidad de los importadores y de los actores de la cadena de manejo del producto y del residuo. Mediante este esquema en donde existe compromiso y responsabilidad sobre el residuo, la composición de costos involucraría también al usuario en los pagos relacionados con el manejo del residuo que incluye las etapas de recolección, transporte y almacenamiento, hasta su posterior aprovechamiento. El operador del sistema al tener pago por el manejo del residuo hasta el acopio para su eliminación o aprovechamiento, podrá ingresarlo a su proceso con mayor rentabilidad tal como se observa para el escenario III.

## 11. Análisis y discusión de resultados

### 11.1. Del nivel de adecuación, aplicación y cumplimiento del marco legal ambiental del país que regula la gestión del residuo “Neumático Fuera de Uso”, en el Municipio de Managua

Para lograr la correcta eliminación de los NFU, muchos países cuentan con legislación específica en la materia y otros, que se encuentran en proceso de desarrollar sistemas de gestión, están en etapa de generar leyes y reglamentos específicos. La principal dificultad que hoy en día presenta Nicaragua, para lograr una buena gestión y valorización de los neumáticos fuera de uso- NFU, es la falta de una legislación especial para este tipo de residuos, como también a la inexistencia actual de empresas dedicadas al tratamiento y valorización distintas de la coincineración.

Pero, a la par, también se observa una carencia importante de leyes y normativas orientadas a controlar la calidad del neumático que hoy se vende en el mercado. Ambos tipos de regulaciones son claves para poner en marcha un sistema de gestión integral de neumáticos fuera de uso. Por otra parte también falta crear conciencia ambiental y de calidad en los distintos niveles de la cadena de intermediarios y generadores. El concepto rector del futuro sistema, obligatoriamente debe estar basado en el principio de que **“quien contamina paga”**, el cual constituye un principio fundamental en la asignación de los costos de las medidas de prevención y lucha contra la contaminación, manifestando su materialización en la **“Responsabilidad Extendida del Productor”**. La responsabilidad extendida del productor es un intento de protección del ambiente que se centra principalmente en el ciclo de vida del producto e intenta que fabricantes, distribuidores, intermediarios, usuarios, y empresas compartan la responsabilidad de reducir los impactos que el producto ocasiona al medioambiente.

La responsabilidad extendida del productor reconoce que éste puede asumir nuevas responsabilidades para reducir el impacto medioambiental de sus productos. Sin el compromiso serio del productor, no es posible, como país, hacer progresos significativos en la óptima conservación sustentable de recursos. Por otra parte, una mejora sustantiva no siempre puede ser lograda exclusivamente por los productores; además de ellos, tanto intermediarios como consumidores, así como las tecnologías de tratamiento existentes, deben concertarse para encontrar la solución más apropiada y rentable.

## **11.2. Del diagnóstico de la gestión actual del residuo “Neumático Fuera de Uso”, en el Municipio de Managua**

Al finalizar el año 2015, el parque vehicular - en el que se centra la investigación - del Municipio de Managua, alcanzo un total de 218,311 vehículos, los cuales generaban 1,697, 575 unidades de NFU, que equivalen en peso a 19,329 toneladas anuales y de las cuales se desconoce su destino final. La gestión del residuo, es incipiente, informal e inadecuada. Los entes reguladores y fiscalizadores tanto del gobierno central como del gobierno municipal, desarrollan una actividad insuficiente en la aplicación y en hacer cumplir las leyes y normativas ambientales que regulan este residuo. Los importadores, distribuidores y demás actores de la cadena de comercialización de neumáticos, que incluyen a los usuarios finales, no se responsabilizan de la gestión del residuo. Existen tres actividades de la cadena de manejo del residuo que generan las afectaciones e impactos potenciales al ambiente y la salud que resultan significativos y que son: (i) el almacenamiento inadecuado de los NFU; (ii) la combustión no controlada de NFU; y (iii) la disposición final inadecuada. Los usos actuales que se le da a los NFU en el país, no inciden significativamente en los volúmenes que se generan, por lo que se no se aprovecha el potencia que tiene este residuo como recurso material y energético para el país.

De lo anterior, se hace necesario la organización de un sistema de gestión integral de los residuos NFU, basada en las mejores prácticas y experiencias internacionales de la gestión de este residuo, pero considerando las singularidades económicas, sociales, ambientales y culturales del país. En la Figura 12, se muestra una propuesta de sistema de gestión integral de NFU, con sus elementos, roles e interacciones principales de los diferentes actores que participan en la gestión del residuo con los diversos elementos que conforman este sistema de gestión integral de los residuos NFU para el Municipio de Managua.

Es necesario, enfatizar, que para que este sistema funcione deben establecerse o crearse algunos elementos que hoy no existen: leyes y regulaciones específicas y la fiscalización necesaria de las mismas, y centros específicos de tratamiento con variedad de opciones de valorización.

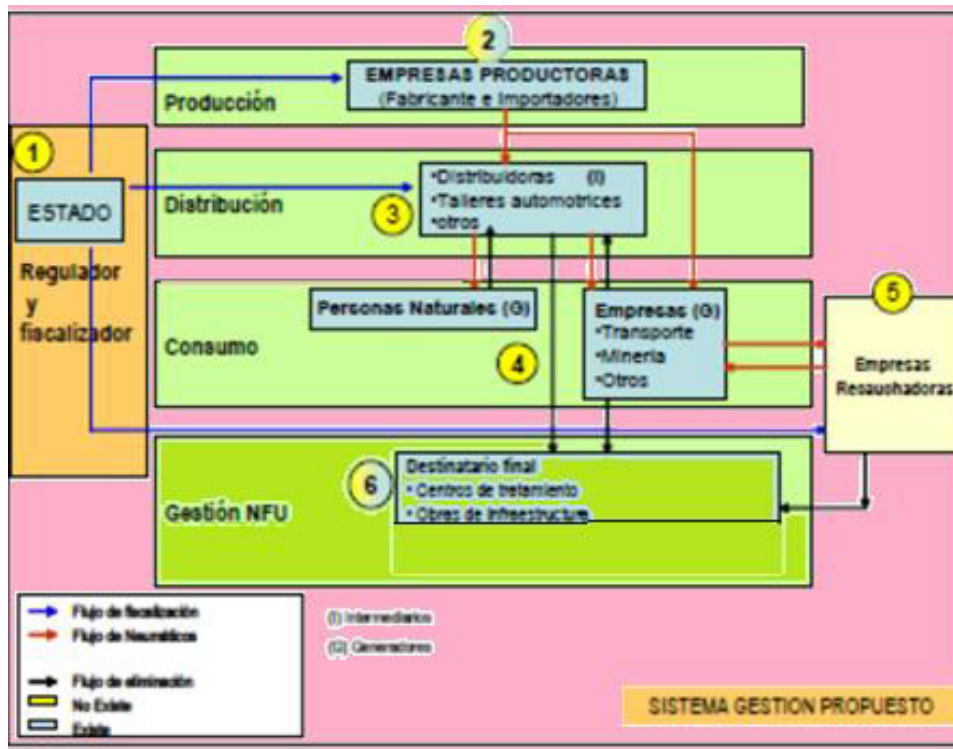


Figura 15.- Elementos, roles e interacciones de los actores con los elementos del sistema de gestión integral de NFU en el Municipio de Managua.

Además, deben establecerse a lo menos los siguientes aspectos clave:

- **Compromiso de los productores** o de quienes en su defecto fungen como tales en el sistema, incentivando a los consumidores de disponer en forma limpia sus NFU, y establecer control sobre los respectivos distribuidores, para limitar y eliminar la venta informal de NFU, fomentando el compromiso de entrega al ente encargado de la gestión para una correcta disposición.
- **Compromiso de los distribuidores** de ofrecer a los clientes la recepción de sus neumáticos de cambio y de participar en el proceso de gestión mediante un aviso programado para el retiro de sus NFU, además de no fomentar un mercado informal, evitando la venta de neumáticos usados a vulcanizadores, talleres automotrices o similares.
- **Compromiso de los consumidores**, ya sean, personas naturales o jurídicas entregando sus neumáticos, en los centros de venta al momento de realizar sus cambios o en el caso de empresas, de disponer bajo su responsabilidad ambiental de manera limpia estos residuos.



- **Compromiso gubernamental** de fiscalizar todo el sistema en su conjunto, para controlar su funcionamiento y evitar prácticas inadecuadas como la venta de neumático dados de baja o usados.

Las funciones de cada uno de los actores que participaran en la gestión integral del residuo deben ser al menos las siguientes :

**El Estado de Nicaragua:** Su función fundamentalmente será la de regulador y fiscalizador, debe además generar las leyes y normativas necesarias en los siguientes ámbitos:

- **Regulación de los residuos NFU: Ley general de gestión de residuos y la normativa de la gestión de los residuos especiales NFU.** Esta ley, establecerá los lineamientos básicos para el tratamiento de residuos en general, bajo el concepto de Responsabilidad Extendida del Productor, con el propósito de que, cualquier persona, ya sea natural o jurídica se haga responsable de su producto una vez terminada su vida útil. A partir de la misma y bajo un concepto de gradualidad, se generaría una normativa específica para el manejo de NFU que incluya las etapas de recolección, transporte, almacenamiento, aprovechamiento, valorización material y energética, tratamiento y disposición final del residuo. Esta normativa debe establecer claramente los deberes, derechos y responsabilidades de cada uno y de todos los actores del sistema de gestión, asegurando igualdad de condiciones.

El organismo regulador para el sistema de gestión de NFU sería una Comisión Ambiental conformada por el MARENA, MINSALUD, MTI, ALMA, en coordinación con la DGA. El rol regulador y fiscalizador sanitario es del MINSALUD.

- **Regulación de calidad del producto:** Como se ha indicado previamente, existe una importante carencia de regulaciones respecto de la calidad de los neumáticos que hoy día se comercializan en el país. La regulación de la calidad del producto, es una garantía dirigida a prevenir la generación de residuos NFU. Por ello se hace necesario que, en base a leyes específicas se establezcan normas para regular la calidad de los neumáticos, que incluyan:
  - **Norma de Homologación para la importación de neumáticos:** regulará el ingreso de neumáticos al país, asegurando y certificando la calidad del producto para los usuarios- en cuanto a seguridad y duración - bajo estándares internacionales que, además, faciliten su identificación e información de

características técnicas al ingreso – transparentando, de esta forma el mercado y responsabilidades futuras - controlados por una entidad certificadora.

- **Norma para regular la venta de neumáticos usados o de segunda:** regulará y establecerá elementos que permitan restringir o prohibir la comercialización de neumáticos usados, para ser reutilizados en medios de transporte motorizado si no existen elementos mínimos de seguridad. Su objetivo será limitar y controlar el actual mercado informal – principalmente en el Mercado Oriental, negocios informales, vulcanizadoras y similares -, donde se pueda controlar el estado y estructura del neumático. Deben quedar exentos los neumáticos recauchados certificados.
- **Normas de homologación de nuevas tecnologías:** cuyo objetivo debe orientarse a actualizar y aplicar las normas de referencia existentes y transformarlas en Ley. Dentro de la misma se deberá considerar la certificación de los neumáticos reencauchados y las instalaciones que realicen dicho servicio.

El regulador y fiscalizador para la calidad de los neumáticos debería ser el Ministerio de Transporte e infraestructuras (MTI).

### **Los productores: fabricantes e importadores**

Los productores de neumáticos tendrían un rol importante en coordinar la logística de manejo de los NFU, definiendo el rol de distribuidores y comercializadores de neumáticos y vehículos nuevos y usados, incluyendo talleres mecánicos y vulcanizadoras, entre otros, para el adecuado manejo de los NFU, además estarían a cargo de establecer la modalidad de financiamiento del sistema, para lo cual se propone, inicialmente, el cobro de un importe adicional sobre el costo unitario de la venta de neumáticos nuevos, el que se debe detallar de forma explícita en la factura de venta, a fin de cubrir los costos de transporte, almacenamiento y disposición final del residuo. Con esta medida se podrá financiar un organismo gestor de neumáticos fuera de uso, para su posterior valorización en cualquiera de sus formas. No obstante, es importante recalcar que este sistema puede funcionar si y solo si existen las regulaciones necesarias y sistemas de homologación de calidad para que todos los productores actuales, sobre todo los importadores, operen en igualdad de condiciones y de costos.

Por otra parte, tendrían un rol relevante en la educación de los usuarios de neumáticos, a través de campañas de conciencia ambiental acerca de la calidad del producto y la adecuada gestión de los NFU, donde se buscará fomentar que, al momento de recambio del neumático, este se deje en los puntos de venta autorizados para ser retirado por un organismo gestor para su valorización.

**Los intermediarios: distribuidores y comercializadores**

Los intermediarios, cumplen un rol clave para que el sistema de recolección funcione. Ellos son el nexo entre los usuarios de neumáticos y el organismo que gestione la recolección y valorización final de estos.

Los NFU serán recibidos y almacenados en los centros de ventas, donde se realiza el cambio de neumáticos, para posteriormente ser retirados, previo aviso de un stock determinado.

Por otro lado deben cumplir un rol de incentivo hacia los usuarios para dejar su neumático usado en el punto de venta.

Otro rol, no menor a los antes señalados, corresponderá a la obligación de no ser parte de un mercado informal de venta de NFU, específicamente no entregar los neumáticos de cambio a ninguna otra entidad, que no sea la gestora de NFU, lo cual deberá ser fiscalizado por la entidad correspondiente, apoyado por los productores.

**Los consumidores - generadores: Usuarios de neumáticos.**

**Personas naturales:** Su rol está dado por las exigencias de calidad y seguridad al comprar un neumático y por el grado de sensibilización ambiental que se pueda lograr en ellos. El usuario deberá exigir que, una vez que se realiza el cambio de neumáticos, estos sean recibidos por los centros de venta para su posterior disposición final. Por otra parte, también debe exigir que los neumáticos comprados, tengan una garantía de calidad acorde a la legislación.

**Empresas:** Como usuarios de neumáticos, ellos tendrán la responsabilidad de exigir una disposición final adecuada a sus NFU. Por otra parte, deberán exigir niveles mínimos de calidad para los neumáticos que adquieren, ya sea en forma directa a las empresas productoras, a través de sus centros de venta o bien por importación directa. En este último caso se deberán regir por las normativas existentes en materia de calidad.

Dentro de las empresas, existe un mercado importante de neumáticos recauchutados. Para esto deberán exigir a las empresas rencauchadoras un certificado de calidad que asegure la excelencia del trabajo, avalado por normativas y la fiscalización respectiva.

### **Empresas recauchadoras**

Las empresas rencauchadoras serán consideradas un actor del sistema de gestión, como un valorizador propiamente dicho, su rol es el de aumentar la vida útil del neumático y, por ende, prevenir la generación de NFU en exceso. Se espera que con las nuevas normativas, la mayoría de este tipo de empresas se encuentre totalmente reguladas y certificadas, asegurando la calidad del neumático recauchado que vuelva al mercado. Los NFU, generados en este tipo de empresas, podrán entrar de forma directa al sistema o buscar una alternativa en conjunto con productores para su correcto manejo en destino final.

### **Destinatarios finales: Centros de valorización**

Tras un correcto sistema logístico y de transporte, donde se reciban, almacenen y clasifiquen los NFU para su posterior valorización, éstos podrán ser enviados a distintas empresas privadas para aprovecharse en distintos usos, ya sea en obras de infraestructura, productos moldeados, asfalto, o coincineración, etc.

Los centros de valorización podrán contar con sus propios centros de acopio, al cual podrán llegar todos los neumáticos que ingresen al mercado mediante la vía legal, es decir, que hayan pagado un importe para la correcta gestión del NFU. Cada centro de valorización deberá certificar el adecuado procesamiento de NFU de cada productor, a fin de apoyar el sistema de control de los NFU efectivamente gestionados y la información hacia las entidades reguladoras y fiscalizadoras, lo que también permitiría validar el ingreso de nuevos neumáticos al país, transparentando el flujo del producto y permitiendo la trazabilidad del mismo.

No obstante es importante recordar que por el momento el número de proyectos que podría desarrollarse es relativamente limitado dados los volúmenes reales de NFU que se generan en el país.

### **11.3. De la caracterización de las tecnologías y sus aplicaciones para el aprovechamiento y la valorización material y energética de los residuos NFU**

Las tecnologías y aplicaciones que permiten una valorización material y energética del caucho de los NFU, son numerosas. No es necesario ceñirse a una única opción, y lo más ventajoso es utilizar varias de ellas.

Del análisis realizado las tecnologías potencialmente aplicables son varias, considerando tanto el uso de NFU enteros o su trituración previa. Dentro de las opciones de uso de NFU enteros, coexisten una serie de alternativas de reciclaje en obras de infraestructura, como es el caso de sistemas de contención, debido a las ventajas que presenta su ejecución, puesto que los NFU, no requieren ser procesados y es más económico que el material de construcción convencional que sustituiría.

Dentro de las opciones de uso de NFU triturado, se aprecian con una mayor factibilidad la fabricación de productos moldeados y el uso en asfalto.

El asfalto a partir de caucho, es un producto que podría ser beneficioso en muchos sentidos, principalmente económicos a largo plazo, y de mejoramiento de las propiedades y características del asfalto convencional.

Aunque el volumen de caucho triturado que consume esta alternativa sería mediano, su aplicación tiene diversos beneficios como aumentar la resistencia a deformaciones reducir significativamente los costos de mantenimiento, y reducir el nivel de ruido.

La presencia de estos proyectos permite inferir, que las condiciones de producción a nivel nacional serían competitivas en los mercados de la región. No obstante subsisten algunas barreras relacionadas con un mercado incipiente de los productos de NFU, que es necesario desarrollar, y una cantidad efectiva de NFU recuperables limitada para soportar la demanda de empresas valorizadoras interesadas.

#### **11.4. De la evaluación de las alternativas de aprovechamiento y valoración material y energética del residuo, seleccionado la óptima para la gestión integral del residuo en el municipio de Managua**

De la gama de posibilidad de utilizar las distintas tecnologías el aprovechamiento y valorización material y energética del residuo NFU, se escogieron para su análisis y evaluación las siguientes alternativas:

1. Aprovechamiento energético y materias primas en fábricas de cemento;
2. Aprovechamiento energético en calderas de termoeléctricas;
3. Materias primas para producción de pavimento asfáltico;
4. Trituración para generar materias primas para productos de caucho;

Todas ellas, presentan las posibilidades de darle valor agregado a los residuos NFU, que por ahora se consideran un desecho sin valor económico alguno, así mismo una adecuada realización de los distintos procesos tecnológicos, garantizan los mínimos impactos y afectaciones al ambiente y a la salud de los pobladores, dado que la generación de emisiones contaminantes de gases está bajo estricto control y los residuos son casi nulos por que se integran a los procesos como materia prima o en su totalidad combustionan. No obstante para las primeras dos alternativas se imposibilita su implementación dado que no existen las condiciones tecnológicas en el país y las empresas existentes, por ahora no tienen interés en aplicar dichos procesos para aprovechar el residuo NFU, como combustible alternativo. Por lo que el análisis de alternativas se centró en las variantes 3 y 4 de los cuales se consideró la producción de caucho en polvo para su utilización en la elaboración de asfalto para la construcción y mantenimiento de calles y carreteras en el país o en su defecto para la importación de caucho en polvo a mercados extranjeros, que sirve como materia prima para la elaboración de una gran variedad de productos moldeados usados en diversas industrias. El análisis de estas alternativas, utilizando criterios ambientales, tecnológicos, sociales y económicos demostró que la alternativa de aprovechamiento de mayor viabilidad correspondió a la producción de caucho en polvo para su comercialización en mercados extranjeros, que presento los mejores índices tecnológicos, ambientales, sociales y económicos con una rentabilidad del 14.56 % superior a la tasa establecida por el Sistema Nacional de Inversión Pública.

## 11. Conclusiones

1.- El marco legal ambiental, actualmente en vigencia en el país, en materia de gestión de residuos, no es adecuado para la gestión del residuo NFU y en general su aplicación y cumplimiento son insuficientes para lograr una debida gestión integral de este residuo, tiene múltiples debilidades y carencias, entre las que están: (i) una legislación dispersa e incompleta; (ii) tiene ambigüedades en el ámbito de competencias de los entes del órgano central administrativo y de las municipalidades; (iii) tiene insuficiencia de disposiciones que obliguen al sector privado a participar y contribuir en la mejora de esta problemática y (iv) los contenidos legales resultan incompatibles con las situaciones económica, social y cultural de la población, lo que ha dado lugar al abuso en la expedición de instrumentos administrativos que al final padecen las mismas deficiencias anteriormente señaladas.

2.- La reciente aprobada “Ley especial de gestión integral de residuos y desechos sólidos peligrosos y no peligrosos”, su aplicación ha quedado suspendida ya que solo se aprobó en lo general, no obstante su articulado, sigue arrastrando algunas de las debilidades del marco jurídico anterior, no se centra en la gestión de los residuos, limitando a su vez la responsabilidad y obligación que tiene el productor de gestionar los residuos que generan sus productos en todas las etapas de su ciclo de vida.

3.- La gestión actual de los residuos NFU, es incipiente, informal e inadecuada. Los entes reguladores y fiscalizadores tanto del gobierno central como del gobierno municipal, desarrollan una actividad insuficiente en la aplicación y en hacer cumplir las leyes y normativas ambientales que regulan este residuo. Los importadores, distribuidores y demás actores de la cadena de comercialización de neumáticos, que incluyen a los usuarios finales, no se responsabilizan de la gestión del residuo. Existen tres actividades de la cadena de manejo del residuo que generan las afectaciones e impactos potenciales a los compartimientos ambientales – agua, suelo y aire- y la salud humana, que resultan significativos y que son: (i) el almacenamiento inadecuado de los NFU; (ii) la combustión no controlada de NFU; y (iii) la disposición final inadecuada. Los usos actuales que se le da a los NFU en el país, no inciden significativamente en la disminución de los volúmenes de residuos NFU, que se generan, por lo que se no se aprovecha el potencia que tiene este residuo como recurso material y energético para el país.

4.- El parque vehicular del Municipio de Managua se incrementó del año 2010 al año 2015 en un 22 % , al finalizar el año 2015 contaba con 218,311 vehículos, los cuales generan 1,697, 575 unidades de NFU, que equivalen en peso a 19,329 toneladas anuales, cuyo destino final, hoy se desconoce. El transporte pesado de carga genera el 44 % de residuos, seguido de los vehículos utilitarios con un 26 % , el segmento de automóviles compuesto por Taxis y vehículos particulares genera un 20 % y los buses y microbuses utilizados para el transporte de pasajeros genera el 5 % del total de residuos cada uno.

5.- Los neumáticos están compuesto por caucho con un 70-80 % en peso, el material textil hasta con un 5% en peso y material metálico hasta con un 25 % en peso, material que son recuperables para posterior reutilización. En su composición química están presente además del caucho, compuestos de cobre, zinc, cadmio, plomo, compuestos órgano halogenados en aproximadamente un 1.5 % en peso, y que son considerados como sustancias peligrosas. Las llantas de desecho, poseen un alto poder calorífico entre 32 y 34 MJ/Kg, por lo que se consideran un combustible alternativo, sin embargo al combustionar, emiten gases de que pueden causar afectaciones a la salud humana y contaminación al aire, suelo y aguas.

5. La inadecuada gestión de los residuos NFU, generan impactos potenciales al ambiente y a la salud de los pobladores del Municipio de Managua. Durante la evaluación de estos impactos potenciales y afectaciones, se identificaron al menos 27 interacciones, todas de carácter negativo. En el medio abiótico, las valoraciones de los impactos ambientales a la calidad del aire, a las aguas superficiales y subterráneas son consideradas como moderadas, principalmente por su extensión ya que sus efectos son puntuales o parciales. Los impactos ambientales en la geografía local y topografía resultan leves. En tanto el impacto ambiental al suelo y al paisaje ha resultado como moderado. En el medio biótico, el impacto ambiental a la Flora, Fauna y al Equilibrio Ecológico ha resultado leve, porque los ecosistemas tienen la capacidad rápida de restauración y neutralizan en un periodo relativamente corto, la toxicidad de los lixiviados de los residuos NFU, que contaminan, tanto las aguas superficiales como subterráneas y afecta a algas, peces y otros microorganismos de la vida marina. En el medio antrópico los impactos ambientales a la economía, infraestructura de servicios básicos, salud y seguridad han resultados según la evaluación como leves.



6.- Las tecnologías desarrolladas, hasta el momento y que están disponibles para el aprovechamiento y la valorización material y energética de los neumáticos fuera de uso, son

- Recauchutado: proceso mediante el cual se vuelve a utilizar un neumático gastado sustituyéndole la banda de rodadura.
- Tratamientos Mecánicos: proceso mecánico mediante el cual los neumáticos son comprimidos, cortados o fragmentados en piezas irregulares. Entre ellos se encuentran fabricación de balas, troceado, trituración.
- Tecnologías de reducción de tamaño: se distingue entre el realizado a temperatura ambiente, criogénica y húmeda.
- Tecnologías de Regeneración: desvulcanización, recuperación del caucho, modificación superficial, modificación biológica.
- Otras tecnologías: Pirólisis-Termólisis.

7.- Las alternativas de aprovechamiento y valorización material y energético de los residuos NFU, están dirigidas a disminuir los volúmenes de NFU, aprovechando al máximo la reutilización y el reciclado, y en última instancia, cuando ya no queden más posibilidades tecnológicas de dicho reciclado y reutilización, recuperen el material y la energía contenida en los NFU, implementando cualquiera de las siguientes aplicaciones : a) Aplicaciones en la Ingeniería Civil, b) Aplicaciones en la Ingeniería de Vertederos, c) Relleno liviano y refuerzo de suelo, d) Control de la erosión, e) Construcción de arrecifes artificiales, f) Construcción de barreras acústicas, g) Aislamiento térmico, h) Aplicaciones en hormigón modificado con caucho, i) Aplicaciones en productos industriales moldeados y de consumo, j) co-procesamiento en la industria del cemento, k) co-procesamiento en plantas de generación de energía eléctrica.

8.- Al aplicar el análisis, la evaluación de las alternativas técnico-económicas para el aprovechamiento y valorización material y energética de los residuos NFU, el esquema de producción de polvo de caucho con un grado de fineza de Malla No. 40 para la exportación, con las etapas de la cadena de recolección, transporte y almacenamiento, y con responsabilidad económica de los agentes generadores del residuo e inversionista en una relación de aportaciones de capital 20/80 y una inversión total de 6,45 millones de USD, ha resultado en la alternativa de mayor rentabilidad con un tasa interna de retorno del 14.56 % con un periodo de recuperación de 5 años.

## 12. Recomendaciones

1. Para lograr la correcta eliminación de los residuos NFU, en Nicaragua, se deben cumplir las siguientes condiciones jurídicas, institucionales y técnicas:

- Una marco legal estructurado y definido con atribuciones y competencias perfectamente definidas y con una fuerza coercitiva para velar por la correcta aplicación y cumplimiento de las normas correspondientes;
- Los emplazamientos o instalaciones para el aprovechamiento, valorización material y energética, tratamiento y disposición final de los residuos NFU, deben contar con una autorización ambiental de funcionamiento y con las tecnologías y control de la contaminación adecuados, para manipular los desechos en la forma prevista, en particular, teniendo en cuenta el nivel tecnológico y de control de la contaminación en el país.
- Los operadores de los emplazamientos o instalaciones donde se manejan desechos a que vigilen, tienen la obligación de controlar y mitigar los efectos ambientales provocados por sus actividades;
- En los casos en que la labor de vigilancia, indique que el manejo de desechos, está provocando emisiones inaceptables; se adoptaran las medidas adecuadas para el cumplimiento de los límites permitidos.
- Las personas encargadas del manejo de los desechos tendrán la preparación técnica necesaria, estando debidamente capacitadas para desempeñar sus funciones.

2.- Se debe adoptar un sistema de gestión integral de NFU, basado en la responsabilidad extendida del productor, incorporando en su organización la experiencia internacional de las mejores prácticas de la gestión de este residuo, considerando las particularidades económicas, sociales, ambientales y culturales del país.

