

**ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE LLANTAS USADAS EN LA CIUDAD DE  
BOGOTÁ D.C**

**JULIÁN DAVID LÓPEZ FUENTES  
JULIÁN TORRES TRUJILLO**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
PROYECTO CURRICULAR: TECNOLOGÍA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL  
BOGOTA D.C  
2015**

**ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE LLANTAS USADAS EN LA CIUDAD DE  
BOGOTÁ D.C**

**JULIÁN DAVID LÓPEZ FUENTES  
Código 20121085090  
JULIÁN TORRES TRUJILLO  
Código 20121085281**

**Trabajo de grado modalidad monografía presentado como requisito para  
optar al título de TECNOLOGO EN SANEAMIENTO AMBIENTAL**

**Martha Lucia Mojica Hernández  
Director: Ingeniera Sanitaria**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
PROYECTO CURRICULAR: TECNOLOGÍA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL  
BOGOTA D.C  
2015**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

**Bogotá, D.C.** \_\_\_\_\_

## DEDICATORIA

*A Dios. Por sembrar en mí sentimientos de paz y alimentarme cada día de pensamientos de aliento y fortaleza para proyectar mi luz al mundo.*

*A mi madre, Yaneth Fuentes; y mi padre, José López, gracias por darle color a mi vida. Por confiar siempre en mí, he encontrado mi camino, mi razón de ser.*

*A mi familia, a mis amigos y amigas, de quienes he recibo siempre apoyo sincero. Al recuerdo de mi gran tutor Javier Ríos, mi mayor ángel, maestro eterno... Quien despertó en mí el interés por aprender, la curiosidad por investigar y la pasión por descubrir el mundo.*

*A todos aquellos maravillosos seres que han compartido junto a mí sus enseñanzas y mis logros en estos años, así como quienes han estado para darme una voz de aliento en los momentos difíciles. En especial a mi mejor amigo Diego Ojeda y María Fernanda Caballero, que no solo recorrieron junto a mí este camino sino que ayudaron a construir mi presente y sobre todo a ti Julián, amigo mío por resistir el tiempo y vivir a mi lado cientos de horas de estudio así como momentos felices y otros irónicos pero de aprendizaje mutuo.*

*A mis preciosas hermanas Diana y Sarita, que con su amor me han enseñado a salir adelante. Gracias por su paciencia, gracias por preocuparse por mí, pero sobre todo gracias por estar en cada momento de mi vida.*

**Julián López Fuentes**

*Primordialmente una grande dedicatoria a nuestro Dios por siempre darme mucha serenidad para afrontar todos los inconveniente que tuve en mi carrera universitaria y agradecerle también por todos los triunfos obtenidos en ella transformando mis días para ser una gran persona.*

*A la persona más especial y que amo en este mundo, mí querida madre Nancy María Trujillo Díaz, quien fue el primordial apoyo en mi desempeño y como hijo agradezco que tan maravillosa madre con tan inexplicable sentimiento de amor esté presente en mi vida. Infinitas gracias por estar en cada segundo de mí recorrido en este mundo.*

*Una perdurable dedicación a mi familia que me apoyo en este gran sendero, especialmente a mi hermano Edwin Torres Trujillo, mi hermana Brillidt Yanaira Torres Trujillo y mi tía Liliana Trujillo Díaz quienes me dieron un inmenso apoyo en este recorrido y estuvieron presentes en cada momento de dificultad brindándome las mejores energías para continuar.*

*Igualmente a todas las amistades queridas que estuvieron acompañándome en cada uno de los pasos que di en este camino de mil desviaciones pero que siempre tuvieron la luz para mostrarme la dirección correcta, gracias Mariana Trujillo Aya por encender tu luz y estar siempre presente, gracias Julián López por comenzar y terminar este proyecto juntos.*

*“Mientras la última piedra del camino se forje más grande, el interior de guerrero puede actuar para sacar su espada y con su escalofriante filo desvanecer cualquier impedimento hacia la victoria”*

**Julián Torres Trujillo**

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestras familias por sus reflexiones, consejos y acompañamiento constante en este proceso académico. A la directora de tesis Martha Lucia Mojica Hernández por su asesoría durante el proyecto y aportes al crecimiento intelectual del mismo. A los ingenieros que colaboraron con este trabajo y a todas las personas que siempre estuvieron dispuestas a aportar en este proceso académico.