3. Las funciones de cada uno de los actores que participan en la gestión integral de los residuos NFU, deben ser al menos las siguientes :

- **El Estado de Nicaragua**, debe ser, el ente regulador y fiscalizador, de la gestión del residuo, debe además generar las leyes y normativas necesarias en los siguientes ámbitos:

- Regulación de la gestión de los os residuos NFU: Ley general de gestión de residuos y la normativa de la gestión de los residuos especiales NFU.
- Regulación de la calidad del producto que incluyan :
  - Norma de Homologación para la importación de neumáticos.
  - Norma para regular la venta de neumáticos usados o de segunda
  - Normas de homologación de nuevas tecnologías
- **Los importadores**, deben coordinar la logística de manejo de los NFU, definir la modalidad de financiamiento del sistema, participar en la educación de los usuarios de neumáticos, a través de campañas de conciencia ambiental acerca de la calidad del producto y la adecuada gestión de los NFU.
- **Los distribuidores y comercializadores**, su función es la de establecer el nexo entre los usuarios de neumáticos y el organismo que gestione la recolección y valorización final de estos.
- **Los consumidores - generadores:** están obligados a entregar los neumáticos de cambio para una correcta disposición final y velar por la calidad y seguridad de los neumáticos que adquiere. **Al momento de la entrega de neumáticos al distribuidor/comercializador, los usuarios recibirán un pago por estos, que se aplicara a la factura de compra de neumáticos (nuevos, reencauchados, o de segunda; según el caso), situación que incentivara la devolución de NFU.**

3.- Las instalaciones de gestión de NFU, deberán funcionar con arreglo a los principios siguientes:

- Contar con un sistema de manejo ambiental aplicable;
- Adoptar medidas necesarias que permitan salvaguardar la salud y la seguridad ambientales y ocupacionales;
- Tener un programa adecuado de vigilancia, registro y presentación de informes;
- Contar con un programa de capacitación acertado y adecuado para su personal;
- Tener un plan de emergencia apropiado;
- Tener un plan adecuado para el cierre y la atención posterior al cierre.

4.- Siendo que en esta investigación, las evaluaciones de alternativas tecnológicas para el aprovechamiento y valorización de NFU, se han realizado de forma rápida, se recomienda profundizar y realizar los estudios de factibilidad técnica y económica y viabilidad ambiental para la alternativas siguientes: (i) Polvo de caucho en calidad de materia prima para la producción de asfalto en el Municipio de Managua. (ii) Polvo de caucho para la exportación y comercialización en mercados extranjeros.

## IX.- Bibliografía

1. Adhikari, B. Maiti, S. (2000). Reclamation and recycling of waste rubber. Progress in Polymer Science. Volumen 25.909-948.
2. Aguado, R. Olazar, M. (2005). Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. Volumen 73. p. 290-298.
3. Albano C, Camacho N, Reyes J. (2005). Influence of scrap rubber addition to Portland I concrete composites: Destructive and non-destructive testing. Composite Structures. p. 439-446.
4. Almeida, Reyes y De Almeida. Ecotoxicología y Seguridad Química. (1987). México. UNICAMP- ECO- OPS- OMS.
5. Aranda A, Murillo R, Garcia T. (2007). Steam activation of tyre pyrolytic carbon black: Kinetic study in a thermobalance. Chemical Engineering Journal. Volumen 75. p.79-85
6. Ávila N. (2005). Emulsiones asfálticas no convencionales modificadas con caucho reciclado. Memoria para otra al Título de Ingeniero Constructor. Universidad Tecnológica Metropolitana.
7. Batstone, S. (1989). The Safe Disposal of Hazardous Wastes. The Special Needs and Problems of Developing Countries. Washington, D.C. The World Bank.
8. Callon, M., Courtial, J. P. (1995). Cienciometría. La medición de la actividad científica: De la bibliometría a la vigilancia tecnológica. Gijón: Trea.
9. Cano, E. (2007). Valoración Material y energética de Neumáticos fuera de uso. Madrid. Circulo de Innovación en materiales, tecnología aeroespacial y nanotecnología. CIMTAN. Madrid, España.
10. Colegio oficial de ingenieros de industriales de Madrid. (2000). Ponencias de Seminario sobre innovación en el aprovechamiento de NFU. Madrid. España,
11. De Marco, I. Laresgoiti, M. (2002). Recycling polymeric wastes by means of pyrolysis. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. Volumen 72. p. 817-824.
12. De Paul, J. (2000). Fabricación de granulado de caucho de NFU por molienda criogénica. Seminario sobre Innovación en el Aprovechamiento de NFU.
13. Elías, X. (2000). Reciclaje de Residuos industriales. Aplicación a la fabricación de materiales.
14. EPA. (1976). Hazardous Waste Generation, Treatment and Disposal. USA.

15. EPA/540/2-91/001. (1991). Innovative Treatments Technologies: Semi- Annual Status Report. United States.
16. EPA/540/9-91/002. (1991). Innovative Treatment Technologies. Overview and Guide to Information Sources. Unites States.
17. EPA/625/8-87/014. (1987). A Compendium of Technologies Used in the Treatment of Hazardous Waste. USA.
18. Gallego, J. (2003). Mezclas bituminosas fabricadas con betunes de alto contenido de caucho. Aplicaciones al recrecimiento de un pavimento rígido en la A-7". Revista de Obras Públicas. Madrid, España.
19. Gobierno de Aragón. (2006). Plan Gira, Programa de Neumáticos fuera de uso. Serie Ambiental. Aragón, España.
20. Hervás, R. (2000). Capítulo IX. Los neumáticos fuera de uso. Recuperado de: [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/educacion\\_ambiental/EducamIV/publicacion/es/rua09.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/educacion_ambiental/EducamIV/publicacion/es/rua09.pdf).
21. INTI 2006. Reutilización, reciclado y disposición final de neumáticos. Recuperado de : [http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material\\_Complementario/Reutilización\\_Reciclado\\_y\\_Disposicion\\_final\\_de\\_Neumatico.pdf](http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Reutilización_Reciclado_y_Disposicion_final_de_Neumatico.pdf)
22. Jana, G. Mahaling, R. (2006). A novel devulcanization technology for vulcanized natural rubber. Journal of Applied Polymer Science. Volumen 99. p. 2831-2840.
23. Kenzo, F. Mitsumasa, M. (2005). Devulcanization of carbon black filled natural rubber using supercritical carbon dioxide. Journal of Applied Polymer Science. Volumen 95. p.137-143.
24. Korozka Leopold C. y Flood Jared W. (1989). Environmental Management Handbook. New York. Marcel Decker.
25. Kostanski, L. (2000). Rubber Chemical Technology. Volumen 73. p. 148.
26. Laresgoiti, M. Caballero, B. (2004). Characterization of the liquid products obtained in tyre pyrolysis. Journal of Applied Polymer Science. Volumen 71. p. 917-934.
27. Laresgoiti, M. De Marco, I. (2000). Chromatographic analysis of the gases obtained in tyre pyrolysis. Journal of Applied Pyrolysis Science. Volumen 55. p. 43-54.

28. Luján, J. (2005). Contaminación ambiental y posibles daños a la salud causados por la quema de neumáticos en la vía pública Argentina. Recuperado de : [www.utn.edu.ar/download.aspx?idFile=4691](http://www.utn.edu.ar/download.aspx?idFile=4691)
29. Lund, H. (1996). Manual McGraw- Hill de Reciclaje. Editorial McGraw-Hill. México.
30. Magazine Waste. Reciclaje de neumáticos. Recuperado de <http://waste.ideal.es/neumaticos.htm>.
31. Marcos, A. (2005). Reciclado de Neumáticos. Situación, Tecnologías y Tendencias. Revista de Plásticos Modernos. Volumen 89. p. 473-481.
32. Maridas, B. Gupta, B. (2003). Recycling of waste tire rubber powder - devulcanization in a counter rotating twin screw extruder. Kautschuk Gummi Kunststoffe. Volumen 56. p. 232-236.
33. Martinez, M. (2002). Improvements in Reclaiming Techniques. Tire Technology International. Volumen 10. p. 86-88.
34. Mastral, A. Murillo, R. (2000). Optimization of scrap automotive tyres recycling into valuable liquid fuels. Resources Conservation and Recycling Volumen 29. p. 263-272.
35. Ministerio del Medio Ambiente de España. (2003). Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación de cemento.
36. Muñoz, G. (2006). Empleo de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas mediante el proceso por vía seca y comparación con el proceso por vía húmeda. Laboratorio Nacional de Vialidad.
37. Murillo, R. Aylon, E. (2006). Process for the separation of gas products from waste tire pyrolysis. Industrial Engineering Chemical. Volumen 45. p. 1734-1738.
38. Murillo, R. Aylon, E. (2006). Production and application of activated carbons made from waste tire. Fuel Processing Technology. Volumen 87. p. 143-147.
39. Myhre, M. (2002). Rubber recycling. Rubber chemistry and technology. Volumen 75. p. 429-474.
40. Nashville, R. (1999). Rubber recycling. Rubber Chemical Technology. Volumen 72. p. 235.
41. Osava, M. (2004). Crece el reciclaje de neumáticos. Recuperado en: <http://www.tierramerica.net/2003/0414/noticias3.shtml>.
42. Raghavan, D. (2000). Study of rubber-filled cementitious composites. Journal of Applied Polymer Science. Volumen 77. p. 934-942.

43. Ramírez, N. (2006). Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en Mezclas Asfálticas en Caliente mediante proceso seco. Memoria PARA optar al Título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
44. Ramos, A. (1997). Curso de Cemento: Combustibles Alternativos, Ediciones Holderbank. Colombia.
45. Reisman, Joel. I., “Air Emissions from Scrap Tyre Combustion”, United States National Risk Management Environmental Protection Research Laboratory, Agency Cincinnati, OH 45268, November 1997.
46. Rich, Q. (1987). Waste Treatment Technologies. England. Editorial Pollut.
47. Sánchez Gómez, J. (1995). Manejo y Control de Residuos Especiales. México. División de Educación Continua-Facultad de Ingeniería. UNAM. México, 1995.
48. Santalla, E. (2009). Gestión Integral de Residuos Sólidos. Buenos Aires. Editorial UNCPBA.
49. Scaffaro, R. Dintcheva, N. Nocila, M. (2005). Formulation, characterization and optimization of the processing condition of blends of recycled polyethylene and ground tyre rubber: Mechanical and rheological analysis. Polymer Degradation and Stability. Volumen 90. p. 281-287.
50. Secretaria de Ambiente Colombia. (2006) Diagnóstico ambiental de manejo de neumáticos y baterías. Bogotá, Colombia.
51. Thawat, W. Clell, H. William, D. Paterson, A. (2010). The Highway desing and maintenance standards model. Description of the HDM-III Model. Volumen I. World Bank. London, England.
52. Tomas, R. (2006). Jornada sobre utilización de neumáticos fuera de uso en carreteras. Panorámica General sobre la utilización de NFU en carreteras.
53. Tomas, R. (2006). Panorámica general sobre la utilización de NFU en carreteras. Jornada Comunidad de Madrid.
54. Tripathy, A. Williams, D. (2004). Rubber plasticizers from degraded. Polymer Engineering and Science. Volumen 44. p. 1338-1350.
55. UNAM (1993). Procesos de Estabilización para Residuos Peligrosos. México. Facultad de Ingeniería-UNAM.



56. UNEP/CHW.9/18. (2008). Revised Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Used Tyres.
57. Witozek, B (2004). 2004 Hormigón con fibras de caucho de recuperación de neumáticos usados y de polipropileno diseño del firme de hormigón de caucho VI Congreso Nacional de firmes España
58. Yousefi, A. Ait-Kadi, A. Roy, C. (2000). Roy C. Effect of used-tire-derived pyrolytic oil residue on the properties of polymer-modified asphalts. Volumen 79. p. 975-986.
59. Yun, J. Isayev, A. (2001). Ultrasonic devulcanization reactors for recycling of GRT: Comparative study. Rubber Chemistry and Technology. Volumen 74.p. 317-330.
60. Yun, J. Isayev, A. (2004). Blends of ultrasonically devulcanized and virgin carbon black filled ethylenepropylene-diene monomer rubbers. Journal of Applied Polymer Science. Volumen 91. p. 3342-3353.

## ANEXOS

Anexo 1.- Instrumentos jurídicos ambientales del Estado de Nicaragua, aplicables a la gestión del residuo NFU.

Anexo 2.- Entrevistas a funcionarios públicos de instituciones estatales, reguladoras y fiscalizadoras de la gestión del residuo neumático fuera de uso en el país.

Anexo 3.- Entrevistas a funcionarios públicos del gobierno municipal, encargados de la regulación y fiscalización de la gestión del residuo neumático fuera de uso en el Municipio de Managua.

Anexo 4.- Entrevistas a funcionarios de empresas importadoras, distribuidoras y comercializadoras de neumáticos nuevos y de segunda.

Anexo 5.- Entrevistas a funcionarios de empresas de reutilización y de reencauche de neumáticos.

Anexo 6.- Entrevista a directivos y funcionarios de Cooperativas de Transporte Selectivo.

Anexo 7.- Entrevista de directivos y funcionarios de Cooperativas de Transporte Urbano Colectivo.

Anexo 8.- Entrevista a funcionarios de Instituciones de los gobiernos centrales y locales, generadores de NFU.

Anexo 9.- Procedimientos de identificación y evaluación de los impactos ambientales.

Anexo 10.- Generación anual de neumáticos fuera de uso, en el periodo 2010-2015.

Anexo 11.- Ventajas y desventajas de las aplicaciones del residuo “Neumático fuera de uso”.

Anexo 12.- Cantidad estimada de neumáticos necesarios para determinadas aplicaciones.

Anexo 13.- Experiencia de plantas que han utilizado NFU como combustible alternativo.

Anexo 14.- Recomendaciones para la importación y comercialización de neumáticos usados en Nicaragua.

Anexo 15.- Productos elaborados a partir de neumáticos fuera de uso.

Anexo 16.- Componentes y Costos de la planta de tratamiento de neumáticos fuera de uso.

Anexo 17.- Estimación de Emisiones de CO<sub>2</sub> y Lixiviados generados por la gestión inadecuada de NFU en el Municipio de Managua en el año 2015.

Anexo 18.- Comparación de Legislaciones y Modelos de gestión integral de NFU en países latinoamericanos.

---

## **Anexo 1**

**Instrumentos jurídicos ambientales del Estado de Nicaragua, aplicables a la gestión del residuo NFU.**

Las normativas nacionales que regulan o aplican al sector de residuos sólidos en orden jerárquico es la siguiente:

**Constitución Política (Ley 130, Reforma Constitucional, 2000);** es la carta fundamental y principal ley de la nación, las demás leyes se subordinan a ésta. La Constitución en el Arto. 60 consagra el derecho de los nicaragüenses a habitar en un ambiente saludable, y en los Artos. 176 y 177 define que los municipios gozan de autonomía política administrativa y financiera, y que el Municipio es la unidad base de la división política administrativa del país, respectivamente.

**Código Laboral de Nicaragua (Ley 185, 1996);** en sus artículos 130 al 136, establece los 14 años como la edad mínima para trabajar y prohíbe el desempeño de adolescentes, niños y niñas en trabajos insalubres (entre otros, subterráneos, basureros, los que impliquen manipulación de objetos y sustancias sicotrópicas o tóxicas, etc.) y de peligro moral que perjudiquen su educación, su salud, su desarrollo físico e intelectual, moral, espiritual o social. Entre los trabajos que por su naturaleza o por las condiciones en las que se realizan, dañan la salud física, psíquica, condición moral y espiritual, les impiden su educación, unidad familiar y desarrollo integral, se citan en el Código: a) Trabajos que se realizan en lugares insalubres, minas, subterráneos y basureros. El artículo 134 de este Código establece que son derechos de las y los adolescentes que trabajan: a) Tener condiciones de trabajo que les garanticen seguridad física, salud física y mental, higiene y protección contra los riesgos laborales. (Ley de reforma al título VI, libro primero del Código del Trabajo de la República de Nicaragua, 15 de Octubre del año 2003)

**Código de la Niñez y la Adolescencia (2001);** Regula la protección integral que la familia, la sociedad, el Estado y las instituciones privadas deben brindar a las niñas, niños y adolescentes. En el Artículo 74, establece que: “Los adolescentes no podrán efectuar ningún tipo de trabajo en lugares insalubres y de riesgos para su vida, salud, integridad física, psíquica o moral, tales como trabajo en Minas, subterráneos, basureros, centros nocturnos de diversión, los que impliquen manipulación de objetos y sustancias tóxicas, sicotrópicas y los de jornada nocturna en general”.

**Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Ley 217, 1996);** esta ley tiene por objeto establecer las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales, sus disposiciones son de orden público es decir de

obligatorio cumplimiento y en materia de gestión establece diez instrumentos. Con relación al sector residuos sólidos, esta Ley establece las disposiciones siguientes:

**Decreto 9-96 Reglamento de la Ley General sobre Medio Ambiente y los Recursos Naturales (julio 1996);** En este reglamento se establecen las disposiciones relacionadas con la gestión de los **Residuos No Peligrosos y Peligrosos**, que a continuación se enumeran:

Artículo 95 Para fines del Arto. 129 de la Ley, el MARENA, en coordinación con el Ministerio de Salud y las Alcaldías, emitirá las normas ambientales para el tratamiento, disposición final y manejo ambiental de los desechos sólidos no peligrosos y la correspondiente normativa ambiental para el diseño,

**Decreto No. 394 Disposiciones Sanitarias (Octubre 1998);** tiene por objeto establecer las regulaciones para la organización y funcionamiento de las actividades higiénico sanitarias y atribuye al Ministerio de Salud la competencia de hacer cumplir la ley, coordinar con instituciones pertinentes y dictar las normas técnicas de control de elementos constitutivos del sistema de tratamiento de aguas residuales y de los residuos sólidos domiciliarios e industriales.

**Decreto No. 432 Reglamento de Inspección Sanitaria (Abril 1999);** define la inspección sanitaria como el conjunto de actividades dirigidas a la promoción, prevención, tratamiento y control sanitario del ambiente; estableciendo como objetivo principal el mantenimiento de las condiciones higiénico-sanitarias básicas que garanticen el mejoramiento continua de la salud de la población.

Artículo 129 Las Alcaldías operarán sistemas de recolección, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos del municipio, observando las normas oficiales emitidas por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) y el Ministerio de Salud (MINSAL), para la protección del ambiente y la salud.

Artículo 130 El Estado fomentará y estimulará el reciclaje de desechos domésticos y comerciales para su industrialización, mediante los procedimientos técnicos y sanitarios que aprueben las autoridades competentes.

Artículo 131 Toda persona que maneje residuos peligrosos está obligada a tener conocimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas de estas sustancias.

Artículo 132 Se prohíbe importar residuos tóxicos de acuerdo a la clasificación de la autoridad competente, así como la utilización del territorio nacional como tránsito de los mismos.

Artículo 133 El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, podrá autorizar la exportación de residuos tóxicos cuando no existiese procedimiento adecuado en Nicaragua para la desactivación o eliminación de los mismos, para ello se requerirá de previo el consentimiento expreso del país receptor para eliminarlos en su territorio.

**Ley 40 y Ley 261 Ley de Municipios y Reforma e Incorporación a la Ley de Municipios. (Agosto 1988);** establece que los Municipios son Personas Jurídicas de Derecho Público, con plena capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones y dispone en su Artículo 7 que “El Gobierno Municipal tendrá, entre otras, las competencias siguientes: 1) Promover la salud y la higiene comunal. Para tales fines deberá: a. Realizar la limpieza pública por medio de la recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos”.

**Decreto No. 52-97. Reglamento a la Ley de Municipios (1997);** Arto. 9 El Concejo Municipal dictará resolución disponiendo el establecimiento de mercados, las especificaciones de la circulación interna, las normas para el tratamiento de desechos sólidos y líquidos, utilización de sanitarios públicos y lavaderos de conformidad a las disposiciones sanitarias básicas.

**Ley 28 estatuto de Autonomía de las Regiones de la Costa Atlántica (Septiembre 1987);** esta Ley en su Artículo 8 determina que las Regiones Autónomas establecidas por el presente Estatuto son Personas Jurídicas de Derecho Público que siguen en lo que corresponde, las políticas, planes y orientaciones nacionales. En el inciso 2 de este artículo, la Ley señala como atribución de estas Regiones: Administrar los programas de salud, educación, cultura, abastecimiento, transporte, servicios comunales, etcétera, en coordinación con los Ministerios de Estado correspondientes; disposición que abarca el sector de residuos sólidos.

**Decreto No. 3584 – 2003.- Reglamento de la Ley No 28, “Estatutos de autonomía de las regiones de la Costa Atlántica de Nicaragua”.** Este reglamento en su Artículo 6 desarrolla el contenido del Artículo 8 del estatuto y establece que: “Los diferentes ministerios del Estado y entes autónomos señalados expresamente en el numeral 2 del artículo 8 del Estatuto de Autonomía de las Regiones de la Costa Atlántica de Nicaragua coordinarán con los Consejos Regionales Autónomos todos los aspectos relacionados a la administración de los programas de salud, cultura y abastecimiento, transporte, servicios comunales y otros, así como las gestiones requeridas para la descentralización que implica la administración autonómica regional para garantizar las relaciones de coordinación, los entes autónomos conjuntamente con las Regiones Autónomas deberán constituir una Comisión coordinadora integrada en forma paritaria entre

cada Ministerio o ente autónomo y los Consejos Regionales”. Seguidamente, la Ley en su artículo 7: “Atribución Relativa a la Prestación de Servicios en las Regiones de la Costa Atlántica: La atribución a que se refiere el inciso 2 del Artículo 8 de la Ley No. 28 relativo a la administración regional en coordinación con los ministerios de Estado correspondientes, se desarrollará de la forma siguiente:

d). Definir y ejecutar, controlar y evaluar el Plan de Desarrollo y Mantenimiento de la Infraestructura existente y su equipamiento necesario, a fin de brindar las condiciones básicas para la prestación de los servicios a la población, en coordinación con las respectivas instituciones del gobierno central y el gobierno municipal correspondiente.

f). Fomentar la participación social y comunitaria en los proyectos de desarrollo de los servicios básicos y en las campañas que se impulsen para su beneficio.

**Decreto No. 168 Ley que Prohíbe el Tráfico de Desechos Peligrosos y Sustancias Tóxicas (Diciembre 1993);** establece el conjunto de normas y disposiciones orientadas a prevenir la contaminación del medio ambiente y sus diversos ecosistemas, proteger la salud de la población ante el peligro de contaminación de las atmósfera, el suelo y las aguas, como consecuencia del transporte, manipulación, almacenamiento y disposición final de residuos peligrosos.

**Decreto 45-94 Reglamento de Permiso y Evaluación de Impacto Ambiental (Octubre 1994);** es un instrumento de gestión ambiental orientado a estimar los efectos ambientales negativos que la ejecución de una obra o proyecto puedan provocar; proceso que al final resulta en la aprobación o denegación de un permiso ambiental. Este Reglamento, en su Artículo 5, define las actividades que por requisito deberán obtener permiso ambiental para su ejecución señalando en el inciso k) incineradores de uso industrial y de sustancias químicas, otras formas de manejo de sustancias tóxicas, rellenos sanitarios controlados y de seguridad.

**Ley General de Salud;** esta Ley en su título sobre Salud y Medio Ambiente establece que el Ministerio de Salud (MINSa) en coordinación con las entidades públicas y privadas que corresponda desarrollará programas de salud ambiental y emitirá las normativa técnica sobre Manejo de los Desechos Sólidos; y en el capítulo De los Desechos Sólidos, establece que los mismos se regularán de acuerdo al Decreto 394 “Disposiciones Sanitarias”, Ley 217 y su Reglamento, Ley de Municipios y su Reglamento, Normas Técnicas, Ordenanzas Municipales y demás disposiciones aplicables.

**Ley de Participación Ciudadana;** esta ley define la participación ciudadana como proceso de involucramiento de los actores sociales en forma individual y colectiva, con la finalidad de incidir y participar en la toma de decisiones y gestión de políticas públicas en todos los niveles territoriales e institucionales para lograr el desarrollo humano sostenible, en corresponsabilidad con el Estado; determina que este derecho se ejercerá en los ámbitos nacional, regional y local, de conformidad a lo establecido en la ley. Con relación al sector residuos sólidos no señala de forma particular elementos vinculantes pero les crea derecho de participar en la creación de normas y leyes.

**Ley 451 “Ley Especial que autoriza el cobro de contribución especial para el mantenimiento, limpieza, medio ambiente y seguridad ciudadana en las playas de Nicaragua”;** esta ley autoriza a las municipalidades que posean playas a recaudar una contribución especial para el mantenimiento, limpieza, medio ambiente y seguridad ciudadana a los usuarios de las playas de la República en los meses de marzo y abril; se excepcionan de esta disposición los sitios de playa donde funcione el Instituto de Turismo (INTUR) y las personas propietarias de residencias en esas áreas y que sean contribuyentes permanentes de la municipalidad.

**Plan de Arbitrios Municipal, Publicado en La Gaceta No. 76 de 25 de abril de 1988,** en su Arto. 37.- La fijación de las tarifas de las tasas por prestación de servicios y realización de actividades mencionadas en el artículo 36° se efectuará de forma que la recaudación total cubra al menos el cincuenta por ciento del costo de aquellos, para cuya determinación se tendrán en cuenta tanto los costos directos como el porcentaje de costos indirectos que les sea imputable. Lo anterior no debe interpretarse como una limitación a la gestión de cobro por este servicio, sino que debe permitir a la municipalidad de manera flexible y gradual, alcanzar la sostenibilidad económica mediante políticas tarifarias y el establecimiento de ordenanza que regule la gestión y el manejo integral de residuos sólidos.

Ordenanzas Municipales; Como resultado de la necesidad de afrontar la problemática del sector residuos sólidos y dada la competencia de las municipalidades respecto a la legislación ambiental y local para el manejo integral de éstos, algunas Municipalidades han emitido Ordenanzas cuyo contenido tiene sus bases en disposiciones generales sobre el manejo de residuos sólidos no peligrosos contenidas en la Ley de Medio Ambiente, Ley de Disposiciones Sanitarias, Ley General de Salud, Ley de Municipios, en las Normas y en los instrumentos



internacionales suscritos por Nicaragua. En su mayoría estas ordenanzas establecen disposiciones para la limpieza pública, y otras de carácter sanitario.

**NTON 05 013 – 01: Norma técnica obligatoria para el control ambiental de rellenos sanitarios para desechos sólidos no peligrosos:** Esta norma tiene por objeto establecer los criterios generales y específicos, parámetros y especificaciones técnicas ambientales para la ubicación, diseño, operación, mantenimiento y cierre o clausura de la disposición final de los desechos sólidos no peligrosos en rellenos sanitarios. Esta normativa es de aplicación nacional y de obligatorio cumplimiento para todas las personas naturales y jurídicas que realicen el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos en rellenos sanitarios.

**NTON 05 014-01: Norma técnica obligatoria para el manejo, tratamiento y disposición final de desechos sólidos no peligrosos:** Esta norma tiene por objeto establecer los criterios técnicos y ambientales que deben cumplirse, en la ejecución de proyectos y actividades de manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos, a fin de proteger el medio ambiente, la misma es de aplicación en todo el territorio nacional y de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales y jurídicas, que realicen el manejo, tratamiento y disposición final de desechos sólidos no peligrosos.

**NTON 05 015 – 01: Norma técnica obligatoria para el manejo y eliminación de desechos sólidos peligrosos:** Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos técnicos ambientales para el almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos peligrosos que se generen en actividades industriales, establecimientos que presten atención médica, tales como clínicas y hospitales, laboratorios clínicos, laboratorios de producción de agentes biológicos, de enseñanza y de investigación, tanto humanos como veterinarios y centros antirrábicos, esta normativa es de aplicación nacional y de obligatorio cumplimiento para todas las personas naturales y jurídicas que generen residuos sólidos peligrosos, y a todos aquellos que se dediquen a la manipulación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos sólidos peligrosos en cualquier parte del territorio nacional.

## Convenios Internacionales

El principal Convenio Internacional relacionado con la gestión de residuos es el **Convenio de Basilea**, el cual es un tratado ambiental global que regula estrictamente el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y estipula obligaciones a las Partes para asegurar el manejo ambientalmente racional de los mismos, particularmente en lo referente a su disposición. El Convenio de Basilea fue adoptado el 22 de marzo de 1989 y entró en vigor el 5 de mayo de 1992. El Convenio es la respuesta de la comunidad internacional a los problemas causados por la producción mundial anual de 400 millones de toneladas de desechos peligrosos para el hombre o para el ambiente debido a sus características tóxicas/ecotóxicas, venenosas, explosivas, corrosivas, inflamables o infecciosas.

Este convenio fue en parte la respuesta a la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano (Estocolmo, 1972), las Directrices y principios de el Cairo para el manejo ambientalmente racional de desechos peligrosos, aprobados por el Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente por su decisión 14/30, de 17 de junio de 1987, las recomendaciones del Comité de expertos en el Transporte de Mercaderías Peligrosas, de las Naciones Unidas (formuladas en 1957 y actualizadas cada dos años), las recomendaciones, declaraciones, instrumentos y reglamentaciones pertinentes adoptadas dentro del sistema de las Naciones Unidas y la labor y los estudios realizados por otras organizaciones internacionales y, regionales.

El Convenio reconoce que la forma más efectiva de proteger la salud humana y el ambiente de daños producidos por los desechos se basa en la máxima reducción de su generación en cantidad y/o en peligrosidad. Los principios básicos del Convenio de Basilea son: el tránsito transfronterizo de desechos peligrosos debe ser reducido al mínimo consistente con su manejo ambientalmente apropiado; los desechos peligrosos deben ser tratados y dispuestos lo más cerca posible de la fuente de su generación; los desechos peligrosos deben ser reducidos y minimizados en su fuente.

Para lograr estos principios, la Convención pretende a través de su Secretaría controlar los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos, monitorear y prevenir el tráfico ilícito, proveer asistencia en el manejo ambientalmente adecuado de los desechos, promover la cooperación entre las Partes y desarrollar Guías Técnicas para el manejo de los desechos peligrosos.

Nicaragua se adhirió al Convenio de Basilea sobre movimientos transfronterizos y disposición final de residuos peligrosos mediante Decreto 20/96 de septiembre de 1996. En el ámbito nacional la responsabilidad sobre los residuos sólidos no peligrosos recae en las municipalidades y sobre los Residuos Peligrosos corresponde al Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA) y al Ministerio de Salud (MINSAL) su formación y fiscalización.

Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación

## **Anexo 2**

**Entrevistas a funcionarios públicos de instituciones estatales, reguladoras y fiscalizadoras de la gestión del residuo neumático fuera de uso en el país.**

**1.- Entrevista a la Lic. Lesbia Aguilar, Inspectora Ambiental, del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales.**

**¿Cuáles son las facultades que tiene su institución, para aplicar y hacer cumplir las normas legales que regulan la gestión de los residuos especiales como el NFU?**

El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, es la autoridad nacional competente en materia de regulación, normación, monitoreo , control de la calidad ambiental ; del uso sostenible de los recursos naturales renovables y el manejo ambiental de los recursos no renovables, conforme lo dispuesto en la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales y demás leyes vigentes.

El Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, es además la autoridad competente para sancionar administrativamente por el incumplimiento de las Normas Ambientales. Estas atribuciones las ejerce en coordinación con otros organismos estatales y las autoridades regionales y municipales pertinentes.

**¿Cuáles son las leyes, normativa o disposiciones legales aplicables a la gestión de los residuos especiales como el NFU, en el ámbito de competencias de su institución?**

- La Ley general del medio ambiente y recursos naturales, con su reglamento y sus reformas.
- Las normas técnicas ambientales y de uso sostenible de los recursos naturales: a) normas de calidad ambiental para el agua, aire y suelo; b) normas de valores máximos permisibles para vertidos (agua y suelos) y emisiones (aire); c) normas y procedimientos para regulación ambiental de actividades; d) normas para el manejo ambiental y uso sostenible de los recursos naturales.
- El decreto presidencial del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

**¿Cómo los siguientes aspectos de la gestión de residuos NFU, son regulados por las leyes, normativas y/o disposiciones legales de carácter ambiental?**

**Ingreso de Neumáticos al país:** No tengo conocimiento que exista alguna disposición legal que regule el ingreso al país de los neumáticos nuevos, en caso de neumáticos de segunda el MAGFOR realiza una fumigación para evitar que se transporte fauna nociva.

**Distribución y comercialización de neumáticos:** No es del ámbito de competencia del MARENA, a menos que contaminen el ambiente.

**Uso y empleo de neumáticos - nuevos y de segunda mano- , reutilización y reciclaje:** Se regula como toda actividad económica, conforme la categorización de los proyectos establecidos en el sistema de evaluación ambiental, requerirá o no un permiso ambiental para su operación.

Disposición Final: En el país, realmente no existe la disposición final adecuada de los neumáticos, no existen instalaciones para su valorización, material y energética, no se les da tratamiento para su eliminación. Está prohibido su disposición final en los vertederos municipales. Se orienta a todos los generadores y poseedores de NFU, a que los almacenen bajo techo en instalaciones adecuadas, aplicando medidas de técnicas y de seguridad para prevenir incendios y evitar que sirvan de criaderos de fauna nociva como zancudos y otros insectos perniciosos, roedores y reptiles.

**¿Cuáles son los procedimientos que implementa su institución para aplicar y hacer cumplir las normas legales que regulan la gestión de los residuos especiales como el NFU?**

Son de carácter administrativos y de acuerdo a la infracción cometida sea este leve, grave, muy grave, se establecen multas, suspensiones de permisos ambientales y hasta cierre de las empresas.

**¿Cuáles son los procedimientos coercitivos utilizados por la institución, para hacer cumplir las sanciones?**

Se establecen multas, suspensión temporal del permiso ambiental, suspensión definitiva del permiso ambiental y cierre de la empresa, hasta el uso de la fuerza pública. De las violaciones se pueden derivar responsabilidades administrativas, civiles y penales.

El MARENA, las puede iniciar y promover en conjunto con la Procuraduría Ambiental, ante la Fiscalía Ambiental de la Republica y Tribunales de Justicia, acciones de carácter civil y penal

**¿Cuántos casos por violaciones a las leyes y disposiciones legales de carácter ambiental relacionado con la gestión de los residuos especiales como el NFU, han tramitado en la institución que usted representa?**

No se han registrados, si bien es ciertos que constantemente se dan quemas de neumáticos en protestas callejeras y se lanzan neumáticos en cauces, patios baldíos y otros lugares, pero nadie es encontrado infraganti, cometiendo la violación a las normas ambientales.

**¿Cuántas sanciones ha aplicado por violaciones a las leyes y disposiciones legales de carácter ambiental relacionado con la gestión de los residuos especiales como el NFU?**

No se han aplicado.

**¿Cuál es la responsabilidad de los generadores de NFU en la gestión de este residuo?**

En principio la ley establece que el que contamina paga, pero aquí no se ha identificado específicamente conforme la ley quien es el responsable de la gestión de este residuo. En todo caso el generador de cualquier residuo está obligado a gestionarlo, pero este residuo tiene la particularidad que se da post-consumo. Debería existir una disposición legal basada en el principio de responsabilidad extendida del productor por ejemplo, en el que se establece que quienes se hacen cargo del residuo son los fabricantes, importadores, distribuidores, comercializadores y usuarios finales, en la que se detallan claramente sus obligaciones y las sanciones en caso de que no cumplan. Pero esa ley por ahora no existe.

**¿Es regulado desde el punto de vista ambiental y sanitario el ingreso al país de neumáticos de segunda mano?** No se regula, solo se aplican disposiciones de carácter sanitario, son fumigados por el MAGFOR a su ingreso al país, no se regula su estado físico, no se regula su calidad, ya que esta sería una medida de prevención para disminuir la generación de NFU y se velaría por su tiempo de vida útil.

**¿Cuáles son los usos de los NFU permitidos por la ley?**

Las leyes ambientales no regulan cuales son los usos de los NFU, por lo tanto lo que no está prohibido, está permitido. Hemos retomado ese tipo de desecho, aquí generalmente lo que se le dice a la gente es de que no quemar los NFU, es un desecho sólido de mucha valía, le recomendamos que la utilicen para la producción de miel, para hacer jaulas, también se utiliza en la ganadería para hacer comederos, en los parques para hacer columpios, se pueden utilizar para hacer alfombras, se puede utilizar en la parte ingenieril para hacer parte contenedora de los protectores de agua, para bajar velocidades, bueno lo que se ha dicho en Managua que se debe hacer ir bajándole la velocidad, para regular las corrientes que se forman durante las lluvias, para formar diques, para maceteros donde pueden sembrar arbolitos alrededor.

**¿El marco legal vigente proporciona incentivos para el uso, la reutilización y reciclaje de NFU?**

En la Ley General del Medio Ambiente, se define el Fondo del Ambiente para la promoción de proyectos ambientales, pero por ahora no se aplica.

**¿El Ministerio del Ambiente, podría emitir una normativa que regula la gestión de NFU?**

Se preparó un documento regulatorio que hasta el momento no se ha aprobado, la idea es tener un instrumento regulatorio pero resulta que eso lleva un proceso, pero nosotros en el caso de los NFU, lo que realmente hacemos es no verla como un desecho sólido peligroso, desde el punto de vista de los usos, porque no sé lo que ustedes manejan en este caso.

Si se queman neumáticos en una protesta o por negligencia, ahí si realmente, es un problema serio, porque en principio lo que están haciendo al quemar el neumático, no se logra la total degradación de los componentes químicos que tienen, y lo que se genera son las famosas dioxinas y furanos, desde ese enfoque clasifica como un residuos peligroso.

**¿Se permite el uso de NFU, como combustible alternativo?**

En principio no está permitido el uso de NFU, como combustible alternativo, dado que tiene graves consecuencias para el suelo, agua y aire. Su combustión genera una gran cantidad de sustancias peligrosas como las dioxinas y furanos, que son sustancias cancerígenas, el cáncer es un problema para toda la vida, hasta que lo lleva a la tumba. La Comisión Nacional para la Educación Ambiental (CENEA), ha propuesto la idea de la valorización energética de los residuos, incluyendo NFU, para su aprovechamiento como combustible alterno, y han tomado en cuenta la experiencia de países europeos, especialmente España, pero en Nicaragua, no se puede aprovechar este residuo desde el punto de vista energético, sino hasta que se tengan todas las infraestructuras que realmente debieran de tener y la tecnología necesaria.

EL MARENA, ha prohibido el uso de NFU, como combustibles en el país, y no debe utilizarse tampoco en ningún proceso productivo de alimentos. Se tiene información que se utiliza en trapiche y panaderías, así como en hornos para producir cerámica. Aquí, se da una coordinación con el MINSA, porque esta actividad afecta tanto al ambiente como la salud de los pobladores. MARENA regula todo lo concerniente a los desechos sólidos peligrosos y no peligrosos, hemos conversado con productores que utilizan hornos, ellos han hecho exposiciones mostrando la experiencia del uso de NFU, en otros países como combustible alterno, así se pero hasta el momento, ellos no están preparados, todavía el año pasado fuimos a una exposición, donde explicaban que no estaban preparados, porque además, los NFU, tiene otro componente que es el hierro, no pueden quemar NFU enteros, deben pasar de previo por un proceso de trituración y molienda, para poder llevar a cabo ese tipo de incineración, por lo que en este caso, aunque



tengan esta alternativa, hasta el momento, no están preparados sobre todo en la infraestructura los equipos, para trituración y molienda de NFU.

**¿El MARENA, dispone de mecanismos y procedimientos prácticos para evitar la disposición final inadecuada de NFU en vertederos, basureros clandestinos, cauces y patios baldíos?**

Algunas empresas, solicitan autorizaciones, las autorizaciones van a como ya le explicaba, orientando a la persona sobre los usos permitidos para aprovechamiento de NFU, hay muchos usos, en lugar de ser “basura” sin valor, como hasta ahora se le ha considerado. A los NFU, se le puede sacar utilidad, como a la mayoría de los desechos, tienen una función y en este caso los NFU, pasan a ser peligro una vez que se queman de forma no controlada, pero al contrario no, ya que los NFU, no combustionan a temperatura ambiente, se necesita una temperatura de ignición muy elevada. Cuando se queman NFU, de manera no controlada, estamos exponiendo a las personas, y al ambiente porque no solo el hecho de decirse se va a afectar a la persona, también se afecta a los cuerpos de agua, se afecta a las plantas y a los cultivos.

## **2.- Entrevista a la Lic. María Auxiliadora Munguía, Miembro de la Comisión del Medio Ambiente y Recursos Nacionales de la Asamblea Nacional.**

**¿Cuáles son las leyes que ha aprobado la Asamblea Nacional que regulan la gestión de residuos, entre ellos los NFU?**

- Proyecto de ley de desechos sólidos excepción de la ley 217-Fines y objetivos.
- Ley de reformas y adiciones a la ley 217-Ley general del medio ambiente y los recursos naturales.
- Ley de desechos sólidos está en la comisión todavía, aún no ha sido aprobada.
- Las leyes no solo deben ser aprobadas sino que deben de darles seguimiento para que sean aplicadas rigurosamente, como lo establece la ley.
- Sistema de evaluación ambiental: Decreto 76-2006, Gaceta N°248, 22 Dic. 2006
- Ley N°647: Ley de reformas y adiciones a la ley 217.
- Fondo Nacional del medio ambiente: Decreto N°91-2003
- Declaración universal del bien común.

¿La Asamblea Nacional está trabajando en algún proyecto de ley para la gestión de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos?

Existe un proyecto de ley de desechos sólidos regula todo desecho en general.

¿Ha llegado a la Asamblea Nacional, alguna iniciativa de ley para regular la gestión de los residuos NFU? No hay ninguna iniciativa de ley, para regular la gestión de NFU.

¿En la propuesta de ley de gestión de residuos o en cualquier otra ley se regulan los efectos en la salud del uso inadecuado de NFU?

Dentro de la ley general de salud, regula todo esto.

¿La comisión de Ambiente de la Asamblea, ha considerado proponer en el plenario una investigación sobre el crecimiento de la importación de vehículos y su impacto ambiental sobre todo la generación de NFU?

Ya existe en la ley de desechos sólidos que regule todo lo concerniente al impacto ambiental y estos tipos de desechos (ley del medio ambiente).

¿Se han efectuado análisis de los fondos destinados para prevenir y disminuir los impactos al ambiental relacionados con los residuos NFU?

Hay un decreto del fondo del ambiente N°91-2003, regula lo que tiene que ver con las leyes del medio ambiente.

### **3.- Entrevista a la Lic. Mery Luz Ocampo, del Ministerio de Fomento, industria y Comercio.**

#### **¿Cuáles son las leyes, normativa o disposiciones legales aplicables a la gestión de los residuos especiales como el NFU, en el ámbito de competencias de su institución?**

De conformidad con los Artos 6 y 7 de la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, se ha creado la Comisión Nacional del Ambiente, como foro de análisis, discusión y concretaban de la problemática ambiental. Esta funcionaria, como una instancia de coordinación entre el Estado y la Sociedad Civil para procurar la acción armónica de todos los sectores, así como órgano consultivo y asesor del Poder Ejecutivo en relación a la formulación de políticas, estrategias, diseño y ejecución de programas ambientales. La Comisión era integrada en forma permanente por los representantes del: 1) Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, quien lo presidirá. 2) Ministerio de Economía y Desarrollo. 3) Ministerio de Finanzas. 4) Ministerio de Construcción y Transporte. 5) Ministerio de Salud. 6) Ministerio de Relaciones Exteriores. 7) Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. 8) Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. 9) Delegados de los Consejos Regionales Autónomas del Atlántico Sur y Norte. 10) Un delegado de la Asociación de Municipios de Nicaragua. 11) Dos delegados de los organismos no gubernamentales ambientalistas uno de ellos en representación del Movimiento Ambientalista Nicaragüense. 12) Dos delegados de la Empresa Privada: uno del sector industrial y otro del sector campesino. 13) Un delegado del sector sindical. 14) Un delegado del Consejo Nacional de Universidades. 15) Un delegado de la Comisión del Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Asamblea Nacional. Cuando la temática lo amerite se invitará a participar a otras Instituciones y Organismos. La Comisión funcionará de acuerdo al Reglamento Interno que ella misma emitirá. Esta comisión dejo de funcionar desde hace ya mucho tiempo, incluso desde el gobierno del Ingeniero Bolaños, la Comisión Nacional no está activada. Para aclarar, es una comisión en un nivel macro, para políticas, para cuestiones estratégicas, la Comisión nunca trato los temas de gestión de residuo alguno en particular, para comenzar ni esta activada. El delegado del MIFIC, participaba cuando estaba activada. Pregúntele al MARENA, que paso con eso, porque a nosotros como MIFIC, una sola vez creo que asistimos, hace ya mucho tiempo. Por otra parte el MIFIC, conforme a las leyes de la Republica de Nicaragua, no tiene competencia alguna, ni facultades para regular y fiscalizar la gestión de residuos en general.

**¿ Como las leyes, normativas y/o disposiciones legales, aplicables a la gestión de los residuos especiales como el NFU, regulan los siguientes aspectos : i) Ingreso de Neumáticos al país, ii) Distribución y comercialización de neumáticos, iii) Uso y empleo de neumáticos nuevos y de segunda mano, iv) Reutilización y Reciclaje, v) Disposición Final.**

El Ministerio de Fomento, Industria y Comercio, MIFIC, a través de la Unidad de Gestión Ambiental, ha implementado programa de capacitación en temas ambientales para sectores MIPYME y funcionarios institucionales que trabajan el tema de medio ambiente en los departamentos del país, orientados a contribuir a la disminución y prevención de la generación de desechos y emisiones contaminantes en el sector de MIPYME.

**¿Cuáles son las facultades que tiene su institución, para aplicar y hacer cumplir las normas legales que regulan la gestión de los residuos especiales como el NFU?**

El Ministerio de Fomento, Industria y Comercio, MIFIC, no tiene facultades para aplicar y hacer cumplir las normas legales que regulan la gestión de los residuos especiales como el NFU

**¿Cuáles son los procedimientos que implementa su institución para aplicar y hacer cumplir las normas legales que regulan la gestión de los residuos especiales como el NFU?**

En general el MIFIC, ha definido como una de sus líneas de trabajo principal, la incorporación del componente ambiental en las políticas de fomento, industria y comercio, con énfasis en las MIPYME del sector industrial para lograr el mejor desempeño de las variables ambientales en los procesos productivos, a fin de contribuir al desarrollo sostenible del país. Por medio de su unidad de gestión ambiental, orienta su trabajo a lograr una eficaz y eficiente gestión, incorporando la gestión ambiental en las políticas y estrategias nacionales para el fomento de la industria y el comercio nacional y en todo su quehacer institucional; así mismo, las MIPYME del sector industrial reciben apoyo, asistencia técnica y capacitación para sensibilizarse sobre la problemática ambiental y reducir la contaminación derivada de sus actividades industriales y contribuyen al desarrollo sostenible del país, contribuyendo a la reducción de la contaminación derivada de las actividades industriales y comerciales, mediante la implementación de mecanismos voluntarios y el cumplimiento de obligaciones ambientales de las MIPYME en los municipios de mayor contaminación del país.

En todo caso la estrategia ambiental del MIFIC, está dirigida a la disminución de la contaminación en general y no de un residuo en lo específico.

**¿El Marco legal ambiental vigente proporciona incentivos económicos para la promoción del uso, la reutilización y reciclaje aprovechamiento y valorización material y energética de los residuos industriales que generan las MIPYMES?**

La Ley General del Medio ambiente establece en el artículo 48, 49 y 50 un Fondo Nacional del Ambiente. Ese fondo no está activado, se quiso activar, en el periodo de Enrique Bolaños, fracaso, y en este gobierno no se ha activado, no solo los proyectos de gestión o aprovechamiento de residuos NFU, no se han financiado, sino que ningún proyecto se ha financiado, no existe el fondo, en la Ley 217, crea el fondo, en la misma ley y su reglamento, dice que debe funcionar con una junta directiva, con varios módulos, con varias cajas, esa estructura, no funciona. Vaya al MARENA y pregunte por la Junta Directiva del Fondo, y ahí le van a decir, que no existe. Todas esas cosas que usted está mencionando, están en la ley, pero la ley no funciona, en la realidad sería bueno, que usted vaya a MARENA, y les pregunte, ¿Qué pasa con la comisión? ¿Qué pasa con el fondo? Esas cosas.

Nosotros, como MIFIC, no disponemos de fondo y tampoco asignamos, el MHCP, es el que asigna fondos, en todo caso a nosotros nos asignan fondos, exactamente.

**¿Realizan actividades con fondos propios, en el ámbito del aprovechamiento y valorización material y energética de los residuos industriales que generan las MIPYMES?**

Las actividades, que desarrollamos, están relacionadas en general con los proyectos que elaboramos, esos proyectos son sometidos a la cooperación externa que es la que generalmente, nos financia, y nosotros los ejecutamos, pero el Ministerio de Hacienda, solo cubre las necesidades, básicas de los Ministerios, o sea salarios, y costos fijos, realmente dinero para desarrollar proyectos no dan, lo que aportan son algunas contraparte de proyectos como la cooperación pide al gobierno algún porcentaje contrapartida que se llama, eso es lo que aporta el MHCP, pero, todos los proyectos de la línea de trabajo lo de nosotros nada tiene que ver con gestión de residuos, ni reciclaje, nosotros estamos impulsando con las PYMES, proyectos de producción más limpia, proyecto de sistemas de gestión ambiental, que tienen que ver con el manejo de los desechos, pero no nos enfocamos en un desecho específico, sino que simplemente si los NFU, son parte de los desechos que se producen en alguna empresa, entonces el apoyo es como se puede disponer, nosotros sabemos que hay reciclaje, en plástico, en vidrio, en cartón, no conocemos todavía que haya en NFU, ni siquiera en cuestiones electrónicas, todavía eso, pues si hay, las reciclan y comercializan en el Mercado Oriental las rehúsan pues, en el caso de

los NFU, las reencauchan. El tema de NFU, no es un tema, como le explico, no es un tema prioritario para nosotros, no es un tema, que estemos trabajando.

Lamentablemente, no le podemos ayudar mucho, con más información, no es un tema para nosotros que hayamos estado trabajando, debería de entrevistarse, con Camilo, con la Alcaldía, Camilo está impulsando con el FONARE, todo el reciclaje y probablemente tienen alguna línea de trabajo con los NFU, que nosotros no hemos conocido.

#### **4.- Entrevista al Ing. Luis Molina, Responsable de la Unidad de Gestión Ambiental del Ministerio de Energía y Minas.**

##### **¿Cuáles son las facultades que tiene su institución, para aplicar y hacer cumplir las normas legales que regulan la gestión de los residuos especiales como el NFU?**

El Ministerio de Energía y Minas es una institución pública responsable de formular, proponer, coordinar y ejecutar los planes estratégicos y las políticas públicas del sector energético, de recursos geológicos, recursos mineros, recursos geotérmicos, recursos hidroeléctricos e hidrocarburos. Asimismo, se encarga de dirigir el funcionamiento y administración de las empresas del estado que operan en el sector energético. Por lo tanto nuestra institución no regula ni fiscaliza la gestión de ningún tipo de residuo.

Como Unidad de Gestión Ambiental, desempeñamos nuestras funciones, respondiendo a la máxima autoridad de la institución; velamos por el cumplimiento de normas, regulaciones y otras prácticas ambientales en los programas, proyectos y actividades de la institución y monitoreamos la ejecución de la política ambiental en el sector energético.

Actualmente la UGA/MEM está conformada por un equipo técnico multidisciplinario en el área ambiental, que trabaja en coordinación con el MARENA, las Unidades de Gestión Ambiental del Poder Ejecutivo, las municipalidades, y las Secretarías de Recursos Naturales de los Gobiernos Autónomos Regionales de la Costa Caribe.

El Ministerio de Energía y Minas, no tiene facultades para aplicar y hacer cumplir las normas legales que regulan la gestión de los residuos especiales como el NFU?

##### **¿Cuáles son las leyes, normativa o disposiciones legales aplicables a la gestión de los residuos especiales como el NFU, en el ámbito de competencias de su institución?**

No es competencia, ni facultad del MEM, regular la gestión de los residuos. En cada proyecto de energía, nos interesa el aprovechamiento del recurso y en todo caso la problemática ambiental que generan los proyectos de energía. Para controlar las afectaciones ambientales que se general, se usa como herramienta preventiva y predictiva los estudios de impacto ambiental, así se minimizan las afectaciones ambientales de los proyectos. El MEM autoriza concesiones para la explotación de los recursos energéticos.

Tal y como les he explicado, el MEM no gestiona residuos de ningún tipo, mucho menos NFU, y no tenemos ni competencia, ni facultad alguna para hacerlo. Los residuos NFU, pueden utilizarse para la producción de energía eléctrica, dado que tienen un poder calorífico, elevado,

por medio de la combustión de los neumáticos, se genera calor y ese calor es aprovechado para la generación de vapor, y entonces el vapor se utiliza para mover las aspas de una turbina conectada a un generador eléctrico. En todo caso, se pueden considerar como un combustible alternativo. No obstante, las empresas existentes en el país, como CEMEX, que tienen hornos que trabajan a elevada temperatura, para fabricar cemento, no disponen de la tecnología y equipamiento necesario para su aprovechamiento y para el tratamiento de las emisiones gaseosas que se generan durante la combustión. Por ahora, los residuos NFU, son considerado como peligrosos y la regulación y fiscalización de su gestión, es facultad del MARENA y ALMA.

**¿Cómo los siguientes aspectos de la gestión de residuos NFU, i) Ingreso de Neumáticos al país, ii) Distribución y comercialización de neumáticos, iii) Uso y empleo de neumáticos nuevos y de segunda mano, iv) Reutilización y Reciclaje, v) Disposición Final, son regulados por las leyes, normativas y/o disposiciones legales de carácter ambiental?**

Es cierto que existe la problemática que generan los altos volúmenes de NFU, tirados por todos lados, son lugares para criar mosquitos, ratas, hasta culebras, pero desde ese punto de vista, le tocaría al MINSA, a la Alcaldía de Managua, para prevenir el dengue, el Zika, el Chinkunguya, la leptospirosis y otra enfermedad que se genere por este residuo. EL MEM no tiene competencia, a menos que sea un proyecto energético en el que se aprovecha el calor para generar electricidad. Pero nosotros con todo gusto si el MARENA nos invita, participamos porque hay gente aquí en la unidad que tiene mucha experiencia en temas ambientales y desechos peligrosos pero por la competencia nuestra en estos momento no nos han invitado.

**¿Sobre los residuos NFU, han hecho algún estudio, para utilizarla como fuente energética?**

Aquí no, no la hemos hecho, desconocemos, estamos trabajando como biomasa, estamos detrás del aprovechamiento de algunos residuos, para generar energía, en eso estamos, estamos abocados en los rellenos sanitarios, en las aguas residuales, para generar metano, pero no los NFU, no porque, han venido proyectos que como ministerio los desarrollamos, unas iniciativas de algunas empresas privadas que han querido desarrollar o quieren desarrollar proyectos donde vayan a desarrollar este tipo de desecho, pero es una alternativa muy complicada, porque hay que controlar varios parámetros, hay que controlar las emisiones.

Aquí han venido, algunos proyectos para quemar residuos sólidos municipales para genera electricidad, han venido diversos, conversaciones no formales, proyectos con la Alcaldía de,



pero no específicamente de NFU, todo lo que la comunidad en un municipio desecha y que va a un basurero, quieren usar eso para generar energía, igual dos proyectos en Chinandega y León, en lo más o menos en la misma dirección, la utilización de todos los desechos municipales para generar calor y luego energía. Como les digo, nos vienen iniciativas ya sea de ONG, empresas privadas generalmente proyectos de energía, por la empresa privada por los montos altos que se necesitan, pero nosotros no estamos, ni como UGA, no tenemos intención de estamos enfocados a otras fuentes que generan mayores beneficios.

**5.- Entrevista al Lic. Boanerges Castro, Responsable de la Unidad de Gestión Ambiental del Ministerio de Salud.**

**¿Cuáles son las facultades que tiene su institución, para aplicar y hacer cumplir las normas legales que regulan la gestión de los residuos especiales como el NFU?**

Con relación a sus preguntas, el MINSA tiene competencias para regular todo lo concerniente a los desechos hospitalarios, en conjunto con el MARENA, las Alcaldías Municipales y las SERENAS, en las regiones autónomas.

Los residuos NFU, interesan desde el punto de vista de la salud, ya que ellos funcionan como un reservorio en el que se desarrollan hábitat de fauna dañina como mosquitos, ratas, cucarachas, otros insectos y hasta reptiles. El problema también está relacionado con las quemadas en las calles y en otros lugares. Los NFU, se utilizan constantemente en las protestas callejeras, detienen el tráfico y queman las llantas al aire libre, lo que genera gases contaminantes, incluyendo algunos que son cancerígenos. En las leyes ambientales y normativas del país no existe nada específico para los NFU, incluso no hay tratamiento, no se le puede dar porque no existen plantas especializadas para tratar dicho residuo y eliminarlo, o en todo caso aprovecharlo, ya que de él se puede obtener caucho para muchos artículos moldeables. Desde ese punto de vista no se puede hacer nada.

El Ministerio de Salud, no tiene registro de datos de enfermedades que se puedan originar por el manejo inadecuado de NFU, ya sea por la quema o por la cantidad de vectores que se puedan generar por la acumulación de agua dentro de esas llantas, no tenemos ese dato exactamente, no tenemos registro exacto. No, existe ningún estudio sobre contaminación por humos o por la cantidad de vectores que se puedan generar por los NFU, o llantas de desecho.

**¿Supervisa el MINSA y verifica que las condiciones de almacenamiento de los NFU, sea el adecuado?**

Hay una orientación clara para todas las personas que manejan neumáticos nuevos, usados o desechados, ya sea que los usan para fines comerciales o que por alguna razón no se desasenan de ellas y es ponerlas en lugares bajo techo, mantenerlas bajo techo, no permitir que se acumule agua en ellas, no usarlas como combustible hay personas que la usan para quemarla en hornos donde hacen pan, esa gente que se ha detectado haciendo eso, se le ha prohibido que sigan quemando hornos con las llantas de vehículos, también estamos en contra de que se quemen llantas en las vías públicas porque provocan muchos problemas bronquiales hay personas que

son asmáticas que tienen problemas alérgicos entonces se el ministerio de salud se opone a la quema de llantas al aire

**¿El MINSA, ha realizado algún tipo de estudio relacionados con las afectaciones a la salud que provoca la gestión inadecuada de los NFU, en Nicaragua?** Hombre nadie ha hecho una evaluación sobre eso, como decir las universidades que yo sepa, no han hecho ninguna evaluación, el MINSA no tiene un área de investigación que pueda determinar cuál es el impacto que existe a la salud o al medio ambiente sobre los residuos NFU, ya sea porque están en los cauces de los ríos, están en los basureros, mal ubicadas o están indebidamente almacenadas en algunas bodegas o cosas por el estilo, nosotros no tenemos ese tipo de dato, lo que orientamos es el buen almacenamiento de ellas .