A los autores y revisores externos quienes sin su colaboración el presente trabajo de grado no se habrían podido llevar a cabo. Y claro, a la vida por permitirnos llegar a este punto, fin de una etapa más pero comienzo de otra nueva que viviré con mayor intensidad.

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	12
ABSTRACT .....	12
INTRODUCCIÓN .....	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	14
1. OBJETIVOS .....	16
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.2. OBJETIVOS ESPCIFICOS.....	16
2. MARCO CONTEXTUAL.....	17
2.1. Origen, composición y características de los neumáticos. ....	17
2.2. Fabricación de los neumáticos.....	18
2.3 MARCO LEGAL .....	20
2.4. MARCO REFERENCIAL .....	21
2.4.1. Las llantas.....	21
2.4.2. Producción de llantas usadas en el distrito capital.....	22
2.4.3. Ciclo de vida de las llantas. ....	24
3. METODOLOGÍA. ....	25
3.1. FASE 1: Recopilación Bibliográfica: .....	26
3.2. FASE 2: Evaluación del daño ambiental.....	26
3.3. FASE 3: Tecnologías. ....	26
3.4. FASE 4: Alternativas. ....	26
3.5. Parámetros para el diseño de matriz de aspectos ambientales.....	27
3.5.1. Evaluación de aspectos e impactos ambientales. ....	27

4. RESULTADOS:.....	31
4.1. FASE 1.....	31
4.1.1. Características de las llantas. ....	31
4.1.2. Materiales que componen las llantas.....	35
4.1.3. Sustancias contenidas en las llantas. ....	35
4.1.4. Impactos ambientales por manejo inadecuado de Llantas usadas.....	40
4.1.5. Quema a cielo abierto.....	40
4.1.6. Almacenamiento inadecuado de llantas.....	42
4.2. FASE 2.....	46
4.2.1. Análisis de la Matriz de aspectos ambientales.....	46
4.2.2. Matriz de aspectos ambientales.....	47
4.3. FASE 3.....	49
4.3.1. Aprovechamiento y disposición final. ....	49
4.3.2. Procesamiento de llantas usadas. ....	49
4.3.2.1. Coprocesamiento.....	49
4.3.2.2. Trituración. ....	50
4.3.2.3. Uso en asfaltos modificados. ....	51
4.3.2.4. Uso Industrial.....	54
4.4. FASE 4.....	56
4.4.1. Alternativa Artesanal. ....	56
4.5. Ventajas y desventajas de los procesos.....	68
5. CONCLUSIONES .....	74
6. RECOMENDACIONES .....	75

BIBLIOGRAFÍA .....	76
GLOSARIO .....	78



## LISTADO DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1:</b> Puntos de Recolección de llantas usadas.....	15
<b>Figura 2:</b> Estructua general de una llanta de automovil.....	22
<b>Figura 3:</b> Ciclo de vida de la llanta.....	24
<b>Figura 4.</b> Fases de Metodología.....	25
<b>Figura 5.</b> Principales partes de una llanta.....	34
<b>Figura 6:</b> Propiedad de deformacion de los elastomeros.....	36
<b>Figura 7.</b> Quema de llantas a cielo abierto 1.....	41
<b>Figura 8.</b> Quema de llantas a cielo abierto 2.....	41
<b>Figura 9.</b> Acumulación de llantas por parte de los talleres mecánicos.....	42
<b>Figura 10.</b> Inadecuado Almacenamiento de Llantas en zona rural de Bogotá.....	43
<b>Figura 11.</b> Llantas Usadas en la Localidad de Usaquén.....	44
<b>Figura 12.</b> Llantas Usadas en el espacio público de la Localidad de Suba.....	44
<b>Figura 13.</b> Llantas Usadas en el espacio público de la Localidad de Suba.....	45
<b>Figura 14.</b> Llantas Usadas en el espacio público de la Localidad de Fontibón.....	45
<b>Figura 15.</b> Planta de coprocesamiento Ecoltec.....	49
<b>Figura 16:</b> Planta de trituración ECO GREEN.....	50
<b>Figura 17:</b> Proceso de Obtención de Pavimento convencional.....	52
<b>Figura 18:</b> Proceso de Obtención de asfalto químicamente modificado..... a partir de llantas usadas.	53
<b>Figura 19:</b> Pavimentos de caucho reciclado.....	54
<b>Figura 20:</b> Recubrimiento antideslizante.....	55