**¿El MINSA ha elaborado alguna propuesta de normativa, orientada a disminuir las afectaciones e impactos ambientales y a la salud de os pobladores que generan los residuos NFU?** Sobre salud no, lo que hemos estado tratando con el MARENA, y con la ALCALDIA DE MANAGUA, es una regulación para el uso de neumáticos, ya sea con fines comerciales, o que la gente como decía inicialmente, las guarda por alguna razón, hay gente que las guarda y entonces decirle bueno las tienen guardadas y no las usan, hagan maceteros, llenen totalmente de tierra no dejen espacios vacíos, ahí pueden tener buenos cultivos.

**¿Existe alguna coordinación del MINSA, MARENA Y LA ALCALDIA, para lograr una gestión adecuada de estos residuos?** Únicamente para regulación, en cuanto al manejo, no para efectos de estudio. Sobre la quema de llantas, como les decía anteriormente nos oponemos que se utilice como combustible, deben ser trituradas y desechadas en los basureros, la quema de estas llantas transportan mucho contaminantes a la atmosfera que después con las lluvias caen a la tierra, hay una contaminación ambiental en el suelo y en el agua, somos de la opinión del no uso de los residuos NFU, para usarlas como combustible

**¿CEMEX ha solicitado permiso a las instituciones nacionales que regulan la gestión de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos, para usar los residuos NFU, como combustible alternativo, en la producción de cemento?**

El MINSA, no ha autorizado a ninguna empresa o persona natural, para que use los residuos NFU, como combustible alternativo, hasta donde yo sé, estoy seguro que no, porque de alguna manera, ya hubiésemos sido consultados por el MARENA, y para eso necesitan permiso ambiental. Pero en el caso de que hagan pruebas para su uso, creo probablemente ellos tengan

algunos filtros. En una ocasión anterior, ellos estaban provocando un problema de contaminación no por combustibles, sino por los insumos para producir el cemento y entonces ellos instalaron unos filtros, de tal manera que disminuyeron la contaminación, si acaso estuvieran quemando, de todas maneras, por lo que usted nos ha comentado, nos sirve para hacer algunas visitas.

**¿El MINSA, ha trabajado en conjunto con otras instancias algunas normativas para regula la gestión de este tipo de residuos?** En cierta ocasiones, se estuvo trabajando con eso, no sé en qué quedo porque el MARENA, estaba coordinando, entonces en una normativa del uso de NFU o llantas de desecho, estaba participando el MARENA, estábamos participando nosotros, estaba participando el MTI, estaba participando la Alcaldía, porque incluso se estaba viendo que muchas de los neumáticos usados se traen del exterior del país para venderse para seguir rodando, no cumplen los requisitos, que el MTI tiene, son una estafa prácticamente.

**¿Se regula el ingreso al país de neumáticos de segunda mano?**

Lo que pasa es que ingresan, porque no existe la regulación, mientras no exista la regulación, siguen entrando, con esa regulación lo que se pretendía es que no ingresaran a partir de un mínimo desgaste que podría tener una utilidad para el que lo compre, antes se miraba el que lo compraba andaba 3, 4 meses con ella andaba en el hierro y entonces por eso es que ingresaban, porque no existe la regulación, entonces estamos viendo con el MIFIC, Luego no se siguió trabajando, habían actas de los acuerdos que se tomaban y sobre eso se iba a ser una normativa, pero no sé qué paso, si acaso ya está hecha, el MIFIC y el MARENA la estaba deberían tener y publicar.

## 6.- Entrevista al Lic. José Luis García, Procurador General del Ambiente.

### ¿Cuáles son las facultades que tiene su institución, para aplicar y hacer cumplir las normas legales que regulan la gestión de los residuos especiales como el NFU?

La Procuraduría Nacional para la Defensa del Medio Ambiente y Recursos Naturales, es una rama especializada de la Procuraduría General de la República encargada de promover acciones administrativas, civiles o penales en contra de las personas naturales o jurídicas que trasgreden la legislación ambiental. Su origen radica formalmente en la Ley General de Medio Ambiente y los Recursos Naturales, del 6 de Junio de 1996; sin embargo fue hasta 1998 que inició operaciones con dos Procuradores para atender todo el país. Desde el año 2007 el Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional ha fortalecido las competencias de la PGR en materia ambiental, afianzando su participación en procesos penales y administrativos; de igual forma se ha extendido la cobertura territorial en la atención de problemas ambientales a través de una oficina de la PGR en cada Departamento del país y en las Regiones Autónomas del Caribe.

La PGR tiene competencia para recibir denuncias que afecten cualquier recurso natural o elemento que compone el medio ambiente. De igual forma cualquier afectación medioambiental que ocasione perjuicios a la población. Una vez que se recibe la denuncia, se valora la gravedad de la misma y se determina si se tramita por la vía administrativa o penal, en dependencia de la gravedad del daño. Las denuncias que recibe la PGR Ambiental están relacionadas con:

- a) **Contaminación Atmosférica;** esta abarca ruido, olores desagradables, emanación de polvos, gases, temperatura, radiaciones y cualquier otro contaminante que afecte la calidad del aire y la salud de la población.
- b) **Contaminación de suelo;** derivada de actividades industriales, domésticas o de cualquier tipo, que contaminen el suelo y degraden su calidad, tal es el caso de vertimiento de aceites o sustancias contaminantes como ácido de baterías, aserrín, hidrocarburos.
- c) **Contaminación de aguas;** puede presentarse de forma directa, cuando un camión cisterna realiza descargas en un río o cuando se utiliza plaguicidas para la pesca de peces o camarones. También puede ser indirecta cuando se descargan contaminantes que afectan el agua subterránea o cuando existen sistemas de tratamiento (fosas sépticas, pozos de infiltración) que descargan aguas mal tratadas.

- d) **Corte de árboles;** se puede denunciar cualquier modalidad de corte de árboles, sea en el casco urbano, áreas protegidas, bosques de todo tipo, cortes a tala raza o aprovechamiento sin permiso, en áreas privadas o estatales. No están incluidos dentro del corte ilegal la poda de los árboles.
- e) **Acumulación de desechos sólidos;** estos pueden ser peligrosos no peligrosos. Entre los no peligrosos están las chatarras metálicas, plástico o cualquier desecho que pueda afectar la salud de la población mediante la generación de insectos o roedores. También pueden denunciarse las afectaciones provocadas por desechos peligrosos, tales como baterías, transformadores eléctricos, envases de plaguicidas entre otros.
- f) **Captura y comercio ilegal de fauna;** entre estas se encuentra la venta ilegal de animales silvestres en calles y semáforos, el comercio sin autorización de MARENA y la venta de huevos y carne de tortuga o de cualquier otro animal silvestre que se encuentre en veda, ya sea en restaurantes, mercados o parques.
- g) **Extracción ilegal de minerales;** la extracción de arena, piedrín, material selecto, hormigón en los ríos, playas y yacimientos que no cuenten con autorización de MARENA y el Ministerio de Energía y Minas también es objeto de atención por parte de la PGR.

**¿Cuáles son las leyes, normativa o disposiciones legales aplicables a la gestión de los residuos especiales como el NFU, en el ámbito de competencias de su institución?**

Se considera todo el marco legal ambiental, que tiene el país, pero principalmente la Ley General del Ambiente y Recursos Naturales con sus reformas y su reglamento, el Sistema de evaluación ambiental contenido en el Decreto 76-2006, Gaceta N°248, 22 Dic. 2006, El Código Penal, específicamente el Título de Delitos contra la naturaleza y el ambiente, Ordenanzas Municipales, que regulan todos los ámbitos de afectaciones al ambiente y se pueden aplicar a la gestión del residuo NFU.

**¿Cuáles son los procedimientos que implementa su institución para aplicar y hacer cumplir las normas legales que regulan la gestión de los residuos especiales como el NFU?**

De las violaciones a las leyes ambientales, se derivan responsabilidades administrativas, civiles y penales. Por lo tanto se aplican procedimientos de carácter administrativo, que pueden terminar en una multa, en la suspensión temporal del permiso ambiental, o en casos graves el cierre definitivo de la empresa. Los sancionados, pueden utilizar los recursos que establece la

Ley 290, Ley de funcionamiento y organización del poder ejecutivo, una vez agotada la vía administrativa, pueden recurrir de amparo o proceder con una demanda en lo contencioso-administrativo, según el caso y la CSJ, resolverá lo que tenga a bien. En el caso de responsabilidad civil, se procede ante los Tribunales Civiles y se le demanda por daños, el demandado puede hacer uso de los recursos de apelación y casación en lo civil, si el caso lo permite. Y en el caso de responsabilidad penal, se promueve la acción, en los juzgados penales y si se determina que el acusado es culpable, se le condena según el delito ambiental cometido y se reclaman en la sala penal, las compensaciones económicas derivadas de las acciones civiles por los delitos ambientales.

**¿Cuántos casos por violaciones a las leyes y disposiciones legales de carácter ambiental relacionado con la gestión de los residuos especiales como el NFU, han tramitado en la institución que usted representa?**

En lo que va del año 2014, paralelamente a la tramitación de procesos administrativos, se han logrado la imposición de sanciones económicas y la realización de medidas para resarcir el daño ambiental, de acuerdo a las acciones como es el decomiso de 1,225.6305 Metros cúbicos de madera, 14 medios de transporte, 8 motosierras, 91 docenas de huevos de tortuga, además se logró la imposición de multas por U\$ 74,308.00 Dólares norteamericanos y C\$ 2, 785,026.152 Córdobas, así mismo se logró la recaudación mediante subastas la cantidad de C\$ 345,399.51 Córdobas. Lo recaudado por medio de las multas impuestas a los infractores y las subastas realizadas de los medios de transporte y madera, contribuye al presupuesto general de la república. De los procesos penales llevados y de los cuales derivaron en mediaciones previas y durante el proceso penal, se suscribieron 65, estas mediaciones permitieron brindar apoyo a los Programas y Proyectos sociales del GRUN con sus resultados. Se implementaron a nivel nacional las formas alternas de resolución de conflictos ambientales en materia penal, a través de las mediaciones, se obtuvieron el pago de los infractores implementos de trabajo, semillas, abono, plantas entre ornamentales, frutales y Medicinales, todos estos implementos son recopilados por las Delegaciones PGR y destinados a las Unidades de Gestión Ambiental de las Alcaldías Municipales para el combate a los incendios forestales, a las instituciones como MEFCAA, INAFOR y Escuelas para la reforestación dentro del concepto de vivir bonito, vivir bien.

**¿Cuántas sanciones ha aplicado por violaciones a las leyes y disposiciones legales de carácter ambiental relacionado con la gestión de los residuos especiales como el NFU?**

En este año, la Procuraduría General del Ambiente ha procesado un total de 84 delitos ambientales, de los cuales 80 han concluido con sentencias condenatorias. La Procuraduría General de la República, PGR, considera que las denuncias ambientales aún son muy pocas en el país, porque la población no tiene conciencia de los daños que se le hacen a la naturaleza. Con relación a la acumulación y disposición final inadecuada de residuos NFU, no tenemos ninguna denuncia.

**¿Cuál es la responsabilidad de los generadores de NFU en la gestión de este residuo?**

Por ahora el marco legal vigente no obliga específicamente a los generadores de NFU a gestionarlos, sino que se va contra los poseedores que estén gestionando de forma inadecuada, es decir que lo tengan almacenado de manera inadecuada, de tal forma que se convierte en criadero de zancudos, cueva de ratas, cucarachas, u otros insectos y animales que represente peligro para la salud de las personas, que realicen su combustión sin ningún control, es decir que se generen emisiones gaseosas contaminantes del ambiente y representen un peligro a la salud de las personas y que apliquen una disposición final inadecuada , lanzándolo en cauces, en la calle, en terrenos baldíos, o en basureros ilegales.

**¿Se regula el ingreso al país de Neumáticos de segunda mano?**

Desde el enfoque legal ambiental, solamente se aplica fumigación, para evitar el transporte de fauna nociva, como zancudo transmisores de dengue, Zika, o Chinkunguya, etc.

**¿Cuáles son los usos de los NFU permitidos por la ley?**

Cualquiera que no prohíba la ley. El uso como combustible alternativo, no está permitido a menos que la empresa presente en su estudio de impacto ambiental y garantice durante su operación, que las emisiones gaseosas o de cualquier residuo contaminante, está bajo control, es decir en los límites establecidos y la ley y que cuentan con la infraestructura y tecnología adecuada para la combustión de NFU.

**¿El marco legal ambiental vigente, promociona e incentiva el uso, la reutilización y reciclaje de NFU?**

Las leyes ambientales vigentes, efectivamente promocionan el uso, reutilización y el reciclaje en general de todo lo que se considere residuo. Hay tipos de residuos priorizados, pero por ahora no es el caso de los NFU.



### **Anexo 3**

**Entrevistas a funcionarios públicos del gobierno municipal, encargados de la regulación y fiscalización de la gestión del residuo neumático fuera de uso en el Municipio de Managua.**

**1.- Entrevista a Nikirana Ferreti Méndez de la Dirección de Urbanismo y Medio Ambiente de la Alcaldía de Managua.**

**Cuáles son las leyes, normativa o disposiciones legales aplicables a la gestión de los residuos especiales como el NFU, en el ámbito de competencias de su institución?**

La Ley del Medio ambiente involucra al municipio como uno de los actores claves en la preservación, vigilancia y control del mismo, a su vez, la Ley de Municipios complementa lo establecido en la Ley de Medio ambiente y establece las competencias del municipio en el área del medio ambiente. También define la capacidad de la municipalidad para crear órganos colegiados e instancias de participación ciudadana. Según estas leyes, los Gobiernos Municipales son instancias claves en el proceso de gestión ambiental descentralizada. Estos, deben asumir la conducción del proceso en sus territorios respectivos, en concordancia con los instrumentos nacionales de gestión ambiental concertados a nivel nacional y regional con su participación a través de asociaciones de municipios.

**Como las leyes, normativas y/o disposiciones legales, aplicables a la gestión de los residuos especiales, regulan la gestión de los NFU?**

En las leyes, normativas y demás disposiciones legales la gestión de los residuos sólidos especiales, establecen que el generador debe hacerse cargo de esta gestión, que incluye las etapas de recolección, transportación, disposición final y tratamiento de los desechos sólidos. En ellas se establecen procedimientos de carácter administrativos, civiles y penales para a todas aquellas personas naturales o jurídicas que provoquen contaminación y/o daños al ambiente. El residuo NFU, se clasifica en los residuos sólidos, y es la Dirección de Limpieza Pública, la instancia de la Alcaldía de Managua, encargada de garantizar la recolección, transportación, disposición final y tratamiento de los desechos sólidos que son generados por la población, industrias, mercados, hospitales, entre otros. A nivel interinstitucional, se relaciona con el MINSA, Policía Nacional, MARENA y otros organismos que intervienen en el mejoramiento de la limpieza de la ciudad, prevención de epidemias, entre otros.

Existe un Plan de Manejo de Desechos Sólidos, cuyos objetivos son:

- Eliminar o minimizar el impacto generado por los desechos sólidos en el medio ambiente y la salud de la población.
- Monitorear adecuadamente el plan de manejo de desechos sólidos para asegurar su cumplimiento.

- Implementar sistemas de ordenamiento de rutas de recolección de desechos sólidos domiciliarios, definiendo frecuencia y horario de servicio.
- Garantizar una eficiente y eficaz gestión en la recolección de desechos sólidos que son generados por la industria, mercados, hospitales, centros de salud y sectores comerciales.
- Garantizar las condiciones de higiene y sanidad ambiental a la ciudad de Managua, mediante los servicios de recolección, transporte, disposición final y tratamiento de los desechos sólidos.
- Efectuar análisis en coordinación con la Dirección General del Medio Ambiente, sobre sitios que sean aptos para la implementación de nuevos rellenos sanitarios.

**Cuáles son las facultades que tiene su institución, para aplicar y hacer cumplir las normas legales que regulan la gestión de los residuos especiales como el NFU?**

La ordenanza municipal No 01-2013, emitida por el Consejo Municipal de la Alcaldía de Managua, faculta a la Alcaldía de Managua, a aplicar multas a todas aquellas personas naturales o jurídicas que provoquen contaminación y/o daños al ambiente. Pueden ordenar la suspensión o el cierre total de empresas u organizaciones y de aquellas personas naturales que con sus actividades provoquen contaminación y/o daños al ambiente. Pueden promover acusaciones de carácter penal ante la Fiscalía Ambiental en contra de a todas aquellas personas naturales o jurídicas que provoquen contaminación y/o daños al ambiente.

**Cuáles son los procedimientos que implementa su institución para aplicar y hacer cumplir las normas legales que regulan la gestión de los residuos especiales como el NFU?**

Se ha prohibido, el ingreso de NFU, en los vertederos municipales, para su disposición final. Existen además:

- Procedimientos de carácter administrativos, tales como las multas, la suspensión o retiro total del permiso ambiental a todas aquellas personas naturales o jurídicas que provoquen contaminación y/o daños al ambiente.
- Procedimientos de carácter civil, en el cual la Alcaldía de Managua, promueve demandas con acciones de restituciones económicas por daños al ambiente independientemente de las acciones de carácter administrativo y/o penal
- Procedimientos de carácter penal, en el cual la Alcaldía de Managua, promueve acusaciones penales en contra de todas aquellas personas naturales o jurídicas que provoquen contaminación y/o daños al ambiente.

**Cuáles son los procedimientos coercitivos utilizados por la institución, para hacer en el cual se cumplir las sanciones.**

- Se suspende el permiso ambiental otorgado a la persona natural o jurídica, ya sea de forma temporal o definitiva.
- Se puede hacer uso de la fuerza pública.
- Se puede acusar penalmente.

**¿Cuántos casos por violaciones a las leyes y disposiciones legales de carácter ambiental relacionado con la gestión de los residuos especiales como el NFU, han tramitado en la institución que usted representa?** Ningún caso.

**¿Cuantas sanciones ha aplicado por violaciones a las leyes y disposiciones legales de carácter ambiental relacionado con la gestión de los residuos especiales como el NFU?**

Ningún caso, que esté relacionado con la gestión inadecuada del NFU.

**¿Cuál es la responsabilidad de los generadores de NFU en la gestión de este residuo?**

Las personas naturales o jurídicas que generan desechos sólidos que no son los desechos sólidos domésticos, están obligados a realizar su gestión que incluye las etapas de recolección, transportación, disposición final y tratamiento de los desechos sólidos.

**¿Se regula el ingreso al país de Neumáticos de segunda mano?**

No tenemos conocimientos, que existan disposiciones legales que regulen el ingreso de neumáticos de segunda al país, existen disposiciones de carácter sanitario que obligan a la fumigación de este tipo de productos en el preciso momento que ingresan al país con el fin de eliminar fauna nociva que transporten, principalmente zancudos que son vectores de la malaria, dengue, Zika, y Chinkunguya.

**¿Cuáles son los usos de los NFU permitidos por la ley?**

Pueden utilizarse en cualquier forma siempre y cuando no se conviertan en focos de contaminación del ambiente ni peligro para la salud de la población y de los ecosistemas del Municipio. La Alcaldía de Managua, orienta su almacenamiento adecuado bajo techo de tal forma de que no se constituya en un reservorio para la crianza de vectores y fauna nociva.

**¿El marco legal vigente proporciona incentivos para el uso, la reutilización y reciclaje de NFU?** Hasta el momento no, pero con la aprobación de la Ley de Gestión Integral de desechos sólidos, se ha considerado este aspecto.

## **Anexo 4**

**Entrevistas a funcionarios de empresas importadoras, distribuidoras y comercializadoras de neumáticos nuevos y de segunda.**

**1.- Entrevista al Lic. Ivania Mendoza, Administradora de Representaciones y Servicios Internacionales, S.A. (REPSA).**

**¿Cuál es la actividad comercial de su empresa?** Representaciones y Servicios Internacionales, S.A. – REPSA – se constituye el 7 de marzo de 1990, por los Señores Justo Aráuz y la Señora Eloísa Argueta. A la fecha este negocio de llantas tiene más de 40 años, trabajando con la marca GOODYEAR. Durante 20 años, trabajaron para GINSA, que era el Representante de Goodyear para Centro América, y luego decidieron crear su propia empresa, iniciando operaciones representando directamente a Goodyear en Nicaragua.

**¿Qué tipo de neumáticos y de que marca, Ustedes, importan, distribuyen o comercializan?** Se venden neumáticos de las marcas más prestigiosas, incluyendo marcas asiáticas, para vehículos livianos, utilitarios, microbuses, autobuses, camiones livianos y pesados

**¿Qué cantidad de Neumáticos de segunda, importan anualmente?** Solo neumáticos nuevos.

**¿Cuál es su responsabilidad en el manejo y disposición final del residuo NFU?** Los clientes que compran neumáticos, se llevan los usados, en caso de dejarlos, pagamos a los trabajadores del tren de aseo para que se deshagan de ellos. Hemos solicitado a la Alcaldía, que destinen un lugar que sirva de botadero de neumáticos, hasta la fecha, no se pronunció sobre esta solicitud.

**¿Es su obligación recibir los Neumáticos fuera de uso y darles el tratamiento adecuado para evitar afectaciones ambientales y a la salud producida por estos?** Si, el cliente los deja, nosotros luego nos deshacemos de ellos, por medio del tren de aseo.

**¿Qué tipo de tratamiento le dan a los Neumáticos fuera de uso?** En Nicaragua, no hay ninguna empresa para darle tratamiento adecuado a los neumáticos fuera de uso, generalmente se almacenan, se queman o se lanzan en algún cauce o en algún basurero clandestino.

**¿Cuánto es la vida útil de una llanta?** 40 a 45 mil kilómetros, según el kilometraje que le metan a diario.

**¿Cuál es la diferencia entre los que llevan forraje de metal y nylon?**

Aquí la proporción es 50% Nylon y 50% Acero, el neumático, trae su límite de desgastes, y ella nos indica cuando debe poner nuevas.

## **2.- Entrevista al Lic. Juan Ramón Gómez Castillo de Llantera San Luis.**

### **¿Qué tipo de neumáticos y de que marca, importa, distribuye o comercializa anualmente?**

Somos importadores directos de neumáticos nuevos y de neumáticos usados, también, nosotros mismos, los comercializamos directamente. Traemos neumáticos de todas las numeraciones, neumáticos de camión No 225/22.5, 295/45, neumáticos No 14, 15, 16, 17 de lujo y los neumáticos No 13,14, el neumático numero 12 poco se vende.

### **¿Cuáles son las cantidades de neumáticos que su empresa importa, distribuye o comercializa al año?**

Estos son los tipos de neumáticos por escala que se están vendiendo, hay algunos contenedores que traen 800 unidades,

### **¿Qué cantidad de neumáticos de segunda, importan anualmente?**

Si son neumáticos de segunda No 13, el contenedor puede traer hasta 2,000 unidades. De conformidad con los volúmenes de ventas podemos traer hasta cuatro contenedores al mes. Cada tipo de neumático, tiene su día. Los neumáticos son importados de Europa, para rellenar el contenedor, le echan todo tipo de neumáticos. En las importaciones vienen neumáticos completamente de desecho, es un riesgo que se corre, en la declaración de impuestos ante la aduana, se recupera parte del dinero por que estos no cuentan, pero con la alcaldía, es un dolor de cabeza, el personal de la Alcaldía anda siempre desorientados, muy perdidos con la forma de cobrar los impuestos, siempre quieren más de la cuenta.

### **¿Cuál es la responsabilidad de su empresa en el manejo y disposición final de los residuos NFU?**

Aquí nos dejan los neumáticos, cuando los cambiamos al cliente, nosotros los almacenamos, revisamos su estado, es decir, revisamos si aún pueden utilizarse y los vendemos como neumáticos para repuestos, que son los que te sacan del problema, cuando uno de los neumáticos se ponchó.

### **¿Es su obligación recibir los Neumáticos fuera de uso y darles el tratamiento adecuado para evitar afectaciones ambientales y a la salud producida por estos?**

Nosotros recibimos de los clientes los neumáticos que dejan, cuando compran los nuevos o usados, sin ningún problema. Los almacenamos y luego los entregamos al tren de aseo, a quienes se les paga por ese servicio.

### **¿Qué tipo de tratamiento le dan a los Neumáticos fuera de uso?**

Como le explicaba, aquí los cambiamos, los armamos, en el caso de que los clientes dejen los neumáticos viejos, revisamos su estado, si puede seguir usándose o no, en todo caso, los neumáticos que no sirven se descartan, los camiones del tren de aseo, cuando van vacíos se los llevan, nosotros les pagamos para que las vayan a botar.

Hasta ahora no se le damos ningún tratamiento. Aun que hemos tenido conversaciones con otros importadores, ya que dicen que se aprobó o se aprobará una nueva ley que obliga que el importador, distribuidor y comercializador se haga cargo de los neumáticos viejos, las conversaciones han ido alrededor de triturar y moler los neumáticos para obtener polvo de hule y metales y venderle este polvo de hule a los chinos, europeos o gringos. Hemos ido a algunas exposiciones y ferias tecnológicas donde vende este tipo de equipo que han hecho los chinos, pero se ven de mala calidad, muy comerciales, además de muy caros. Por ahora, así estamos bien, nosotros le pagamos a los camioneros del tren de aseo, pagamos para que los vayan a botar, **¿A dónde la van a botar?** no sé, ellos son bandidos, nosotros limpiamos ahí al frente y ellos vienen a llevarse la basura y los neumáticos viejos.

**¿Cuánto dura un neumático usado, puesto nuevamente a trabajar?**

De dependiendo, a un taxista de le dura de 3 a 4 meses, a algunos le han durado 8 meses y eso es sorprendente. Vienen de todas las marcas,

**¿Han sido supervisados por el MINSA, MARENA, o la Alcaldía Managua con relación a la gestión de los NFU?** Eso no lo manejo, tengo 7 años de trabajar aquí, tengo 20 años de trabajar en ventas de neumáticos. Esa situación puede verla con la administradora Yadira Alguera. Los neumáticos usados, cuando entra en el puerto, son fumigados, así lo exigen las normas del MAGFOR, nada tiene que ver el MARENA o La Aduana, es el personal del MAGFOR, quien se encuentra en los almacenes, antes de abrir el contenedor, esa exigencias es solo para los neumáticos usados, para los nuevos no. Lo que hacen es la abatización, no inspeccionan: La Alcaldía de Managua, solo viene a inspeccionar sobre el pago de los impuestos, la matricula del negocio. El MINSA, pasa seguido, nosotros fumigamos las bodegas donde están los neumáticos, echamos mata-rata. Los trabajadores, están asegurados cuando se enferman van a la clínica y les dan sus tratamiento, se presentan casos de alergia por el tipo de material de los neumáticos, el olor que desprenden también afecta a algunos trabajadores, el calor también, por eso la bodega donde están los neumáticos es muy alta, tiene muy buena circulación, entra mucho aire constantemente, está muy ben ventilada.



### **3.- Entrevista al Lic. Juan Ramón Gómez Castillo de COTARSA.**

¿Qué tipo de neumáticos y de que marca, importa, distribuye o comercializa su empresa?

Vendemos neumáticos de todo tipo, para camiones, para carros, camionetas, tenemos de todas las marcas, europeas, japonesas, americanas, chinas. Los neumáticos que más se venden son los de camiones, estos los cambian todos los años.

¿Qué cantidad de Neumáticos de segunda, importan anualmente?

No vendemos neumáticos usados o de segunda, solo nuevos.

#### **¿Cuál es su responsabilidad en el manejo y disposición final del residuo NFU?**

Recibimos los neumáticos desechados por los clientes, cuando compran los neumáticos nuevos y se los instalan, los almacenamos bajo techo y pagamos los servicios de transporte para su disposición en los vertederos municipales a los Señores camioneros del tren de aseo.

¿Es su obligación recibir los neumáticos fuera de uso y darles el tratamiento adecuado para evitar afectaciones ambientales y a la salud producida por estos?

Los recibimos, pero no tenemos infraestructura para darle tratamiento a los NFU, se los entregamos al tren de aseo y ellos le dan la disposición final que consideren mejor.

#### **¿Qué tipo de tratamiento le dan a los Neumáticos fuera de uso?**

Aquí, pasa el tren de aseo de la Alcaldía, y se llevan los neumáticos que ya no sirven en los camiones, casi siempre es la alcaldía las que se las lleva, casi nadie viene pidiendo. En algunos caos, por ejemplo los buseros se las llevan y se las ponen a los buses, igual hacen los camioneros, los neumáticos usados, los colocan en los ejes traseros, esto mismo hacen, con los neumáticos que entran al país desde Estados Unidos, porque estos neumáticos son reencauchados. También le recomendamos a los buseros y camioneros que los neumáticos nuevos los coloquen en el eje delantero, por la dirección y por ser nuevos tienen mayor fricción lo que da mayor seguridad a los pasajeros, hay mayor agarre a la hora de frenar.

## **Anexo 5**

### **Entrevistas a funcionarios de empresas de reutilización y de reencauche de neumáticos.**

## **1.- Entrevista al Licenciado, Propietario de Reencauchadora Santa Ana.**

### **¿Cuál es la actividad de su empresa?**

La Empresa, “Reencauchadora Santa Ana”, se dedica al reencauche de neumático que han pueden usarse y que tienen en buen estado su carcasa. Reencauchamos neumáticos de camiones, de buses y de automóviles. Los clientes son empresas de transportes, cooperativas de transporte y personas particulares. También vendemos neumáticos nuevos y baterías para vehículos.

### **¿Qué tan frecuente se demanda este servicio?**

Es muy frecuente, principalmente los transportistas dueños de camiones y las cooperativas de buses, se dedican al reencauche de sus neumáticos, ya que un neumático reencauchado que puede tener la misma vida útil que un neumático nuevo, tiene un costo mucho menor en un 30-40 % y hasta un 50 % del precio del neumático nuevo. Un neumático reencauchado puede recorrer de 30 a 35 mil kilómetros. El reencauche, garantiza igual kilometraje del neumático nuevo por un precio menor. Por eso los dueños de flotas de vehículos de transportistas, furgoneros, camioneros, reencauchan, dado que no podrían comprar el juego de neumáticos para su vehículo de una sola vez, en cambio pueden enviar a reencauche todo el juego de neumáticos o el juego completo de neumáticos reencauchados.

### **¿Cuál es su responsabilidad en el manejo y disposición final del residuo NFU?**

Cuando el cliente entrega los neumáticos viejos, los recibimos y los almacenamos y los entregamos al camión del tren de aseo, le pagamos y ellos los llevan a botar.

### **¿Es su obligación recibir los Neumáticos fuera de uso y darles el tratamiento adecuado para evitar afectaciones ambientales y a la salud producida por estos?**

Realmente, no sé si estamos obligados a recibirlos, nadie nunca nos ha dicho nada con relación a esto. En caso de que el cliente deje aquí sus neumáticos una vez que compro unos nuevos o reencauchado, nosotros los recibimos, si es del tipo del que se puede reencauchar lo reencauchamos, sino lo consideramos como un desecho y se lo entregamos al tren de aseo de la Alcaldía.

### **¿Qué tipo de tratamiento le dan a los Neumáticos fuera de uso?**

Como le he estado explicando, nos dedicamos al reencauche, vendemos también neumáticos reencauchados y neumáticos nuevos. En el caso del reencauche, estamos alargando la vida útil del neumático, de aquel neumático, que presente las condiciones para reencauche. Un neumático se puede reencauchar hasta tres veces, luego se convierte en desecho ya no puede seguir

rodando, es por razones de seguridad para el usuario del vehículo. Cuando el neumático pierde el grabado o dibujo, pierde la tracción, es difícil que frene justo a tiempo, pierde la protección contra las ponchaduras, por tal razón se le coloca una banda de rodamiento nueva. Los neumáticos que ya no sirven, se los entregamos al tren de aseo, les pagamos y ellos los llevan a botar, no sé qué destino les dan, puede ser que los lleven a La Chureca, pero realmente no se a donde los llevan.

**2.- Entrevista al Señor Juan Ramón Gómez Castillo, Propietario del Taller de Vulcanización “La Esperanza” y Venta de neumáticos nuevos y de segunda.**

**¿Cuál es la actividad de su negocio?**

Me dedico a la reparación de neumáticos y a la venta de neumáticos usados.

**¿Qué tipo de neumático vende?**

Vendo, neumáticos usados desde el número 12 hasta el número 16. Soy importador directo de neumáticos usados desde España.

**¿Qué cantidad de llantas ustedes importan mensualmente?**

Estoy iniciando este negocio de venta de neumáticos usados, es la primera importación que realizo, no sé cómo me irá, pero creo que bien, porque he estado vendiendo neumáticos usados que me dejan los clientes, y como algunos presentan buenas condiciones y muchos dueños de vehículo busca una salida más barata, siempre vienen a buscar algún neumático que les sirva, y se ajuste a su disponibilidad de dinero.

**¿Qué tipo de neumáticos están importando?**

Neumáticos usados, vienen de España, son para vehículo liviano,

**¿Cuántos contenedores están trayendo?**

En un contenedor alcanzan hasta 2000 neumáticos, el promedio de vida es de 6 a 8 meses.

**¿Tienen autorización para importar neumáticos usados?**

Nuestro negocio, por ahora no tiene nombre, no está matriculado, pero tengo permiso de importación como persona natural. Soy importador autorizado legalmente. Mis clientes son los taxistas, y dueños de vehículos particulares. Los taxistas compran neumáticos usados, los particulares compran neumáticos nuevos. Los neumáticos, vienen sucios y se lavan. Estamos en la informalidad, eso nos permite tener precios bajos, no vendemos al por mayor solo al detalle, quizás porque no hay la cantidad de numeraciones.

**¿Qué tipo de tratamiento le dan a los neumáticos que reciben por cambio?**

Recibo todo tipo de neumático, los clasifico y selecciono los que aún pueden rodar y los vendo como usados, algunos se pueden reencauchar, otros son desechados totalmente. Estos los almaceno y después, llamo al tren de aseo y ellos se los llevan. Aquí reparamos los neumáticos pinchados. También, reencauchamos neumáticos No 13 y 14, no lo hacemos aquí, porque este es solo un taller de vulcanización, aquí trabaja conmigo un muchacho que se las lleva a la reencauchadora, y el costo sale en un 30 – 40% menos que una llanta nueva.

## **Anexo 6**

### **Entrevista a directivos y funcionarios de Cooperativas de Transporte Selectivo.**

**1.- Entrevista a la Lic. Ivania Mendoza, Funcionaria de Fenico-Taxi.**

**¿Qué tipo de neumáticos y de que marca, Ustedes, importan, distribuyen o comercializan?**

Vendemos principalmente neumáticos para vehículos livianos, principalmente todos aquellos que se utilizan para taxis, tipo sedán , neumáticos no 13 y/o 14, le vendemos a las cooperativas de taxis, a los que son nuestros socios, se les da un descuento especial, así mismo no se les cobra impuesto Cada neumático nuevo, de marca reconocida como Firestone, Maxxil ,dura aproximadamente un año,

**¿Qué cantidad de Neumáticos de segunda, importan anualmente?**

Solo vendemos neumáticos nuevos. Los socios compran neumáticos usados en los lugares informales, por ejemplo en el mercado oriental, vulcanizadoras y otros lugares

**¿Cuál es su responsabilidad en el manejo y disposición final del residuo NFU?**

No tenemos ninguna, si el socio entrega el neumático de cambio, lo almacenamos y luego lo entregamos al tren de aseo, para que se deshagan de ellos.

**¿Es su obligación recibir los Neumáticos fuera de uso y darles el tratamiento adecuado para evitar afectaciones ambientales y a la salud producida por estos?**

Cada socio, se lleva sus neumáticos, algunos los revenden a otros, o los desechan sin destino conocido.

**¿Qué tipo de tratamiento le dan a los Neumáticos fuera de uso?**

No le damos ningún tratamiento. Si se almacenan en bodegas, es bajos técnicas de seguridad para evitar incendios, se guardan bajo techo y luego se les paga al tren de acero para que se los lleven y se deshagan de ellos.

**¿Cuánto dura un neumático?**

Los neumáticos de marcas de prestigio duran casi un año, los neumáticos usados, duran de tres a seis meses.

¿Cuánto son los volúmenes de venta de llantas? Ahí si no podría decirle, eso sería conversarlo con la administración o bodega, solo neumáticos para sedan. Para vehículos grandes no.

## **Anexo 7**

### **Entrevista de directivos y funcionarios de Cooperativas de Transporte Urbano Colectivo.**



**1.- Entrevista a la Lic. Ramón, funcionario de la Cooperativa Prrales Vallejos - Rutas 103, 105, 116, 117 y 118.**

**¿Qué tipo de vehículo, tiene en su flota?**

Somos una cooperativa de transporte urbano colectivo y nuestra flota vehicular está compuesta por autobuses

**¿Cuántos vehículos tiene su flota vehicular?**

Tenemos 122 buses y 108 socios.

**¿Cuál es la cantidad de neumáticos que usan estos vehículos, incluyendo el neumático de repuesto?**

Son seis neumáticos más uno de repuesto, en total son siete.

**¿Cuál es la vida útil de un Neumático?**

Según el fabricante son 40 mil kilómetros, la vida útil de este tipo de neumático para autobuses como los nuestros.

**¿Cuántos kilómetros deben recorrer sus neumáticos para ser cambiados?**

Los cambios están en dependencia de la calidad del neumático. Si sale un neumático defectuoso, aun siendo nuevo, debemos cambiarlo, entonces no duro nada, en cambio un neumático usado, pude rendir más que uno nuevo pero defectuoso, y siendo que el neumático usado no tiene garantía. El fabricante garantiza una vida útil de 40 mil km. Pero para lograr eso todos los neumáticos deben estar en el mismo estado, es decir deben de ser todos nuevos o al menos esta reencauchado, deben estar al mismo nivel de desgaste. No podemos tener en el autobús, neumáticos con mucho desgaste en la capa de rodamiento y otros con poco desgastes o casi nuevos. Para emparejar los desgaste de los neumáticos, lo que hacemos es hacer un ciclo con los neumáticos, los neumáticos direccionales los pasamos para los ejes traseros y compramos neumáticos nuevos y los colocamos en los ejes direccionales , que es la parte que priorizamos nosotros, y así van saliendo

**¿Cada cuánto tiempo realizan el cambio de neumáticos?**

Cada 6 meses y medio o 7 meses,

**¿Hacen uso del Reencauche para sus Neumáticos?**

A veces si, a veces no, tiene que ver con la calidad del neumático. En Nicaragua, no hay control de calidad, no es como en los Estados Unidos, o en Costa Ricas, aquí traen cualquier tipo de neumático de distintas calidades a, b, c. Usted ve un neumático, pero en los controles de calidad

ella califico como c, entonces, que es lo que hacen los proveedores, te la revuelven, vos puedes poner una llanta nuevecita y de repente, se te estallo. Nosotros estamos desprotegidos, no hay control de calidad, en el mercado, un neumático tienen un precio cercano a los 8,500 córdobas, una llanta nuevecita, y de repente te sale alguien y te dice, en tal lado, la están vendiendo en a 6,000 córdobas, vos te vas ahí, te venden una llanta c, sin darte cuenta. Salís del problema momentáneamente, o no sabes que va a pasar, como te puede rendir todo el tiempo necesario, también puede estallar el mismo día que la compraste, esa incertidumbre, esa inseguridad, te la crea la falta de control de calidad, nos trae serios problema y no solo a nosotros en los buses sino en todos los vehículos en general.

En otros países, a los neumáticos los examinan con rayos x y se detectan las fallas de fábrica, entonces te dicen el alambrado viene al 100% correcto, el alambrado viene a 80%, el alambrado viene al 70% fallado. Ahora, las fábricas de neumáticos, hacen como en las zonas francas, los productos fallados los venden a menores precios con calidades inferiores a la normal, por lotes a precios de remate y luego el importador, se la vende al usuario como de calidad A. Ese es el problema con los neumáticos, es más seguro comprar en almacenes de prestigio, neumáticos de marcas de prestigio. Comprar los neumáticos nuevos, sube los costos de operación de los buses, ese problema atraviesan las cooperativas de transporte urbano, los costos de operación ya no cubren el funcionamiento de los autobuses, para hacer un ciclo de reposición de llantas, es decir cambiar los seis neumáticos a los 6 meses y medio, si tengo dos neumáticos dañados o desgastados, estos no califican para el reencauche, porque en el reencauche lo que hacen es cortar toda la capa y ponerle otra, entonces a la hora que la pasan le cortan todo eso y no califica porque el hueco, se hace más grande a la hora que caliente el reencauche, entonces me la desechan y tendría que buscar dos reencauchados, o cuatro neumáticos reencauchados, es un tema bien difícil de resolver.

**¿Es su obligación darles el tratamiento adecuado a los NFU, para evitar afectaciones ambientales y a la salud producida por estos?**

Los neumáticos de desechos, nosotros los entregamos en las vulcanizadoras o en los almacenes donde compramos las llantas nuevas. No estamos obligados a darle tratamiento, eso debería encargarse a la Alcaldía de Managua, que cobra impuestos en concepto de “basura”, es decir por limpiar la ciudad.

**¿Qué tipo de tratamiento le dan a los Neumáticos fuera de uso?**

Ninguno, los entregamos en las vulcanizadoras o a los almacenes en los que compramos los neumáticos nuevos.

**¿Qué tipo de uso o destino le dan a estos neumáticos usados?**

A las vulcanizadoras llegan personas a traerlos. Por lo general, se llevan los neumáticos, los panaderos, para calentar el horno, hay lugares donde las ocupan, en el invierno para hacer muros de contención, los ocupan en los parques y muchas veces se los tiran a los basureros.

**¿Cuál es la disposición final que le dan a los NFU?**

Yo sugiero, que la Alcaldía, debería organizar esta gestión de neumáticos viejos, que ya no se usan, se deben coordinar con las vulcanizadoras, ya que es ahí donde se dejan los neumáticos, y obligarlos a que no se los entreguen a nadie, más que a la Alcaldía y que esta disponga que hacer con los neumáticos para evitar la contaminación que estos podrían provocar. La Alcaldía debe tener una unidad especial para recoger neumáticos, baterías, desechos de concretos, y así para otros desechos, pero todo el mundo se lava las manos, el MARENA, no hace nada, ni el MINSA, entonces, ¿Quién es el responsable de su gestión?

**2.- Entrevista a la Lic. William Silva Velásquez, funcionario de la Cooperativa de Transporte Urbano Colectivo 21 de Enero.**

**¿Qué tipo de vehículo, tiene en su flota?**

Somos una Cooperativa de Transporte Urbano Colectivo, y nuestras unidades son buses de 60 o más pasajeros.

**¿Cuántos vehículos tiene su flota vehicular?**

64 Unidades y 64 cooperados.

**¿Cuál es la forma de reemplazo, nueva, usada o como obtienen las llantas?**

En la actualidad generalmente estamos comprando dos nuevas para adelante verdad y atrás le ponemos usadas estamos trabajando así con esa metodología.

**¿Cada cuánto están haciendo sus reemplazos?**

Más o menos ahorita se está usando una llanta china, esa tiene una duración de más o menos de 7 meses, pero esa china nosotros le echábamos decimos nosotros al morir, pero ahora no, ahora estamos usando una nueva metodología de reencauchar porque ella aguanta un reencauche esa llantita china tiene 16 capas, por eso nosotros la echábamos a matar, ahora no ahora la estamos, los muchachos aquí, los socios están yendo a RELLANICSA a reencauchar y cuando hablamos de una llanta pero nosotros usábamos Firestone, Bridgeston, lógicamente ahí si una llanta que dura más de un año, y dos reencauche buenos, que le saca uno, estamos viendo la posibilidad de importar un Contenedor de llantas nuevas Firestone y Bridgeston, pero todavía no lo hemos madurado, vamos a ver.

**¿Hacen uso del Reencauche para sus Neumáticos?**

Bueno la llanta que ya termino su vida útil, en ocasiones las reencauchamos cuando ella tienen ya no acepta reencaucho todo eso pues ya se desechan se botan, aquí vienen gente a traer llantas viejas cuando ya y entonces se desechan no tenemos más utilidad no las ocupamos para nada ya

**¿Qué tipo de tratamiento le dan a los Neumáticos fuera de uso?**

Nosotros aquí por eso antes algunos quemaban llantas, nosotros sabemos que eso es pésimo para el medio ambiente, entonces por eso se decidió de botarla mejor dicho, porque si la quemamos donde la quememos vamos a contaminar, entonces mejor botarlas en un basurero, pero que es lo que sucede, aquí vienen como a limpiarnos mejor dicho, algunas veces los que vienen pues,

**¿Qué tipo de uso o destino le dan a estos neumáticos usados?**

Generalmente esas llantas que desechamos, quedan en las terminales, quedan en las vulcanizadoras, ahí quedan, pero donde hacemos el cambio ahí quedan, aquí en la cooperativa son pocas, son poquísimas las que se desechan y quedan aquí casi no porque aquí tenemos visitas de la alcaldía del medio ambiente y nosotros debemos estar preparado con eso pues para no y ser cuidadoso con eso

¿Cuál es la disposición final que le dan a los NFU?

**¿Esa gente que viene a traer esa llantas para que la quieren?** No sé el destino, algunos las vienen a traer para ponerlas en los parques, la entierran la mitad, y ahí no sé, algunos, otros no sé para qué. Lo querrán. Quién sabe dónde la tendrán ellos, no sabes el destino que le dan ellos, andan unos carretones acarreando, no se sabe paraqué.

## **Anexo 8**

**Entrevista a funcionarios de Instituciones de los gobiernos centrales y locales, generadores de NFU.**

## **1.- Entrevista a la Ing. Luvina Cantarero, Funcionaria del FOMAV.**

### **¿Cuál es la actividad de su institución?**

El Fondo de Mantenimiento Vial (FOMAV), fue creado en el año 2000, mediante la ley No.355, es un ente autónomo del estado nicaragüense, con independencia técnica y administrativa, para garantizar la conservación de la red vial a nivel nacional. Inició sus operaciones con recursos externos, provenientes de convenios de créditos otorgados por el banco interamericano de desarrollo y banco mundial al gobierno de Nicaragua.

El recurso financiero que respalda la gestión del FOMAV, en materia de mantenimiento vial; proviene del tributo especial IE-FOMAV, de 16 centavos de dólar por galón de diésel y gasolina, aplicable a la venta realizada por las distribuidoras e importadoras a las estaciones de servicio al público o de uso particular.

De conformidad a la ley No.572, el FOMAV transfiere el 20% de su recaudación anual a las municipalidades.

El FOMAV, en cumplimiento a su ley creadora, garantiza la conservación de la red vial a nivel nacional, la cual se establece mediante convenios anuales suscritos con el ministerio de transporte e infraestructura (MTI).

La atención del FOMAV, está orientada a la red vial nacional, en todos los tipos de superficie: asfaltada, adoquinada, concreto hidráulico y no pavimentada, en los diversos tipos de mantenimiento, siendo estos los siguientes: Mantenimiento rutinario y Mantenimiento Periódico.

### **¿Cuál es el tamaño es su flota vehicular?**

Aquí tenemos una flota vehicular de no más de 12 a 13 vehículos livianos.

### **¿Qué tipo de vehículos tienen en su flota vehicular?**

Todos son vehículos livianos

### **¿Cuál es la cantidad de neumáticos que tiene cada vehículo?**

Cinco neumáticos en total. Cuatro neumáticos en los ejes y uno de repuestos.

### **¿Cada cuánto tiempo cambian sus neumáticos?**

No podría decirles exactamente cuándo, pero con bastante frecuencia, lo que pasa es que nosotros andamos en caminos malos, las cambiamos, cuando ya se ha gastado el grabado, entonces el dibujo tiene una profundidad menor que la recomendada por los fabricantes y en ese

momento el uso del neumático ya no es seguro, pierde tracción y en el momento de frenar lo hace con menor efectividad, no se puede andar con neumáticos muy lisos.

**¿Qué tipo de tratamiento le dan a sus NFU?**

Nuestra Ley Creadora, nos dice, que nosotros no tenemos empresas, que tenemos que tratar con empresas privadas, entonces contratamos empresas privadas y esas si son generadoras de desechos por la cantidad de vehículos, los que tienen,

En otros países hay un tipo de revestimiento asfáltico que se usa para para carreteras y que obtienen de los neumáticos por tratamiento térmico o lo agregan como aditivos al asfalto para mejorar sus propiedades tecnológicas, pero aquí en el país no se está haciendo ese proceso.

He visto también, que por el Kilómetro 21, en la vuelta que viene para Managua, hay una curva, y ahí está un gran muro de contención de puro neumáticos, yo creo que lo hizo la población, lo que sucede que ahí cuando llueve se forman grandes corrientes, porque existe algún obstáculo que hace que el agua se desvíe, esto ocurre con frecuencia y cuando las lluvias son fuertes, rápido ocurre que la lluvia corte la carretera, entonces la población trata de resolver con este muro. Nosotros, no tenemos el equipo, todo lo tenemos que hacer a través de un proceso de licitación, y un proceso de licitación tarda, hasta tres meses, no podemos actuar, como puede actuar el MTI, que tiene una empresa adscrita como es la CODEP, que es otra empresa, donde tal vez les pudieran dar la información a usted, es una empresa que administra muchos equipos de construcción, tienen en varios departamentos y generan muchos neumáticos de desecho, yo no podría decir más con relación a la gestión de los neumáticos de desecho, para nuestra institución.

**¿Cuál es el destino final de los NFU, que ustedes generan?**

Los neumáticos usados, se los regalamos a la Cruz Roja de Jinotepe, siempre y cuando lo soliciten, porque tenemos que tener el soporte, y demostrar que alguien que las necesita, como esta Benemérita Institución, que es sin fines de lucro y las necesita para cubrir un servicio que presta a la sociedad. Luego se le pide al Consejo Directivo su autorización, que es quien aprueba o no la donación, ya que por el contrario, estaríamos haciendo algo que no está contemplado en el reglamento en el manual de procedimiento de los bienes del estado

Se las entregamos a la Cruz Roja de Jinotepe, además porque nuestra flota vehicular tiene neumáticos que son del mismo número, que los que usan las ambulancias de la Cruz Roja.



Nosotros, fácilmente no podemos hacer un cambio de neumáticos, tampoco podemos tirarlas o regalarla no podemos, tenemos que hacer un descargo de estos bienes, en la Dirección de Bienes del Estado, aun que eso sea un residuo contaminante, debe haber un registro de como ingreso y cuáles fueron las causas de su baja, así podemos entregárselas a la Cruz Roja de Jinotepe, que necesitan estos neumáticos y ellos los siguen usando, hasta que se acabe su vida útil.

¿El FOMAV, ha realizado algún estudio relacionado con el uso y duración de los neumáticos de los vehículos, según el tipo de carretera?

Realizamos un estudio, que tiene que ver más bien con la presión de los neumáticos, porque si un vehículo no va con la presión especificada para ese tipo de neumáticos, la estructura del pavimento se deforma por aplastamiento, prácticamente fluye el asfalto, ya que el área de contacto es superior y todavía va con un sobre peso, surge un esfuerzo cortante sobre el pavimento, va rompiendo la estructura, la masa de pavimento, se desplaza en otras proporciones y con otros materiales no son tan elásticos, se tiene ese efecto negativo que incide en la vida útil del pavimento y entonces requerirá con mayor frecuencia de mantenimiento hasta que se destruya totalmente. Los estudios que aquí se han hecho, es para determinar qué tan sobrecargado viajan los vehículos sobre el pavimento, pero que alguna institución, establezca como su obligación que controlara, que estos vehículos estén con la presión de aire en sus neumáticos adecuadamente como lo manda la norma o que manda la especificación de ese vehículo, no existe.

## **Anexo 9**

### **Procedimientos de identificación y evaluación de los impactos ambientales.**

### Matriz de Leopold.

Las matrices pueden ser consideradas como listas de control bidimensionales; en una dimensión se muestran las características individuales de un proyecto (actividades, propuestas, elementos de impacto, etc.), mientras que en otra dimensión se identifican las categorías ambientales que pueden ser afectadas por el proyecto.

La matriz fue diseñada para la evaluación de impactos asociados con casi cualquier tipo de proyecto de construcción. Su utilidad principal es como lista de chequeo que incorpora información cualitativa sobre relaciones causa y efecto, pero también es de gran utilidad para la presentación ordenada de los resultados de la evaluación.

A continuación, en la Tabla 1, se presenta una variante de la Matriz de Leopold que ha sido modificada para identificar las interacciones Causas/Efectos de las afectaciones e impactos ambientales y su valoración.

**Tabla 1.- Matriz de Leopold Modificada.**

Factores Ambientales y Socioeconómicos			Actividades de las distintas etapas del proyecto o de la actividad económica.			Criterios para la valoración de las afectaciones y/o impactos ambientales							
	Componentes	Elementos	A	B	C								
			Afectaciones e impactos ambientales.			Naturaleza	Extensión	Intensidad	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Ponderación	Importancia
<u>Medio abiótico</u>	Climatología	Calidad del aire											
	Hidrografía	Aguas superficiales											
		Aguas subterráneas											
	Geología y Geomorfología	Geografía local											
		Topografía											
	Paisaje	Suelo											
<u>Medio biótico</u>	Flora												
	Fauna												
	Equilibrio ecológico												
<u>Medio antrópico</u>	Económicos	Economía											
	Sociales	Infraestructura de servicios básicos											
		Salud y Seguridad											
	Culturales												

De esta manera los efectos o impactos potenciales son individualizados confrontando las dos listas de control. Las diferencias entre los diversos tipos de matrices deben considerar la variedad, número y especificidad de las listas de control, así como el sistema de evaluación del impacto individualizado. Con respecto a la evaluación, ésta varía desde una simple individualización del impacto (marcada con una suerte de señal, una cruz, guion, asterisco, etc.) hasta una evaluación cualitativa (bueno, moderado, suficiente, razonable) o una evaluación numérica, la cual puede ser relativa o absoluta; en general una evaluación analiza el resultado del impacto (positivo o negativo).

Frecuentemente, se critica la evaluación numérica porque aparentemente introduce un criterio de juicio objetivo, que en realidad es imposible de alcanzar. Entre los ejemplos más conocidos de matrices está la matriz de Leopoldo (1971).

### **Criterios para la valoración de las afectaciones y/o impactos ambientales**

Los efectos identificados deben evaluarse por separado, mediante el uso de matrices, diagramas de redes o encadenamiento de efectos ambientales, entre otros.

Después que se han determinado las afectaciones y/o impactos ambientales, se procede a la predicción pronóstico o estimación de la magnitud, naturaleza, intensidad, reversibilidad, persistencia, momento, extensión e importancia de los impactos utilizando los conocimientos y datos obtenidos

Para el análisis se emplearán siete criterios de valoración, donde las escalas que se proponen para su ponderación se definen en dependencia de la significancia que ellos merezcan

A continuación se presentan los criterios de valoración o medida que se utilizaron en el estudio:

1. **Naturaleza (N):** este impacto se valora en términos cualitativos y se le califica en función del bienestar o perjuicio a la comunidad y al medio ambiente, y se clasifica a continuación:

- Beneficioso: (+)
- Perjudicial: (-)

2. **Intensidad (I):** es la profundidad de los cambios que se producen en los factores ambientales y se considera:

- Baja = 1
- Media = 2

- Alta = 3
- Muy alta = 4

3. **Extensión (E):** Es el área de influencia que cubre el efecto del impacto y se le califica como:

- Puntual = 1
- Parcial = 2
- Total = 3
- Crítico = 4

4. **Momento (M):** Es el tiempo en el cual el impacto se manifiesta y puede ser:

- A largo plazo = 1
- Mediano plazo = 2
- Inmediato = 3
- Crítico = 4

5. **Persistencia (P):** Es la duración en función del tiempo del impacto, este puede ser:

- Fugaz = 1
- Temporal = 2
- Pertinaz = 3
- Permanente = 4

6. **Reversibilidad (Rv):** Es el plazo de tiempo o posibilidad en el que se recuperan los efectos de los impactos:

- A corto plazo = 1
- A mediano plazo = 2
- A largo plazo = 3
- Irreversible o irrecuperable = 4

7. **Importancia (Ip):** Es la valoración integral cualitativa sobre la base de los resultados cuantitativos de la ponderación de los impactos ambientales, y se expresa de la siguiente manera:

- Fuertes (F): mayores a 30
- Moderados (M): de 25 a 29
- Leves (L): menor a 24

### **Ponderación**

Por la ponderación de los impactos se consideró que los factores de extensión y de intensidad son los principales, ya que por una parte, la extensión representa el área de influencia del impacto, y por otra la intensidad muestra la profundidad de los cambios que se producen en los factores ambientales, por lo que se propone su multiplicación, y para los criterios de momento, resistencia y reversibilidad se ha preferido sumarlos al producto anterior por su mejor significancia.

Así el valor final de los impactos se obtiene por la siguiente expresión:

$$P = [(2 * E + 3 * I) + M + P + R] * [\pm 1]$$

Los criterios de naturaleza se presentan por signos, ya que se estima que son datos de gran utilidad en la aplicación de medidas y planes de manejo ambiental, pero no presentan una magnitud cuantificable.

## **Anexo 10**

**Generación anual de neumáticos fuera de uso, en el periodo 2010-2015.**

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO Y VALORIZACIÓN MATERIAL Y ENERGÉTICA DEL RESIDUO NEUMÁTICO FUERA DE USO EN EL MUNICIPIO DE MANAGUA, NICARAGUA.

**Tabla 1.- Generación del residuo “neumático fuera de uso” en el año 2010, en el Municipio de Managua.**

2010	Vehículo	Coefficiente de generación	No de neumaticos por Vehículo	No de NFUs por Vehículo	Numero de Vehículos	Numero de neumaticos	No de Neumaticos Ajuste x Reencauche	Peso Prom. neumatico	% de desgaste	Peso Prom. NFUs	Peso Total anual de NFUs,		Porcentaje
			Unidad	NFUs/Vehículo/año	Unidad	Unidad	neumatico/año	Kg		Kg	Kg/año	Ton/año	%
1	Carro	0.93	7	6.53	73228	478423	454502	9	25	6.75	3067887.06	3067.89	19
2	Utilitario	1.28	5	6.40	76660	490624	466093	12	25	9.00	4194835.20	4194.84	26
3	Microbús	2.80	5	14.00	4448	62272	59158	14	25	10.50	621163.20	621.16	4
4	Autobús	2.80	7	19.60	2972	58251	55339	20	25	15.00	830079.60	830.08	5
5	Camión Mediano	1.40	7	9.80	14098	138160	131252	25	20	20.00	2625047.60	2625.05	16
6	Camión Pesado	1.40	10	14.00	4105	57470	54597	35	20	28.00	1528702.00	1528.70	10
7	Camión Articulado	1.75	18	31.42	3258	102360	97242	40	20	32.00	3111757.27	3111.76	19
	<b>Totales</b>				<b>178769</b>	<b>1387561</b>	<b>1318183</b>				<b>15979471.93</b>	<b>15979.47</b>	<b>100</b>

**Tabla 2.- Generación del residuo “neumático fuera de uso” en el año 2011, en el Municipio de Managua.**

2011	Vehículo	Coefficiente de generación	No de neumaticos por Vehículo	No de NFUs por Vehículo	Numero de Vehículos	Numero de neumaticos	No de Neumaticos Ajuste x Reencauche	Peso Prom. neumatico	% de desgaste	Peso Prom. NFUs	Peso Total anual de NFUs,		Porcentaje
			Unidad	NFUs/Vehículo/año	Unidad	Unidad	neumatico/año	Kg		Kg	Kg/año	Ton/año	%
1	Carro	0.93	7	6.53	75908	495932	471136	9	25	6.75	3180165.66	3180.17	19
2	Utilitario	1.28	5	6.40	79892	511309	485743	12	25	9.00	4371690.24	4371.69	27
3	Microbús	2.80	5	14.00	4805	67270	63907	14	25	10.50	671018.25	671.02	4
4	Autobús	2.80	7	19.60	3061	59996	56996	20	25	15.00	854937.30	854.94	5
5	Camión Mediano	1.40	7	9.80	14689	143952	136755	25	20	20.00	2735091.80	2735.09	17
6	Camión Pesado	1.40	10	14.00	4192	58688	55754	35	20	28.00	1561100.80	1561.10	9
7	Camión Articulado	1.75	18	31.42	3229	101449	96377	40	20	32.00	3084059.00	3084.06	19
	<b>Totales</b>				<b>185776</b>	<b>1438596</b>	<b>1366666</b>				<b>16458063.05</b>	<b>16458.06</b>	<b>100</b>



SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO Y VALORIZACIÓN MATERIAL Y ENERGÉTICA DEL RESIDUO NEUMÁTICO FUERA DE USO EN EL MUNICIPIO DE MANAGUA, NICARAGUA.

**Tabla 3- Generación del residuo “neumático fuera de uso” en el año 2012, en el Municipio de Managua.**

2012	Vehículo	Coeficiente de generación	No de neumaticos por Vehículo	No de NFUs por Vehículo	Numero de Vehículos	Numero de neumaticos	No de Neumaticos Ajuste x Reencauche	Peso Prom. neumatico	% de desgaste	Peso Prom. NFUs	Peso Total anual de NFUs,		Porcentaje
			Unidad	NFUs/Vehículo/año	Unidad	Unidad	neumatico/año	Kg	Kg	Kg/año	Ton/año	%	
1	Carro	0.93	7	6.53	79524	519557	493579	9	25	6.75	3331657.98	3331.66	19
2	Utilitario	1.28	5	6.40	83032	531405	504835	12	25	9.00	4543511.04	4543.51	26
3	Microbús	2.80	5	14.00	5081	71134	67577	14	25	10.50	709561.65	709.56	4
4	Autobús	2.80	7	19.60	3149	61720	58634	20	25	15.00	879515.70	879.52	5
5	Camión Mediano	1.40	7	9.80	15557	152459	144836	25	20	20.00	2896713.40	2896.71	17
6	Camión Pesado	1.40	10	14.00	4372	61208	58148	35	20	28.00	1628132.80	1628.13	9
7	Camión Articulado	1.75	18	31.42	3416	107325	101958	40	20	32.00	3262665.08	3262.67	19
	<b>Totales</b>				<b>194131</b>	<b>1504807</b>	<b>1429567</b>				<b>17251757.65</b>	<b>17251.76</b>	<b>100</b>

**Tabla 4.- Generación del residuo “neumático fuera de uso” en el año 2013, en el Municipio de Managua.**

2013	Vehículo	Coeficiente de generación	No de neumaticos por Vehículo	No de NFUs por Vehículo	Numero de Vehículos	Numero de neumaticos	No de Neumaticos Ajuste x Reencauche	Peso Prom. neumatico	% de desgaste	Peso Prom. NFUs	Peso Total anual de NFUs,		Porcentaje
			Unidad	NFUs/Vehículo/año	Unidad	Unidad	neumatico/año	Kg	Kg	Kg/año	Ton/año	%	
1	Carro	0.93	7	6.53	86493	565088	536833	9	25	6.75	3623624.24	3623.62	20
2	Utilitario	1.28	5	6.40	84271	539334	512368	12	25	9.00	4611309.12	4611.31	26
3	Microbús	2.80	5	14.00	5868	82152	78044	14	25	10.50	819466.20	819.47	5
4	Autobús	2.80	7	19.60	4487	87945	83548	20	25	15.00	1253219.10	1253.22	7
5	Camión Mediano	1.40	7	9.80	15678	153644	145962	25	20	20.00	2919243.60	2919.24	16
6	Camión Pesado	1.40	10	14.00	4513	63182	60023	35	20	28.00	1680641.20	1680.64	9
7	Camión Articulado	1.75	18	31.42	3134	98465	93541	40	20	32.00	2993323.29	2993.32	17
	<b>Totales</b>				<b>204444</b>	<b>1589810</b>	<b>1510320</b>				<b>17900826.74</b>	<b>17900.83</b>	<b>100</b>

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO Y VALORIZACIÓN MATERIAL Y ENERGÉTICA DEL RESIDUO NEUMÁTICO FUERA DE USO EN EL MUNICIPIO DE MANAGUA, NICARAGUA.

**Tabla 5.- Generación del residuo “neumático fuera de uso” en el año 2014, en el Municipio de Managua.**

2014	Vehículo	Coeficiente de generación	No de neumaticos por	No de NFUs por	Numero de Vehículos	Numero de neumaticos	No de Neumaticos Ajuste x	Peso Prom. neumatico	% de desgaste	Peso Prom. NFUs	Peso Total anual de NFUs,		Porcentaje
			Vehículo	Vehículo			Reencauche						
			Unidad	NFUs/Vehículo/año	Unidad	Unidad	neumatico/año	Kg		Kg	Kg/año	Ton/año	%
1	Carro	0.93	7	6.53	90749	592893	563249	9	25	6.75	3801929.36	3801.93	20
2	Utilitario	1.28	5	6.40	90121	576774	547936	12	25	9.00	4931421.12	4931.42	26
3	Microbús	2.80	5	14.00	6348	88872	84428	14	25	10.50	886498.20	886.50	5
4	Autobús	2.80	7	19.60	4446	87142	82785	20	25	15.00	1241767.80	1241.77	6
5	Camión Mediano	1.40	7	9.80	17522	171716	163130	25	20	20.00	3262596.40	3262.60	17
6	Camión Pesado	1.40	10	14.00	5123	71722	68136	35	20	28.00	1907805.20	1907.81	10
7	Camión Articulado	1.75	18	31.42	3452	108456	103033	40	20	32.00	3297049.13	3297.05	17
	<b>Totales</b>				<b>217761</b>	<b>1697575</b>	<b>1612696</b>				<b>19329067.21</b>	<b>19329.07</b>	<b>100</b>

**Tabla 6.- Generación del residuo “neumático fuera de uso” en el año 2015, en el Municipio de Managua.**

2015	Vehículo	Coeficiente de generación	No de neumaticos por	No de NFUs por	Numero de Vehículos	Numero de neumaticos	No de Neumaticos Ajuste x	Peso Prom. neumatico	% de desgaste	Peso Prom. NFUs	Peso Total anual de NFUs,		Porcentaje
			Vehículo	Vehículo			Reencauche						
			Unidad	NFUs/Vehículo/año	Unidad	Unidad	neumatico/año	Kg		Kg	Kg/año	Ton/año	%
1	Carro	0.93	7	6.53	92606	605026	574775	9	25	6.75	3879728.37	3879.73	20
2	Utilitario	1.28	5	6.40	89590	573376	544707	12	25	9.00	4902364.80	4902.36	26
3	Microbús	2.80	5	14.00	6306	88284	83870	14	25	10.50	880632.90	880.63	5
4	Autobús	2.80	7	19.60	4421	86652	82319	20	25	15.00	1234785.30	1234.79	6
5	Camión Mediano	1.40	7	9.80	17054	167129	158773	25	20	20.00	3175454.80	3175.45	17
6	Camión Pesado	1.40	10	14.00	4967	69538	66061	35	20	28.00	1849710.80	1849.71	10
7	Camión Articulado	1.75	18	31.42	3367	105785	100496	40	20	32.00	3215864.55	3215.86	17
	<b>Totales</b>				<b>218311</b>	<b>1695790</b>	<b>1611000</b>				<b>19138541.52</b>	<b>19138.54</b>	<b>100</b>

## **Anexo 11**

### **Ventajas y desventajas de las aplicaciones del residuo “Neumático fuera de uso”.**

**SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO Y VALORIZACIÓN MATERIAL Y ENERGÉTICA DEL RESIDUO NEUMÁTICO FUERA DE USO EN EL MUNICIPIO DE MANAGUA, NICARAGUA.**

<b>Aplicación/producto</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Ingeniería de vertederos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material de relleno liviano y de baja densidad</li> <li>• Buena capacidad de carga</li> <li>• Menor costo de comparación con la grava</li> <li>• No requiere personal cualificado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibilidad de lixiviación de metales e hidrocarbonados.</li> <li>• Los cables del talón pueden ser peligrosos para la salud y la seguridad.</li> <li>• Potencial de combustión no controlada si la instalación no se maneja correctamente.</li> <li>• Los cables de acero del neumático pueden perforar el revestimiento.</li> <li>• Compresibilidad del neumático.</li> </ul>
Relleno liviano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso unitario reducido en comparación con otras alternativas.</li> <li>• Flexible, buena capacidad de carga.</li> <li>• Buen drenaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los cables del talón pueden ser peligrosos para la salud y la seguridad.</li> <li>• Posibilidad de lixiviación de metales e hidrocarbonados.</li> <li>• Deformación bajo cargas verticales.</li> <li>• Dificultad de compactación si no se los mezcla con tierra</li> </ul>
Control de la erosión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja densidad que permite la libre flotación de estructuras para que actúen como barreras de las olas.</li> <li>• Las balas de neumáticos son livianas y fáciles de manipular.</li> <li>• durabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• los neumáticos deben estar firmemente anclados para impedir la movilidad en casos de inundación.</li> <li>• Los neumáticos pueden atrapar residuos, se necesita mantenimiento.</li> <li>• Los neumáticos son Livianos y necesitan anclaje cuando se utilizan para el control de la erosión.</li> <li>• Las anclas podrían moverse después de un tiempo debido a la acción de las olas, lo que torna inseguras las estructuras de neumáticos.</li> <li>• La acción del agua y la flotabilidad de los neumáticos dificultan la colocación de una protección permanente bajo el agua.</li> <li>• El material de sujeción de las balas pueden ser perjudicial para el medio ambiente.</li> </ul>
Arrecifes artificiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con el paso del tiempo, los neumáticos pueden lixiviar contaminantes químicos, como hidrocarburos aromáticos policíclicos o metales pesados, incrementando así la contaminación del medio ambiente circulante.</li> <li>• Costos de reparación elevados en caso de fallas del proyecto.</li> <li>• Inestabilidad inherente de los neumáticos en agua de mar.</li> <li>• Dificultad para la fijación de comunidades epifíticas.</li> </ul>
Aislamiento térmico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja conductividad térmica</li> <li>• No requiere remoción de las partes de acero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compresible</li> <li>• Producto relativamente nuevo, los productores deberán convencer a la industria de la construcción de que es apto.</li> </ul>

**SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO Y VALORIZACIÓN MATERIAL Y ENERGÉTICA DEL RESIDUO NEUMÁTICO FUERA DE USO EN EL MUNICIPIO DE MANAGUA, NICARAGUA.**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo general menor que el de los materiales tradicionales.</li> <li>• No es de gran densidad de mano de obra</li> </ul>	
Barrera acuática	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Livianos, por lo que pueden utilizarse en zonas geológicas débiles en que los materiales tradicionales son excesivamente pesados.</li> <li>• Drenaje libre y durable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere vigilancia para evitar que se acumulen residuos</li> <li>• Impacto visual</li> </ul>
Asfalto modificado con caucho	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor durabilidad</li> <li>• Resistencia de la superficie.</li> <li>• Menor mantenimiento</li> <li>• Mayor resistencia a la deformación y el agrietamiento.</li> <li>• Mayor resistencia al agrietamiento a temperaturas más bajas.</li> <li>• Ayuda a reducir el ruido en las carreteras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo unitario aproximadamente un 50% mayor que el asfalto tradicional.</li> <li>• Muy sensible a cambios de las condiciones durante la mezcla, es decir, requiere conocimientos especializados.</li> <li>• Difícil de aplicar en clima húmedo.</li> <li>• No puede aplicarse si las temperaturas ambiente y de la superficie son inferiores a 13°C.</li> <li>• Posibles problemas de salud ocupacional debido a las emisiones.</li> <li>• No puede reprocesarse como el asfalto tradicional por razones ambientales y de salud pública.</li> </ul>
Hormigón modificado con caucho	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor módulo de elasticidad, lo que reduce las fallas por fractura.</li> <li>• Mayor absorción de energía, lo que lo torna apto para su uso, entre otras cosas, en barreras contra colisiones.</li> <li>• Apto para estructuras que deben soportar poco peso.</li> <li>• Puede reprocesarse moliéndolo y mezclándolo nuevamente con cemento.</li> <li>• No requiere mano de obra especializada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producto relativamente nuevo, los productores deberán convencer a la industria de la construcción de que es apto.</li> </ul>
Durmientes para trenes y tranvías	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor vida útil en comparación con la madera (20 años para los durmientes de caucho y de 3 a 4 años para la madera o el asfalto).</li> <li>• Ambientalmente seguro</li> <li>• Mejor alineación con la carretera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Más caro que el material tradicional.</li> <li>• Producto relativamente nuevo, los productores deberán convencer a la industria de la construcción de que es apto.</li> </ul>
Superficies exteriores para uso deportivo (hipismo, hockey y fútbol)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antideslizante</li> <li>• Elevada resistencia a los impactos</li> <li>• Durable</li> <li>• Muy resistente</li> <li>• Fácil de mantener</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Más caro que las alternativas convencionales.</li> <li>• Mercado de corto plazo pequeño debido a la durabilidad del producto</li> </ul>

**SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO Y VALORIZACIÓN MATERIAL Y ENERGÉTICA DEL RESIDUO NEUMÁTICO FUERA DE USO EN EL MUNICIPIO DE MANAGUA, NICARAGUA.**

Superficies de patios de recreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lisas y de grosor confortante.</li> <li>• Elevada resistencia a los impactos.</li> <li>• Durable</li> <li>• No se quiebra fácilmente</li> <li>• Disponible en varios colores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Más caras que las alternativas convencionales</li> </ul>
Pisos interiores de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antideslizante</li> <li>• Elevada resistencia a los impactos</li> <li>• Durable</li> <li>• Disponible en varios colores</li> <li>• Fácil de mantener</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Más caros que las alternativas convencionales</li> <li>• Colores limitados</li> </ul>
Revestimientos de contenedores marítimos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso posible con otros productos de embalaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Más caros que las alternativas convencionales</li> </ul>
Cintas transportadoras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso posible como cinta transportadoras en cajas de supermercados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Más caros que las alternativas convencionales</li> <li>• No puede usarse si la cinta debe soportar grandes tensiones, pues puede sufrir fallas</li> </ul>
Calzado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistente al agua</li> <li>• Larga vida útil</li> <li>• Puede cambiarse el uso del calzado si se cambia el grosor de la suela</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su fabricación podría ser más cara que la del producto convencional.</li> </ul>
Material de base para alfombras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil de usar</li> <li>• Reciclable</li> <li>• Economiza recursos naturales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su fabricación podría ser más cara que la del producto convencional</li> </ul>
Tejas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se asemejan a las tejas tradicionales</li> <li>• Durables (garantía de 40 a 50 años en los Estados Unidos y Canadá)</li> <li>• Más livianas</li> <li>• Más baratas en el largo plazo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los costos de producción son más elevados que los de las tejas convencionales.</li> </ul>
Pisos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistentes</li> <li>• Antideslizantes</li> <li>• De alto impacto</li> <li>• Fácil de mantener</li> <li>• Reciclables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los costos de producción son más elevados que los de los pisos convencionales</li> </ul>
Carbón activado (negro de humo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conserva el material virgen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso muy caro, pues requiere pirolisis</li> <li>• Consumo energético muy elevado</li> <li>• Carbón activado de bajo grado</li> <li>• Aun en etapa de investigación.</li> </ul>

**SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO Y VALORIZACIÓN MATERIAL Y ENERGÉTICA DEL RESIDUO NEUMÁTICO FUERA DE USO EN EL MUNICIPIO DE MANAGUA, NICARAGUA.**

Colchones para ganado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vida útil prolongada</li> <li>• Fácil de desinfectar</li> <li>• Reutilizables</li> <li>• A largo plazo son más baratos que las alternativas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su fabricación podría ser más cara que la de los colchones convencionales</li> <li>• No se conoce el potencial del mercado</li> </ul>
Elastómeros termoplásticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedad semejantes a los de los elastómeros convencionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su fabricación podría ser más cara que la del producto convencional</li> <li>• Alto consumo energético</li> <li>• Requiere mano de obra especializada</li> </ul>
Coprociamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conserva los recursos naturales</li> <li>• Mayor valor calorífico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recupera solo parte de la energía utilizada para construir un neumático, menor valor agregado.</li> <li>• Requiere equipo de control para limitar las emisiones (metales, NOX, SOx y partículas)</li> <li>• Requiere reducción de tamaño del neumático</li> </ul>
Proceso Petromix-Pirolisis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reutiliza los subproductos de la pirolisis (aceite y gas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad limitada en razón de los problemas operacionales causados por los neumáticos.</li> <li>• El barro producido por el proceso, que contiene metales y otros desechos, representa un problema ambiental, por ahora se lo deposita en minas abandonadas.</li> </ul>

**Fuente : Questor Centre (2005) y Hylands y Shulman (2003)**

**Observaciones importantes**

Todas las aplicaciones que figuran en este Anexo, necesitan materia prima proveniente de neumáticos en la fase posterior al consumo, como astillas, tiras o gránulos. La reducción de tamaño y los procesos de eliminación que se utilizan para estos fines, son de alto consumo energético y producen ruidos, partículas y emisiones gaseosas (óxidos de nitrógeno y de azufre). Deben adoptarse precauciones e instalar el equipo de control apropiado, que debe incluir sistemas de ventilación, extintores de incendio, aparatos de respiración, equipo de primeros auxilios, sistemas de presentación de informes sobre casos de emergencia e instalaciones de almacenamiento de materia prima o productos, todos aprobados, y sistemas de interrupción en casos de emergencia en todos los equipos. La utilización de máscaras, cascos de seguridad, botas con puntera de acero, guantes y protección ocular y auditiva debería ser obligatoria para garantizar la salud y la seguridad de los trabajadores.

## **Anexo 12**

**Aplicaciones y cantidades del residuo NFU, necesarios para determinadas usos específicos.**



**Tabla 1. Cantidad estimada de neumáticos necesarios para determinadas aplicaciones.**

<i>Aplicación</i>	<i>Cantidad (neumáticos de automóviles o de camiones)</i>	<i>Unidad de aplicación</i>	<i>Forma</i>
Terraplenes marítimos	3.000 neumáticos de automóvil	500m x 1,5m de alto	Enteros
Caminos provisionales	3.000 neumáticos de camión	1km de camino	Enteros
Arrecifes artificiales	3.000 neumáticos de camión/ 30.000 neumáticos de automóvil	1km x 1m de alto	Enteros/embalados
Escolleras	4.000 neumáticos	1km x 0,7m de alto	Enteros/embalados
Anclajes de construcción	4 neumáticos de camiones	40 neumáticos por ancla	Enteros/embalados
Paredes de contención	5.000 neumáticos	500m x 2m de alto	Enteros/cortados
Estabilización de pendientes	750 neumáticos	500m x 1m de alto	Enteros/cortados
Barreras acústicas	20.000 neumáticos	1kmx3m de alto	Enteros/cortados
Terraplenes	2.100 neumáticos de automóvil	500m x 1,5m de alto	Enteros/cortados/embalados
Carreteras de tránsito pesado	200.000 neumáticos de automóvil	350m x 10m de ancho	Enteros/cortados/embalados
Cauces de alcantarillas de desagüe	1.200 neumáticos	1km	Enteros/cortados/embalados/en tiras
Relleno	80-100 neumáticos de automóvil	1 metro cúbico	En tiras
Relleno de manguardias	100.000 neumáticos	1m de ancho x 200mm	En tiras (compactadas)
Barreras acústicas	20.000 neumáticos	1 km x 3m de alto	En tiras

*Nota:* El número de neumáticos utilizados dependerá de las especificaciones del proyecto.

*Fuente:* Hylands y Shulman, 2003.

## **Anexo 13**

**Experiencia de plantas que han utilizado llantas como combustible.**

Hay varios tipos de horno de cemento que utilizan distintas tecnologías y la experiencia con un tipo de horno no es un indicador fiable del desempeño de un horno de otro tipo. Se recomienda que, además de las emisiones que ya se vigilan (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO y partículas – PM<sub>10</sub>), deberían obtenerse más frecuentemente datos complementarios sobre las emisiones de dioxinas, oligoelementos y el perfil de las emisiones de partículas.

Si la vigilancia demuestra que en un ensayo de quema se exceden los límites reglamentarios, debería cesar la quema hasta determinar y corregir la causa de la inestabilidad. La quema regular de llantas sólo debería permitirse si los ensayos de quema indican que el coprocesamiento no producirá nuevos riesgos para el medio ambiente.

En el estudio denominado “*Formation and Release of POPs in the Cement Industry*”<sup>1</sup> realizado por la Fundación para la Investigación Científica e Industrial de Noruega (SINTEF, 2006), con el auspicio del Consejo Empresarial Mundial de Desarrollo Sostenible, se analizaron las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes de la industria del cemento generadas al utilizar distintos desechos como combustible alternativo que incluyen también llantas de desecho y se estableció que para la formación de PCDD y PCDF y su emisión se necesita la presencia simultánea de los factores siguientes:

- a) Superficies para formación de partículas, es decir, lugares que catalizan su formación;
- b) Hidrocarburos y cloruros;
- c) Temperatura apropiada, entre 200° C y 450° C, con un máximo a temperaturas cercanas a los 350° C;
- d) Tiempo de residencia adecuado, probablemente más de dos segundos.

Asimismo, en ese estudio se considera que para evitar la formación y emisión de PCDD y PCDF en los hornos de cemento es indispensable adoptar las medidas siguientes:

- a) Enfriar rápidamente los gases de escape del horno a menos de 200° C en hornos largos tanto húmedos como secos sin precalentador. Los hornos de cemento modernos con precalentador y precalcinator ya traen esta función incorporada;
- b) Limitar o evitar la alimentación del horno con combustibles alternativos si la mezcla de materias primas contiene material orgánico;
- c) No utilizar combustibles alternativos durante el encendido o el apagado del horno;

---

<sup>1</sup> [http://www.wbcsd.org/DocRoot/piF5rKj2ulwpFpYRMI8K/formation\\_release\\_pops\\_second\\_edition.pdf](http://www.wbcsd.org/DocRoot/piF5rKj2ulwpFpYRMI8K/formation_release_pops_second_edition.pdf).

d) Vigilar y estabilizar los parámetros críticos del proceso, es decir, una carga homogénea de materia prima y combustible, una dosis regular y un exceso de oxígeno.

A continuación se enumeran las medidas primarias generales (incluida la optimización del proceso) que son importantes para garantizar niveles de emisión de 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup>:

a) La optimización de proceso de control, incluidos los sistemas computarizados de control automático;

b) El uso de sistemas modernos de carga de combustible;

c) La reducción al mínimo de la energía del combustible mediante el precalentamiento y la precalcificación, en la medida de lo posible.

Sobre la base de los resultados de los estudios arriba mencionados, los hornos de cemento que funcionan en condiciones adecuadas al utilizar llantas fuera de uso como combustible, pueden reducir los riesgos para la salud y el medio ambiente, pero no eliminarlos por completo.

No obstante, esta solución ha sido objeto de debates cada vez más intensos por dos razones fundamentales:

a) La utilización de llantas para generar energía reduce la posibilidad de que se utilicen como producto de mayor valor agregado en otras aplicaciones. Esto debe evaluarse en el contexto de la jerarquía de tratamiento de desechos. Evidentemente, si pueden reutilizarse las llantas o reciclarse el material, estas opciones son preferibles, aunque siempre deben evaluarse por medio de una metodología del ciclo vital, incluidas las alternativas de tratamiento de los desechos y la sustitución de recursos naturales;

b) La preocupación acerca de las posibles emisiones durante el proceso de combustión. Como ya se señaló, los hornos de cemento de tecnología de avanzada pueden, si funcionan en las condiciones adecuadas, reducir los riesgos para la salud y el medio ambiente, pero no eliminarlos por completo.

## **Anexo 14**

### **Recomendaciones para la importación y comercialización de llantas usadas en Nicaragua.**

El Reino Unido tiene legislación sobre la venta y distribución de neumáticos usados, como parte de sus “Normas sobre la seguridad de los neumáticos de vehículos automóviles” de 1994. A continuación se enumeran los requisitos para la venta y distribución de estos neumáticos:

- a) El neumático no podrá tener ningún corte que supere los 25 mm o el 10% de su anchura, medido en cualquier dirección de la parte externa del neumático, ni que su profundidad llegue a la lona o el cable;
- b) El neumático no podrá tener ningún bulto, protuberancia ni rotura externos causados por la separación o falla de su estructura;
- c) El neumático no podrá tener ninguna lona o cable expuestos ni interna ni externamente;
- d) Ninguno de los defectos que se describen *supra* deberá aparecer en el neumático al inflarlo hasta alcanzar la presión más alta para la que ha sido diseñado;
- e) Debe ser claramente visible la base de cualquier ranura que aparece en el dibujo de la banda de rodadura original; y
- f) La profundidad de las ranuras del dibujo de la banda de rodadura original debe ser por lo menos de 2 mm en toda la anchura y la circunferencia externa del neumático.

## **Anexo 15**

### **Productos elaborados a partir de neumáticos fuera de uso.**



**Figura 1.- Pistas ecuestres.**

Los materiales procedentes del neumático, como el chip, granulado o textil, se utilizan de diferentes formas en pistas ecuestres para conseguir las propiedades deseadas en este tipo de suelos, como son la elasticidad, amortiguación y que haya un buen sistema de drenaje para mantener la humedad de la pista en las condiciones óptimas.



**Figura 2.- Sistemas de protección para motoristas.**

Aprovechando las ventajas de absorción de energía que tiene el neumático, se ha desarrollado un sistema de protección para motoristas basado en una estructura metálica que contiene una serie de cilindros móviles fabricados con caucho reciclado procedente del neumático. El sistema funciona absorbiendo la energía del impacto, reconduciendo la trayectoria del accidentado a lo largo del arcén, evitando así el retorno a la calzada y un posible alcance por el vehículo posterior.





**Figura 3.- Reductores de altura de olas.**

Combinando diversas disposiciones de varios neumáticos sobre una estructura, se construyen unos sencillos sistemas que consiguen reducir la altura de las olas en aguas interiores (de puertos por ejemplo) u otras ubicaciones marítimas de condiciones moderadas.



**Figura 4.- Barreras New Jersey.**

Dentro del proyecto New Jersey, financiado por el programa LIFE+ de la Comisión Europea, se ha desarrollado y homologado una barrera de seguridad de hormigón en la que se incorpora caucho procedente del neumático sustituyendo parte de los áridos que contiene el hormigón. Esto supone una reducción en el peso de cada módulo de la barrera que tiene un efecto muy positivo en la huella de Carbono del producto.



**Figura 5.- Barreras de protección en carreras de automovilismo.**

Gracias a la gran capacidad de absorber energía y de su gran resistencia a la intemperie, el neumático entero es un elemento muy usado actualmente en la construcción de barreras de protección de barcos y muelles e incluso en circuitos automovilísticos. Los neumáticos seleccionados para este fin deben atender al cumplimiento de normativas específicas como la de la Federación Internacional de Automovilismo (FIA).



**Figura 6.- Pantallas acústicas.**

La gran capacidad de absorción de vibraciones de los materiales procedentes del neumático, así como su alta estabilidad ante agentes atmosféricos, permite que se pueda utilizar como láminas de aislamiento acústico.





**Figura 7.- Mezclas bituminosas.**

Se trata de mezclas que incorporan polvo de neumático en su formulación y derivan en un material muy eficiente para la reducción del agrietamiento de las carreteras, el alargamiento de la vida en servicio y de otras mejoras en materia de seguridad, como propiedades relacionadas con un mejor drenaje del agua, ya que permite la formulación de mezclas abiertas o drenantes.

---



**Figura 8.- Construcción de taludes.**

Los neumáticos utilizados en la construcción de taludes evitan el uso de materiales como hormigón y piedras, a la vez que impiden el desmoronamiento del terreno con la ventaja de permitir el crecimiento vegetal y su integración en el entorno, además de simplificar su puesta en obra y la reducción de costes de construcción.

---



**Figura 9.- relleno ligero de terraplenes.**

El triturado procedente del neumático se puede utilizar como material ligero para rellenar terraplenes construidos sobre suelos de baja capacidad portante. Derivados de una normativa de referencia internacional, se establecen parámetros de diseño y calidad que aseguran su buen comportamiento.



**Figura 10.- Aprovechamiento de superficie para balsas de almacenamiento e infiltración.**

El neumático entero puede disponerse en capas homogéneas y utilizarse para la construcción de balsas, tanto de infiltración para mantener el ciclo hidrológico del agua como de retención para la reutilización del agua almacenada para otros usos.





**Figura 11.- Rellenos de trasdós de muros.**

La utilización de neumáticos triturados como relleno de trasdós (partes superiores de muros o bóvedas) reduce el empuje soportado por este muro. Además, incrementa la capacidad de evacuación de las aguas de escorrentía.

---



**Figura 12.- Aplicaciones en ingeniería de vertederos.**

La ley permite la utilización de neumáticos en vertederos cuando se trata de aplicaciones de ingeniería civil. Tanto los neumáticos enteros como triturados se pueden utilizar en diversas aplicaciones alineadas con estas estructuras.

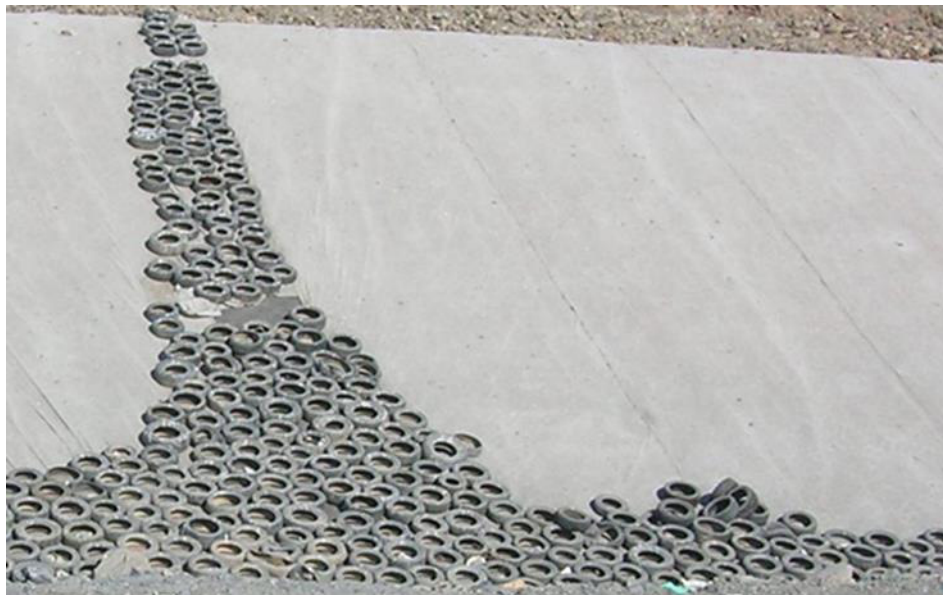
---



**Figura 13.- Material de drenaje.**

La alta conductividad hidráulica que presenta el triturado de neumático aporta unas buenas propiedades como material drenante. Esto permite el aprovechamiento del material para la construcción de diferentes capas estructurales en vertederos como la capa de drenaje de fondos en vertederos y la capa de recogida de aguas superficiales.

---



**Figura 14.- Protección del revestimiento impermeable.**

El neumático entero se puede utilizar para proteger la geomembrana tanto en el fondo del vaso como en los taludes de posibles punzonamientos para garantizar la impermeabilidad del vertedero. Además reduce el impacto de la masa de residuos vertida en el vaso y favorece la recogida de lixiviados en los taludes.

---





**Figura 15.- Material de drenaje.**

La alta conductividad hidráulica que presenta el triturado de neumático aporta unas buenas propiedades como material drenante. Esto permite el aprovechamiento del material para la construcción de diferentes capas estructurales en vertederos como la capa de drenaje de fondos en vertederos y la capa de recogida de aguas superficiales.

---



**Figura 16.- Extracción de biogás.**

En este caso la alta porosidad del triturado cumple dos objetivos fundamentales, por una parte dirigir el biogás generado hacia la tubería de aspiración gracias a su alto índice de huecos y, por otro, su gran capacidad de absorción de los empujes del propio residuo dentro del vertedero.

---



**Figura 17.- Producción eléctrica.**

A través de un proceso de tratamiento térmico de oxidación completa, se aprovecha el contenido energético del neumático para la obtención de energía eléctrica.

---



**Figura 18.- Pirólisis.**

En el proceso de pirólisis los neumáticos se someten a un tratamiento térmico dando lugar a una corriente gaseosa, una fracción líquida y un residuo carbonoso. La distribución de los productos obtenidos y su calidad depende de las condiciones de operación en el reactor y de la tecnología utilizada.

---





**Figura 19.- Combustible de sustitución**

Coproceso de neumáticos en la industria cementera: La utilización del neumático como combustible sólido recuperado (CSR) en la industria cementera supone algo más que un aprovechamiento energético ya que un porcentaje importante de sus componentes se incorporan al 'clinker' constituyendo por tanto un proceso mixto o de coproceso del neumático. Además, entre sus beneficios están la reducción de emisiones de SO<sub>x</sub> respecto a combustibles tradicionales, una disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> debido al origen renovable del contenido de caucho natural y el ahorro del sistema de secado previo a la entrada al horno gracias a su bajo contenido en humedad.

---

## **Anexo 16**

### **Componentes y Costos de la planta de tratamiento de neumáticos fuera de uso.**

Técnicas de Gestión y Maquinaria Medioambiental, S.L.

Gremio Toneleros 34 - Polígono Son Castelló

07009 - Palma de Mallorca

Tlf: 971 020 031

Fax: 971 020 022

Mail: uno@unoreciclaje.com

CIF: B57877128

**Su Comercial Asignado:**  
Gaspar Fullana Martí  
Móvil: (+34) 699 309 129

Estimado Sr.,

En respuesta a su solicitud, remitimos esta oferta para neumáticos de coche y camión.

Los precios y características finales se procederán en función de diferentes aspectos a tratar, como la localización de las máquinas con respecto a los metros cuadrados disponibles, así como producciones necesarias, tipo de neumáticos, etc.

La línea Bomatic está compuesta de un triturador primario B1350DD que trocea a una medida aprox. de 300 mm con una producción aproximada de 6 tn/h, una criba que retorna los trozos mayores de nuevo al primario (un 30% del troceado retorna) y un granulador que granula a 19mm (Producción aproximada de 3,5Tn-4Tn/h).

Con el producto a 19mm podemos separar el 95% del textil y metal del granulado.

Con el molino de afinos AMIS GSH 800 1200 se introduce el granulado de 19mm para afinarlo.

Este sistema produce aprox. 1,5Tn/h de granulado entre 0 a 4 mm. Una vez se tiene este producto se hace un estudio para analizar los productos que hay en este granulado (tierras, textiles, metales, impropios y caucho) y con los resultados se puede diseñar un sistema de cribado y limpieza adecuado.

Esta planta en lo relativo a la maquinaria debe ser operada por una persona encargada del manejo de la máquina cargadora para el aporte de ruedas a la planta, un técnico de mantenimiento y un auxiliar de limpieza. No incluimos los operarios externos a la zona de trituración ni al personal administrativo.

Respecto al transporte es ex Works, debe saber que la maquinaria se fleta en el puerto de Hamburg (Alemania) y se necesitaría de 6 contenedores de 40ft para su transporte. Puede conversar con alguna empresa de transporte para encontrar un buen precio, o si lo prefiere, nos podríamos hacer también cargo de ello, en cuyo caso, el coste aproximado sería de 30.000 €. Este precio es orientativo y no definitivo hasta conocer el puerto destino y otros aspectos.

Esta oferta incluye un curso gratuito de formación básica del funcionamiento de la planta, pero no incluye el montaje de la misma. Para su montaje se necesitará un técnico eléctrico, montador de cintas, magnet, etc. Esto supondría un mínimo de 3 personas con una duración aproximada de 10 días, más el tiempo traslado y otros. Calculamos que el coste estimado sería de 27.000 €. Este precio es orientativo y podría variar en base al coste de alojamiento, dietas y otros.

Además, se necesitará un mínimo de 3 ayudantes para el montaje, que pueden ser los mismos operarios mencionados.

Esperamos que la misma sea de su interés. Para consultas, estamos a su disposición.

**Atentamente**

Gaspar Fullana

+34 699 309 129

OFERTA BORRADOR

Planta completa para el pre-triturado y granulado

## LEYENDA

<u>Pos.</u>	<u>Designación</u>
1.01	Troceadora B 1350 DD 2x55kW con convertidor de frecuencia
1.02	Pulsador Hidráulico
1.03	Cinta transportadora intermedia I
1.04	Criba 1600*5000
1.05	Cinta transportadora intermedia II
1.06	Retornador de granulado retenido
1.07	Cinta de evacuación
1.08	Granulador U 2100 con convertidor de frecuencia
1.09	Cinta transportadora mediante vibración
1.10	Separador magnético sobre cinta
1.11	Cinta transportadora intermedia III
1.12	Mando eléctrico, Armario distribuidor
2.01	Molino de Cuchillas AMIS, modelo GSH 800/1200 7-3
2.02	Equipo de aspiración
2.03	Cinta de alimentación
2.04	Detector de metales
2.05	Separador de metales
2.06	Equipo eléctrico
2.07	Inyección de agua
<b>TOTAL</b>	<b>1.310.796,00 €</b>



OFERTA BORRADOR

Planta completa para el pre-triturado y granulado

Pos. 1.01

1 Trituradora BOMATIC – B 1350 DD



#### Datos Técnicos:

Potencia:	2x55 KW
Accionamiento:	Eléctrico
Protección:	2x160A
Boca de Trituración:	1.355x900mm
Tamaño del granulado:	Determinado por el ancho de las cuchillas de 72mm.

#### Equipamiento:

**Bastidor inferior:** Construcción robusta de acero soldado y perfilado, incluido plataforma de mantenimiento, puente y escaleras. Altura aproximada de 2 metros.

**Módulo de corte:** El bastidor del mecanismo de corte está compuesto por una construcción atornillada de acero perfilado y se unen a prueba de retorcimiento. Los dos árboles porta cuchillas están equipados con cuchillas de buril individuales de acero especial a prueba de desgaste y con posibilidad de recambio. Los dos árboles porta cuchillas marchan recíprocamente en forma asíncrona y, por tanto, se limpian automáticamente.

Técnicas de Gestión y Maquinaria Medioambiental, S.L.

Gremio Toneleros 34 - Polígono Son Castelló

07009 - Palma de Mallorca

Tlf: 971 020 031

Fax: 971 020 022

Mail: uno@unoreciclaje.com

CIF: B57877128

## OFERTA BORRADOR

## Planta completa para el pre-triturado y granulado

- Separadores intermedios:** Para la limpieza y unión de los espacios existentes entre las cuchillas y las paredes, se presentan como hojas de acero independientes y ajustables.
- Tolva:** Conformada como construcción en chapa de acero.
- Panel de control eléctrico:** Los mandos para todos los componentes de la instalación están concentrados en un armario de distribución. Accionamiento directo.  
Controlado por Siemens S7/200  
Tipo de protección: IP 54  
Tensión de red: 400 V / 50 HZ
- Accionamiento:** mediante sistema de motor Gear,  
Motor eléctrico de 2 x 55kW 400 V / 50Hz,  
arranque directo, tipo de protección IP 54.

### Pos. 1.02 Pulsador hidráulico:

- Pulsador.
- Accionamiento hidráulico de 3kW
- Cilindro hidráulico.
- Cojinete.
- Construcción de acero.
- Mangueras hidráulicas.

### Pos. 1.03 Cinta transportadora intermedia I

#### Dimensiones:

- Longitud: aprox. 10.000 mm
- Anchura: 1.540 mm
- Ángulo: aprox. 23°
- Accionamiento: 4 kW/ 400 V / 50 Hz / IP54
- Soporte: Construcción sólida tubo cuadrado

Cinta construida de goma ( EP 400/3 ) con "cleats" de altura 16 mm

## OFERTA BORRADOR

## Planta completa para el pre-triturado y granulado

### Pos. 1.04 Criba de 1600\*5000

#### Descripción:

Tipo de máquina:

Cribadora

Tipo:

1600\*5000

Motor:

Shaft-Drive

Posición del motor:

Parte inferior

Diseño:

Soldado, resistente a las vibraciones , construida de acero

Básico:

1.0122 (S235 JR G 2C)

Ejecución:

- Largo 500 mm long con placa (1.8704) asegura un mejor desprendimiento del material, protección de la criba y evita bloqueos.

Placa de 6 mm

- Los dos paneles de cribado son 1.000 mm de longitud

- Después, equipado con paso de 200 mm

- Después, añadiendo 3 pasos; cada panel de cribado con 1.000 mm longitud

- Longitud total de la máquina. 6.000 mm

- La parte inferior de las paredes están equipadas con un a roscado 200 mm de longitud long

- Los motores eléctricos son are puestos sobre la dirección

- Los muelles de presión están cubiertos con un tubo flexible

Dimensiones principales:

Anchura 1.600 mm

Longitud 5.000 mm

Panel de cribado:

Diseño con paneles de cribado especiales

Tensión atornillado y abrazadera

Salida:

Cribado sobrante: sobrecogido dentro de la anchura total

Malla de cribado: debajo del área de cribado

Estructura:

Desplazamiento 13º

Aislamiento: elementos Rosta

Motor:

Tipo de motor – 1 – Shaft-drive

Tipo SW 8-3600 (46)

Velocidad 750 min-1

Trabajo 3.600 kgcm



Técnicas de Gestión y Maquinaria Medioambiental, S.L.

Gremio Toneleros 34 - Polígono Son Castelló

07009 - Palma de Mallorca

Tlf: 971 020 031

Fax: 971 020 022

Mail: uno@unoreciclaje.com

CIF: B57877128

## OFERTA BORRADOR

## Planta completa para el pre-triturado y granulado

**Características:** Rodamiento engrasado ball-joint  
La salida de virutas tumbada con movimiento circular  
Motores eléctricos hasta 11 kw, Tipo B3, n=750upm

### Construcción:

- Bien dimensionado construido de acero
- Para los apoyos de
  - o Unidad de Criba
  - o Criba de malla inferior

### Plataformas:

Para la máquina mencionada, incluyendo escaleras

### Pos. 1.05 Cinta transportadora intermedia II

#### Dimensiones:

Longitud: 5.000 mm  
Ancho de la cinta: 1000 mm  
Accionamiento: 5,5 kW/ 400 V / 50 Hz

Cinta construida de goma ( EP 400/3 ) con "cleats" de altura 16 mm

### Pos. 1.06 Retornador de granulado retenido

Longitud de transporte: 15.455 mm  
Ancho de la cinta: 800 mm  
Tipo de cinta: Caucho, resistente al aceite y a la grasa  
Accionamiento: 3,0 kW / 400 V / 50 Hz / IP54  
en el bastidor de la cinta tirando a la derecha

Cinta construida de goma ( EP 400/3 ) con "cleats" de altura 16 mm



## OFERTA BORRADOR

## Planta completa para el pre-triturado y granulado

### Pos. 1.07 Cinta de evacuación

Longitud de transporte:	8.000 mm
Ancho de la cinta:	1.000 mm
Accionamiento:	4 kW / 400 V / 50 Hz

Cinta construida de goma ( EP 400/3 ) con "cleats" de altura 16 mm

### Pos. 1.08 Granulador BOMATIC mod. Unicrex U 2100

#### Descripción del funcionamiento:

El material alimenta la máquina a través de la tolva que cuenta con una abertura superior. A continuación pasa a ser triturado mediante cuchillas rotativas y dos líneas de cuchillas estáticas.

Tras el proceso de triturado, el material es seleccionado por la criba, ya que si éste cuenta con un tamaño menor que la perforación de la criba cae, pero si por el contrario el tamaño implica mayor grosor estas partículas serán de nuevo remitidas mediante las cuchillas del rotor a las cuchillas estáticas. A partir de este momento, se iniciaría de nuevo el proceso de triturado, el cual será repetido hasta que el material cuente con el tamaño requerido por los orificios de la criba.



FOTOGRAFÍA DE ARCHIVO

## OFERTA BORRADOR

## Planta completa para el pre-triturado y granulado

### Datos técnicos

Potencia:	250kW
Peso:	26.500kg
Apertura del mecanismo de corte:	2.030 x 1.080mm
Ø rotor:	800mm
Revoluciones del rotor:	240 / min <sup>-1</sup> susceptibles de variación según el uso.
Cantidad de cuchillas estáticas:	6
Cantidad de cuchillas del rotor:	70
Cantidad de soportes del rotor:	14
Tamaño del granulado:	Determinado por el diámetro de las perforaciones de la criba.
Producción:	Hasta 10t/h. aprox.
* Varía según el material empleado.	

### Volumen de entrega:

Armazón inferior:	Construcción soldada de acero perfilado que incluye plataforma de mantenimiento y escalera.
Mecanismo de corte:	El bastidor del mecanismo de corte está compuesto por una construcción atornillada de acero perfilado y se unen recíprocamente a prueba de retorcimientos. El dispositivo de recepción de las cuchillas de estator está unido al bastidor del mecanismo de corte mediante un asiento de ajuste.
Rotor:	El árbol está equipado con soportes de rotor de recambio individual y construidos con acero especial resistente al desgaste, éstos sirven, a su vez, para una fijación exacta de las cuchillas del rotor.
Cojinetes:	Cojinetes esféricos con auto-alineación ubicados en el módulo de corte para una mayor protección del mismo.
Tolva:	La tolva está diseñada en chapa de acero.
Unidad hidráulica:	Para la apertura del módulo de corte y para quitar la tolva hidráulicamente, consta de pulsador hidráulico, dos cilindros hidráulicos, depósito de aceite y los accesorios necesarios.

## OFERTA BORRADOR

## Planta completa para el pre-triturado y granulado

**Panel de control eléctrico:** Los mandos de todos los componentes de la instalación se agrupan en el armario de distribución. Unidad de control SIEMENS S7/200  
Tipo de protección: IP 54  
Tensión de red: 400 V / 50 HZ

**Accionamiento:** Accionamiento por motor eléctrico que incluye acople antideslizante de seguridad  
Motor eléctrico 250 kW / 400 V / 50 Hz  
Con relé de inercia y correa de accionamiento, inc. embrague deslizante de seguridad.

**Accionamiento de mantenimiento:** Facilita el cambio de la criba y el de las cuchillas del rotor.  
Motor eléctrico de 1,1 kW / 400 V / 50 Hz.

### Convertidor de Frecuencia

El bucle universal de apertura y cierre lo controla para que el motor vaya sincrónico o asincrónico.

### Ventajas:

- Velocidad precisa y control de torsión
- Arranque suave "soft start"
- Excelente capacidad de sobrecarga
- Rápida corrección de los picos de carga
- \* Mucha más producción con menos consumo eléctrico

### **Pos. 1.09 Cinta transportadora mediante vibración**

Ancho: 700 mm  
Altura: 150 mm  
Longitud: 4.500 mm

### **Datos técnicos**

**Motor:** Motor de tres-fases  
Potencia 1 kw / 230/400v / 50 hz  
Protección: IP 66

**Frecuencia:** 1.000 / min

**Material:** Acero inoxidable, 4 mm, 1.4031  
Resistente al desgaste en el rango llenado, atornillado

**Suspensión:** 4 altos resortes helicoidales de compresión elástica testeados

**Eléctrico:** No incluido (Caja de bornes en el motor de accionamiento)

**Sistema:** 400 V / 50 Hz / IP 20



## OFERTA BORRADOR

## Planta completa para el pre-triturado y granulado

### Pos. 1.10 Separador magnético sobre cinta

Potencia motriz:	1,5 kW
Longitud del imán:	1.000 mm
Ancho del imán:	450 mm
Altura de levantamiento:	200 (ajustable en la altura)
Armazón inferior:	En robusta construcción soldada de acero perfilado. Incluyendo un resbaladero de evacuación de chapa de acero fino.

### Pos. 1.11 Cinta transportadora intermedia III

Longitud de transporte:	8.800 mm
Ancho de la cinta:	800 mm
Accionamiento:	1,5 kW / 400 V / 50 Hz
Velocidad:	16 m/min.
Paredes laterales:	150 mm
Tipo de cinta:	Goma, resistente al aceite

### Pos. 1.12 Armario de distribución

Los mandos para todos los componentes de la instalación están concentrados en un armario de distribución. Combinaciones de dispositivos de conmutación recién salidos de fábrica según VDE. Alimentación con seccionador de potencia según VDE 00113. Unidad de mando SIEMENS S 7 200. Unidad de potencia con interruptores guarda motor y contactores principales y auxiliares para los accionamientos. Unidad de mando con control de inversión integrado para la alimentación equivocada de materiales que no deben ser troceados. Incluye pulsadores, interruptores y señalizadores luminosos para el manejo de la instalación y la vigilancia.

Tensión de red:	400 V / 50 Hz
Tensión de mando:	230 V / 50 Hz
Tipo de protección:	IP 54

## OFERTA BORRADOR

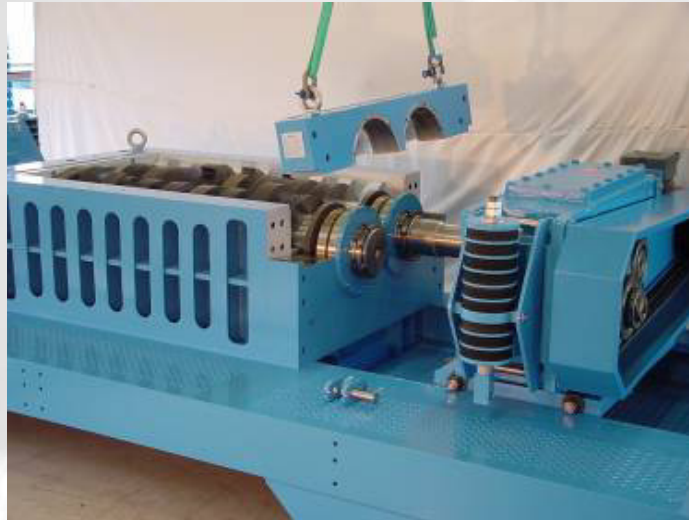
## Planta completa para el pre-triturado y granulado

### Cambio de cuchillas en las máquinas Bomatic.

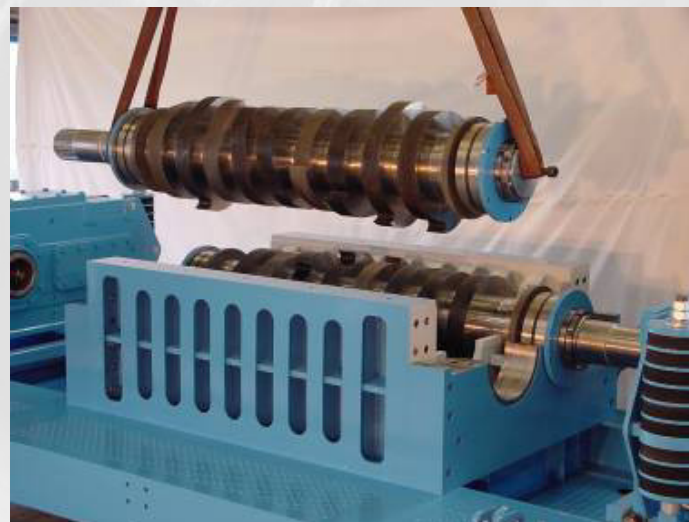
Con las máquinas Bomatic es posible cambiar los ejes de trituración completos en una pieza. Por este motivo muchos de nuestros clientes, tienen un segundo juego de cuchillas que está instalado en unos ejes propiedad de Bomatic.

Cuando las cuchillas están gastadas nuestros mecánicos instalan un nuevo juego de ejes, ustedes envían el juego viejo para ser soldado y regenerado.

Para un cambio de juego de estos ejes se necesitan entre 5 y 6 horas con mecánicos experimentados.



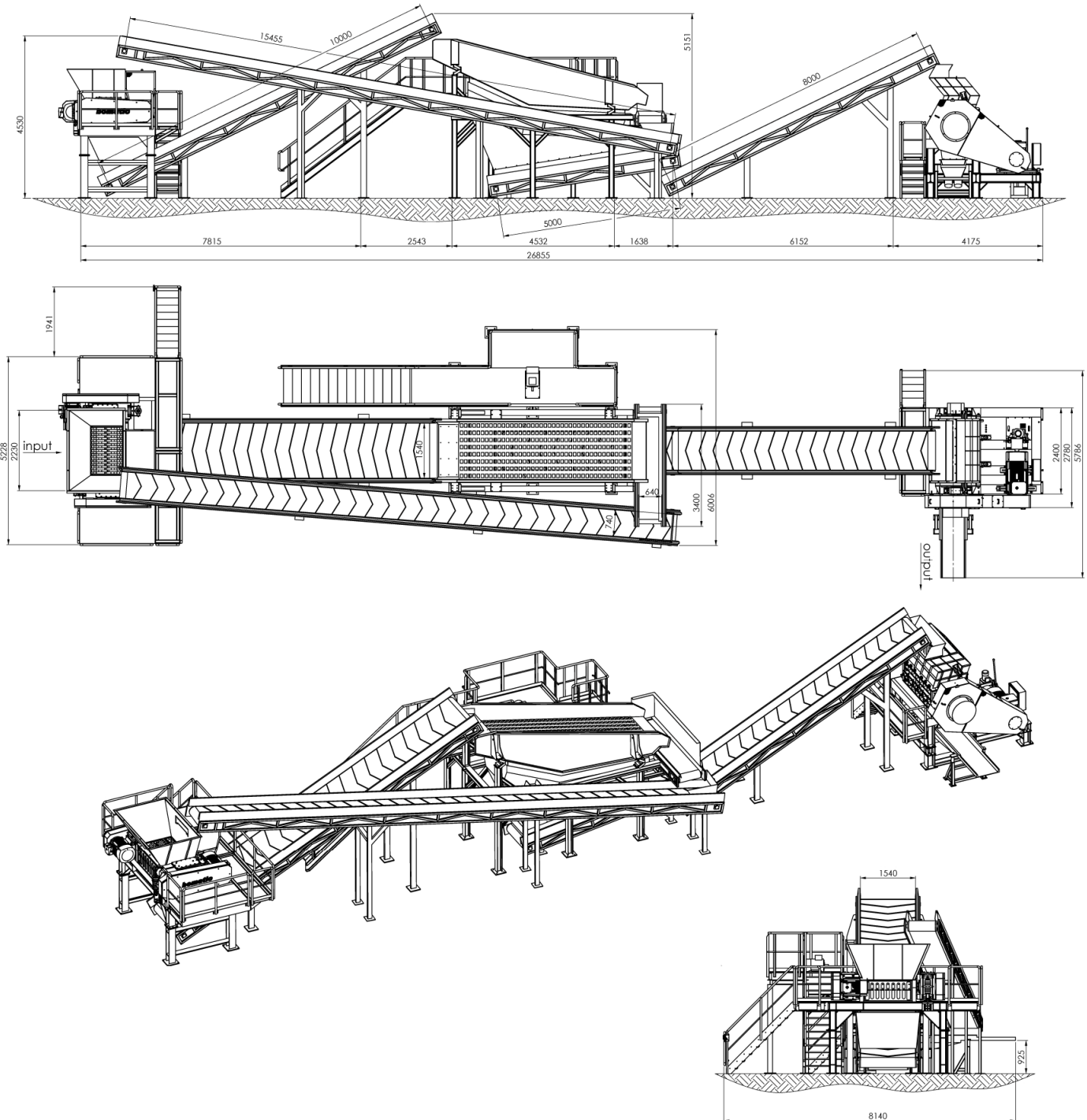
El motor y la caja de cambios es desplazable sobre guías para un rápido cambio de ejes



Cambio completo de los ejes de trituración

OFERTA BORRADOR

Planta completa para el pre-triturado y granulado



Inscrita en el Registro Mercantil de Palma de Mallorca, Tomo 2586, Folio 158, Hoja PM-74776, inscripción 1. - CIF Internacional ES-B57877128



## OFERTA BORRADOR

## Planta completa para el pre-triturado y granulado

### Pos. 2.01 Molino de cuchillas AMIS, modelo GSH 800/1200

Cuerpo de la máquina	Boca de entrada 1150 x 940 mm; construcción pesada en acero soldado. Dos cuchillas fijas ajustables fijadas en el cuerpo, soporte de rejilla de criba abatible con trampilla separada para un rápido cambio de rejilla sin herramienta. Rejilla de criba de 8 mm.
Rotor	Rotor semiabierto en construcción soldada de acero con 7 filas de cuchillas móviles dispuestas en forma de V que en combinación con las cuchillas fijas dan un corte en forma de X. Eje del rotor prolongado para el montaje opcional de un volante de inercia adicional. Apoyos exteriores totalmente separados del cuerpo de molienda sobre cojinetes de pie en carcasa. Cuchillas del rotor preajustables fuera de la máquina para un mínimo tiempo de parada de la máquina en el cambio de cuchillas. Patrón de ajuste incluido en el suministro. Accionamiento del rotor a través de correas trapezoidales. Fuerza de arrastre incrementada por medio de polea robusta.
Cuña desviadora	Pieza de ajuste con tercera cuchilla fija para montaje en la pared trasera de la parte superior del cuerpo del molino. Reduce el comportamiento de arrastre del rotor e impide el bloqueo de la máquina de forma que también se pueden triturar piezas de paredes gruesas y bloques macizos.
Patrón de ajuste de las cuchillas	Patrón de ajuste para la preparación de las cuchillas fuera de la máquina. Minimiza el tiempo de parada de la máquina en el cambio de cuchillas y simplifica considerablemente el el cambio de cuchillas.
Bastidor	Bastidor plano en construcción soldada con recipiente de aspiración incorporado. Todo el bastidor está apoyado sobre elementos antivibratorios para reducir las vibraciones y absorber los ruidos.
Tolva de alimentación	Tolva de alimentación para alimentación por cinta transportadora con cortinillas realizadas en función del problema a resolver para evitar el retroceso del material. Tolva con cuerpo superior de la máquina abatible hidráulicamente para acceso libre al rotor.
Motor de accionamiento	Motor trifásico de 132 kW, Protección IP 54, 400 V - 50 Hz Incluido bloque hidráulico y sus componentes.

Técnicas de Gestión y Maquinaria Medioambiental, S.L.

Gremio Toneleros 34 - Polígono Son Castelló

07009 - Palma de Mallorca

Tlf: 971 020 031

Fax: 971 020 022

Mail: uno@unoreciclaje.com

CIF: B57877128

## OFERTA BORRADOR

## Planta completa para el pre-triturado y granulado

### Pos. 2.02 Equipo de aspiración

Equipo de aspiración tipo MFT 75/500, soplante con accionamiento de 15 kW, soplante con puerta de inspección y rodete en construcción soldada de acero.

Caudal aprox. 75 m<sup>3</sup>/min., presión 500 mm CA, ciclón estándar de 1000 x 3000 mm, aprox. 5 m de tubería DN 250, bastidor de sujeción para llenado de 2 Big-Bags.

### Pos. 2.03 Cinta de alimentación

Cinta transportadora inclinada en construcción robusta, con estanqueidad de la cinta según necesidad, ancho 980 mm, distancia entre ejes 6.000 mm, con zona libre de metal, bande de PVC con tacos.

### Pos. 2.04 Detector de metales

De doble paso, altura de paso aprox. 500 mm, ancho de detección aprox. 1000 mm, sensibilidad bola de hierro 5,5 mm.

### Pos. 2.05 Separador de metales

Separador de todo tipo de metales modelo HS 150 para separar cuerpos metálicos extraños en caída libre. Expulsión de la porción de material contaminada con metal a través de clapeta accionada neumáticamente.

Sensibilidad > bola de hierro Ø 1,5 mm. Con tolva de entrada como transición del ciclón.

### Pos. 2.06 Equipo eléctrico

Mando estrella-triángulo automático según las normas vigentes VDE, montado en armario de chapa de acero, con interruptor principal condenable e interruptor de paro de emergencia.

*El precio incluye los dispositivos para el control de:*

- La cinta de alimentación del molino.
- Detector de metales con parada automática al detectar metales
- Motor de accionamiento del molino
- El soplante
- El separador de metales

Sobrepeso para cada elemento adicional de la instalación sobre demanda

### Pos. 2.07 Inyección de agua

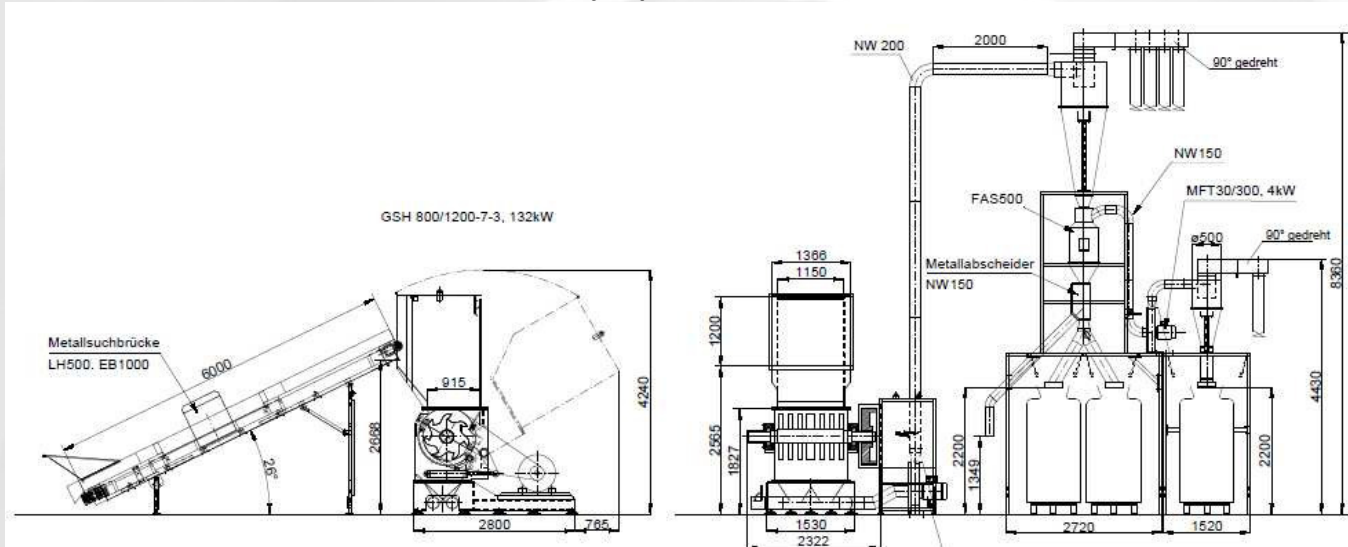
2 tubos inyectoras en la trasera de la tolva para reducir la temperatura del material, con reguladores, electroválvulas. 2 sensores de temperatura montados en el cajón de aspiración



**OFERTA BORRADOR**

**Planta completa para el pre-triturado y granulado**

**Ejemplo Orientativo**



**Precios:**

I.V.A. transporte e instalación no incluidos

**Tiempo de suministro:**

A confirmar

**Transporte:**

Ex Works

**Forma de Pago:**

Abono del 50% del importe con la orden de pedido.  
Abono del 50% restante con el aviso de que la máquina está lista para su envío desde Alemania. Siempre antes de la salida de fábrica del equipo.  
Mediante crédito documentario.

**Garantía:**

12 meses con funcionamiento de un turno diario. Se excluyen los recambios y el desgaste natural del equipo. Si el funcionamiento es de varios turnos, el tiempo de garantía queda reducido proporcionalmente.

Técnicas de Gestión y Maquinaria Medioambiental, S.L.

Gremio Toneleros 34 - Polígono Son Castelló

07009 - Palma de Mallorca

Tlf: 971 020 031

Fax: 971 020 022

Mail: uno@unoreciclaje.com

CIF: B57877128

## OFERTA BORRADOR

## Planta completa para el pre-triturado y granulado

Al volumen de suministro no contiene p. ej.:

- Cimientos, trabajos de albañilería, hormigonado, retacado, movimientos de tierra y trabajos adicionales.
- Puesta a tierra y protección con pararrayos.
- Aire comprimido, limpio, exento de aceite y seco.
- Elaboración de documentos de autorización.
- Medición del polvo y del sonido.
- Puntos fijos para suspensiones de tubos.
- Dispositivos de seguridad, como p. ej. sistemas extintores de incendios.
- Cálculo estático, como p. ej. cimientos portantes.
- Medidas para la protección contra las influencias climáticas.
- Instalación del lugar de obras y desabastecimiento del material de embalaje.
- Transporte de los componentes al lugar de las obras.
- Descarga de los componentes suministrados.
- Seguro de los componentes suministrados en el lugar de las obras.
- Aparejos elevadores, p. ej. grúa y estibadora de horquilla.

Para el montaje suponemos que existe una instalación de obras adecuada, como p. ej. alojamientos de obreros, puestos de almacenamiento para material, lugares para colocar contenedores, instalaciones sociales, WCs, lavabos y vestuarios, recintos cerrables con llave para almacenar componentes de alto valor que han de ser protegidos de las influencias atmosféricas.

En caso de consultas, estamos a su disposición.

### Atentamente

Gaspar Fullana

Tel.: +34 699 309 129

**NOS RESERVAMOS EL DERECHO DE VENTA EN EL ÍTERIN.**

## **Anexo 17**

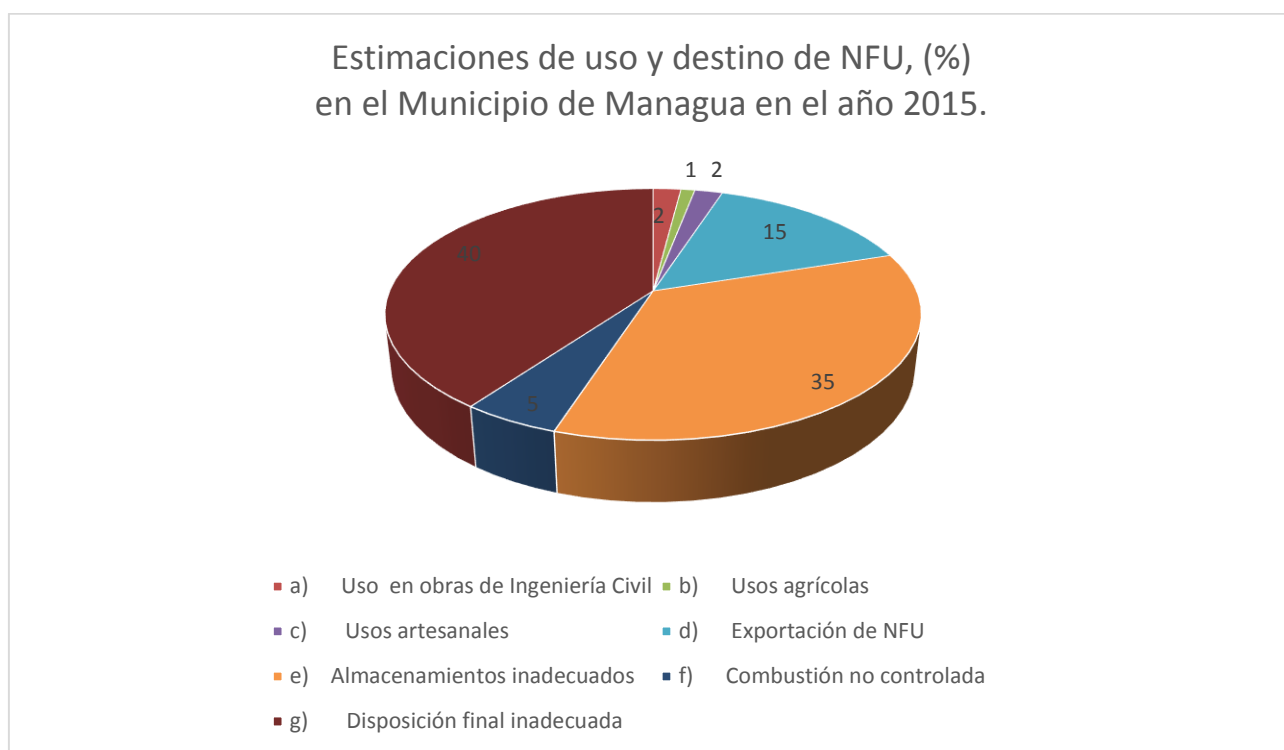
**Estimación de Emisiones de CO<sub>2</sub> y Lixiviados generados por la gestión inadecuada de NFU en el Municipio de Managua en el año 2015.**

### Anexo 17: Estimación de Emisiones de CO<sub>2</sub> y Lixiviados generados por la gestión inadecuada de NFU en el Municipio de Managua en el año 2015.

En el año 2015, se sustituyeron 1, 695, 790 unidades de neumáticos que representan 20,145.83 Toneladas, de los cuales se estima que el 5 % de estos se destinó al reencauchado, quedando como NFU un total de 19,138.54 Toneladas.

#### 1.- Estimaciones de usos y destino de NFU en el Municipio de Managua (2015).

En la Tabla 1 de este Anexo, se presentan los usos y destino que recibieron los NFU, generados en el año 2015, en el Municipio de Managua, cuantificándose sus estimados en %, y Toneladas/año.



**Figura 1.- Estimación de usos y destino de NFU, en el Municipio de Managua en el año 2015.**

De estas, se estima que un 2 % se utilizaron en obras civiles, en la construcción de muros de contención, estabilización de caminos en invierno y en de parques infantiles. Aproximadamente el 1% se destina a actividades agropecuarias, elaborando recipientes para alimentación y bebederos de ganado, siembra de almácigos y viveros. Un 2 % de NFU, es utilizado por la población en usos artesanales en la elaboración de muebles, maceteras, adornos, juguetes, sandalias y suelas de zapatos, accesorios eléctricos y como autopartes de material amortiguante.

**Tabla 1 .- Estimaciones de usos y destino de NFU en el Municipio de Managua (2015).**

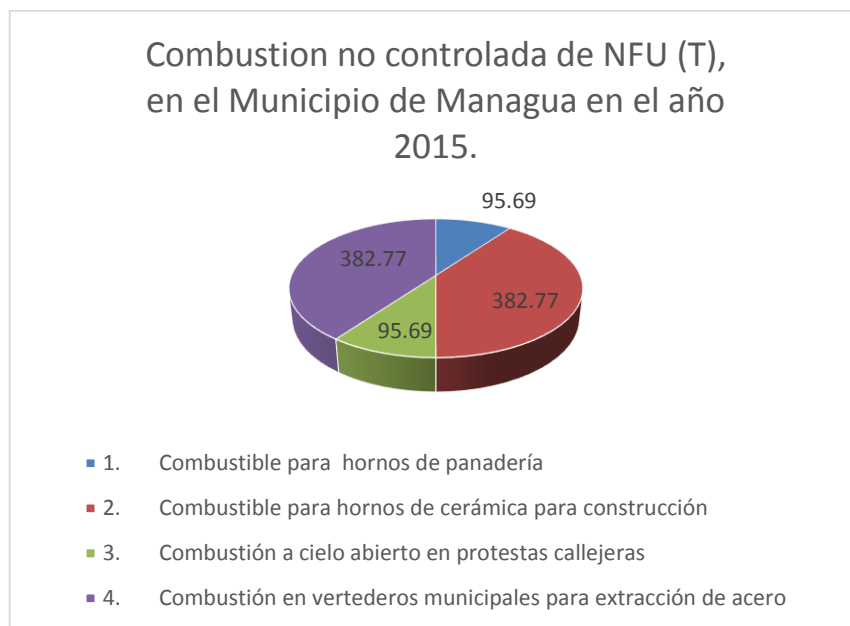
Usos y destino de los NFU	Unidades	Ton/año	Porcentaje, %	
Neumáticos sustituidos	1695,790	20,145.83		
Reencauche	84,790	1,007.29	5.00	
<b>Total NFU</b>	<b>1611,000</b>	<b>19,138.54</b>		
<b>a) Uso directo en obras de Ingeniería Civil</b>	<b>48,300</b>	<b>382.77</b>		<b>2.00</b>
1. Muros de contención		191.39	1.00	
2. Estabilización de caminos		47.85	0.25	
3. Construcción de Parques Infantiles		143.54	0.75	
<b>b) Usos agrícolas</b>	<b>16,110</b>	<b>191.39</b>		<b>1.00</b>
1. Recipiente para alimentación de animales.		47.85	0.25	
2. Bebederos		38.28	0.20	
3. Siembra de almácigos		105.26	0.55	
<b>c) Usos artesanales</b>	<b>32,220</b>	<b>382.77</b>		<b>2.00</b>
1. Elaboración de muebles,		19.14	0.10	
2. Elaboración de accesorios eléctricos		11.48	0.06	
3. Elaboración de adornos		76.55	0.40	
4. Elaboración de juguetes		95.69	0.50	
5. Fabricación de Calzado : Sandalias y suelas		76.55	0.40	
6. Elaboración de maceteras		57.42	0.30	
1. Elaboración de sellos y elementos amortiguadores para vehículos pesados.		45.93	0.24	
<b>d) Exportación de NFU</b>	<b>241,650</b>	<b>2,870.78</b>		<b>15.00</b>
1. NFU entero individuales		861.23	4.50	
2. En pacas		2,009.55	10.50	
<b>e) Almacenamientos inadecuados</b>	<b>563,850</b>	<b>6698.49</b>		<b>35.00</b>
<b>f) Combustión no controlada</b>	<b>80,550</b>	<b>956.93</b>		<b>5.00</b>
1. Combustible para hornos de panadería		95.69	0.50	
2. Combustible para hornos de cerámica para construcción		382.77	2.00	
3. Combustión a cielo abierto en protestas callejeras		95.69	0.50	
4. Combustión en vertederos municipales para extracción de acero		382.77	2.00	
<b>g) Disposición final inadecuada</b>	<b>644,400</b>	<b>7,655.42</b>		<b>40.00</b>
1. Lanzamiento en cauces,		1435.39	7.50	
2. Lanzamiento en terrenos baldíos,		1435.39	7.50	
3. Lanzamiento en basureros ilegales		3827.71	20.00	
4. Lanzamiento en la vía pública		956.93	5.00	

Fuente: Elaboración propia.

Cerca de un 15 % de NFU, se exporta como neumáticos enteros individuales o en pacas de neumáticos.

## 2.- Estimación de Emisiones de contaminantes del aire por combustión no controlada de NFU.

Un 5 % de NFU, se quema a cielo abierto y su combustión no es controlada, se utiliza en las protestas callejeras. Algunos productores de pan, lo queman para calentar los hornos, también los productores de ladrillo de cerámica para la construcción, lo usan como combustible en hornos que no cuentan con ningún sistema de filtros de los gases de combustión. Por otra parte, cerca del 2 % de NFU, es quemado en los vertederos municipales por las noches, con el propósito de extraer la parte metálica y venderlo en las chatarrerías. Todo esto ocurre a vista y paciencia de las autoridades municipales a cargo de estos vertederos.



**Figura 2.- Estimación de NFU, sometidos a combustión no controlada en el Municipio de Managua en el año 2015.**

En total, se ha considerado que este 5 % del total de NFU, representan 956.93 Toneladas que se están combustingando a cielo abierto, sin ningún control, por lo tanto aplicando los procedimientos desarrollados por el Grupo Técnico de Comercio de Derechos de Emisión la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático de España, para la determinación de emisiones de NFU durante su combustión, que a continuación se detallan:

$$\text{Emisiones (CO}_2 \text{ [T])} := [\text{Neumáticos consumidos [T]} * (1B) * \text{VCN (TJ/[T])} * \text{FE (CO}_2 \text{ [T]/TJ)} * \text{FO}]$$

Donde

- **FB = Fracción Biomasa presente en los NFU ; FB = 0.2472**
- **VCN= Valor Calorífico Neto de NFU; VCN = 31.39 GJ/Ton**
- **FE, FO = Factor de emisión y Factor de Oxidación de NFU.**

- Se toma el factor de emisión para neumáticos con el factor de oxidación implícito - 85 Kg CO<sub>2</sub>/GJ<sub>PCI</sub>.

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ [T]} = 956.93 \text{ [T]} * (1 - 0.2472) * 31.39 \text{ GJ/[T]} * 0.085 \text{ [T]/GJ}.$$

Se tendrá entonces que durante la combustión no controlada del 5 % de NFU, en el Municipio de Managua, se están generando emisiones de CO<sub>2</sub> por el orden de 1922.07 T de CO<sub>2</sub>/año.

### 3.- Estimación de Carga de Contaminantes de suelo y agua por lixiviación de componentes peligrosos contenidos en NFU en el Municipio de Managua en el año 2015.

Alrededor del 35 % de NFU, se encuentran almacenados en condiciones inadecuadas, bajo la responsabilidad de distribuidores, en empresas privadas, en Cooperativas de Transporte Urbano Colectivo y Cooperativas de Taxis, Ministerios, Entes autónomos y demás instituciones estatales que poseen una flota vehicular considerable, inclusive en los propios planteles de la Alcaldía de Managua, la mayoría sin las condiciones técnicas necesarias, sin estar bajo techo, a cielo abierto y expuestos a la lluvia, convirtiéndose en potenciales criaderos de zancudo y albergue para fauna nociva, en amenazas y con alto riesgo de incendio.

Por otra parte, alrededor del 40 % de NFU, se les da una disposición final inadecuada, cerca de un 15 % se lanza en cauces y terrenos baldíos, en tanto un 20 % se tira en basureros clandestinos y un 5% se deja en la vía pública.



Figura 3.- Estimación de disposición final inadecuada de NFU, en el Municipio de Managua en el año 2015.



Los NFU al estar expuestos a la intemperie, entran en contacto con la humedad del aire o del suelo o con el agua que acumulan durante la lluvia, produciéndose el lixiviado por reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los NFU disolviéndose o formando una suspensión, se infiltra en los suelos o se escurre fuera de los sitios en los que se depositan los NFU, contaminando los suelos y los cuerpos de agua, provocando su deterioro, representando un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos. Cerca del 1,5% del peso de un neumático corresponde a elementos o compuestos clasificados en el Convenio de Basilea, como sustancias peligrosas, forman parte del compuesto de caucho o están presentes como un elemento de aleación perteneciente a los metales como: Hierro, Zinc, Silicio, Cromo, Níquel, Plomo, Cadmio, Talio y compuestos organohalogenados y soluciones acidas en estado sólido que pueden lixiviarse. Así, tomando en cuenta lo anterior y considerando tanto los NFU que son almacenados inadecuadamente, como a los que se les da una disposición inadecuada, que alcanzan un total del 75 de NFU generados, equivalentes a 14, 353.91 Toneladas, en condiciones favorables de humedad y pH pueden participar en un proceso de lixiviación principalmente por parte de metales pesados presente en los NFU. Utilizando los valores de las concentraciones límites permitidas para estas sustancias químicas y asumiendo que estos de algún modo se vertiesen en los cuerpos de agua del Municipio de Managua, específicamente al Lago de Managua con un volumen aproximado de  $7,790 \times 10^9$  Litros, se tendrán entonces las concentraciones de lixiviado que se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2.- Concentración potencial de lixiviados contaminantes de suelos y agua generados por los compuestos de NFU, en el Municipio de Managua, en el año 2015.**

Nombre del compuesto	Contenido (% de)	Contenido, Toneladas	Concentración mg/L	Concentración Límite	Concentración/ Concentración Límite
Compuestos de Cobre	Aprox.0.02 %	2.87	3.6361E-01	20	1.82%
Compuestos de Zinc	Aprox.1%	143.54	1.8180E+01	500	3.64%
Cadmio	Max. 0.001%	0.14	1.8180E-02	1	1.82%
Plomo, Compuestos de Plomo	Max. 0.005%	0.72	9.0902E-02	50	0.18%
Soluciones acidas o ácidos en forma	Aprox.0.3%	43.06	5.4541E+00	30	18.18%
Compuestos organohalogenados	Max. 0.10 %	14.30	1.8180E+00	30	6.06%

Fuente: Elaboración propia.

Conforme estos resultados, la concentración de lixiviados generados por las sustancias peligrosas contenidas en los NFU, no representan riesgo de contaminación ya que todos están por debajo de la concentración límite permitida.



## **Anexo 18**

### **Comparación de Legislaciones y Modelos de Gestión Integral de NFU en países latinoamericanos.**

**Anexo 18.- Comparación de Legislaciones y Modelos de gestión integral de NFU en países latinoamericanos.**

Elementos del Sistema de Gestión Integral de NFU	Brasil	Argentina	Puerto Rico	Costa Rica	México
Tipo de sistema de gestión de NFU.	Responsabilidad extendida del productor	Responsabilidad extendida del productor	Tasas gubernamentales	Responsabilidad extendida del productor	Responsabilidad extendida del productor
Marco legal ambiental que regula la gestión de NFU.	Resolución No 258 CONAMA ( 1999)	Proyecto de Ley del sistema integral para el manejo ambientalmente responsable de NFU	Ley de manejo de NFU(1996)	Reglamento de Neumáticos de desechos (2007).	Reforma de la Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos (2015)
Aspectos que regula	<p>1.- Fabricantes e importadores, son responsables de la gestión de los NFU.</p> <p>2. Prohíbe la importación de neumáticos recauchutados.</p> <p>3. Prohíbe la disposición final de NFU en vertederos, mar, ríos, lagos, arroyos, terrenos baldíos y quema al aire libre.</p>	<p>1.- Articulación del sector público con el privado con incorporación tecnológica.</p> <p>2.- Fabricantes e importadores, son responsables de la gestión de los NFU.</p> <p>3.- Sector público fiscaliza la gestión de NFU.</p> <p>4.- Regula las etapas de manejo del residuo: generación, recolección, transporte, almacenamiento, selección, clasificación, valorización y disposición final.</p>	<p>1. Controla el uso, manejo y disposición de neumáticos.</p> <p>2.- Prohíbe la disposición final de NFU enteros en vertederos municipales.</p> <p>3.- Incentiva el reciclaje, la reutilización y la recuperación de energía.</p> <p>4.- Impone un cargo o impuesto por manejo y disposición sobre cada neumático importado al país, creando un fondo para la gestión de NFU.</p>	<p>1.- Fabricantes, importadores, distribuidoras son responsables de la gestión de los NFU, deberán presentar planes de manejo de NFU.</p> <p>2.- MINSA, es la entidad fiscalizadora a cargo de la aplicación y fiscalización de esta ley.</p>	<p>1.- Los NFU, son residuos de manejo especial.</p> <p>2.- Fabricantes, importadores, distribuidores, gestores y generadores quedan obligados a hacerse cargo de la gestión de los NFU.</p> <p>3.- Se prohíbe la disposición final de NFU en predios baldíos, barrancas, cañadas, ductos de drenaje y alcantarillado, en cuerpos de agua y cavidades subterráneas.</p> <p>4.- El Gobierno Federal desarrollara una “Estrategia Nacional para la Gestión Integral de NFU.</p>
Alternativas de aprovechamiento y valorización material y energética.	<p>1.- Uso de polvo de NFU, como aditivo en la producción de asfalto para pavimentación.</p> <p>2.- Combustible alternativo en hornos de producción de cemento.</p>	<p>1.- Polvo de caucho para la elaboración de productos varios.</p> <p>2.- Uso como aditivo en asfaltos</p> <p>3.- Combustible alternativo al gas en horno de producción de cemento</p>	<p>1.- Triturado y almacenado en vertederos autorizados en casos de ausencias de mercados para este producto.</p> <p>2.- Polvo de NFU para agregado de asfalto.</p> <p>3.- Combustible derivado o suplementario.</p> <p>4. Usos de NFU enteros : control de erosión, arrecifes naturales, etc.</p>	<p>1.- Combustible alterno en hornos cementeros.</p> <p>2.- Producción de pacas de NFU, para obras civiles.</p> <p>3.- Producción de polvo de caucho.</p> <p>4.- Generación de energía eléctrica.</p> <p>5.- Cualquier otro uso aprobado por el MINSA.</p>	<p>1.- Combustible alternativo.</p> <p>2.- Uso en obras civiles, especialmente en concesiones para construir, conservar y mantener los caminos y puentes federales, se exige que en sus características de construcción e emplee caucho reciclado proveniente de neumáticos usados.</p> <p>3.- Polvo de caucho para la elaboración de productos varios, incluyendo mezclas asfálticas.</p>