<b>Figura 21.</b> Llantas usadas para escoger. Av. Cali (localidad de Fontibón).....	57
<b>Figura 22.</b> Características aceptables.....	58
<b>Figura 23.</b> Lavado y secado de las llantas.....	59
<b>Figura 24.</b> Agujeros en la parte lateral de cada una de las llantas.....	60
<b>Figura 25.</b> Pintado y secado.....	61
<b>Figura 26.</b> Ensamblaje.....	62
<b>Figura 27.</b> Decoración interna.....	63
<b>Figura 28.</b> Presentación del Vidrio.....	64
<b>Figura 29.</b> Presentación final del producto terminado.....	65
<b>Figura 30.</b> Mesa de noche ( <b>Terrak</b> ).....	67
<b>Figura 31.</b> Mesa de noche ( <b>Craft Wheel</b> ).....	67

## LISTADO DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1:</b> Normativa.....	20
<b>Tabla 2:</b> Composición de los materiales de llantas de automóviles y camiones.....	22
<b>Tabla 3:</b> Producción de llantas al año según el tipo de vehículo.....	23
<b>Tabla 4:</b> Valoración cuantitativa según las características de los residuos generados...28	28
<b>Tabla 5:</b> Valoración cuantitativa según el área de influencia. ....	28
<b>Tabla 6:</b> Valoración cuantitativa según el componente ambiental afectado.....	29
<b>Tabla 7:</b> Valoración cuantitativa según la periodicidad del impacto.....	29
<b>Tabla 8:</b> Valoración cuantitativa según la probabilidad de que suceda..... un aspecto ambiental.	30
<b>Tabla 9.</b> Valoración cuantitativa según el cumplimiento..... de la legislación ambiental vigente.	30
<b>Tabla 11.</b> Significancia.....	31
<b>Tabla 12:</b> Clasificación de los cauchos.....	38
<b>Tabla 13:</b> Propiedades del Caucho de llantas.....	39
<b>Tabla 14.</b> Matriz de aspectos ambientales.....	47
<b>Tabla 15.</b> Fases representadas en tiempo.....	66
<b>Tabla 16.</b> Gastos.....	66
<b>Tabla 17.</b> Características físicas de cada una de las mesas.....	68
<b>Tabla 12.</b> Ventajas y Desventajas.....	69

## **RESUMEN**

En la ciudad de Bogotá D.C existe un problema en el tratamiento de los desechos sólidos entre los cuales se encuentran las llantas de vehículos que después de su vida útil son arrojadas a botaderos, quebradas y muchas veces en las calles, siendo esto un problema de afectación al espacio público y en especial al paisaje, por lo que se ha convertido en un contaminante del medio ambiente. Para dar una solución a este problema nació la idea de este trabajo, reciclar y transformar estos desechos a través de un proceso manual que permita usar este material para obtener diferentes alternativas para el manejo de las llantas usadas en la capital. Esta temática se encuentra desatendida ya que actualmente no se utiliza este elemento, por lo que inicialmente será una manera de poder generar cambio a nuestra ciudad, mostrando de manera fácil y sencilla la creación de un producto de tipo casero , con el objetivo de reducir la contaminación ambiental, Reciclar un desecho sólido y Reutilizarlo transformándolo en un producto útil para la sociedad así de esta manera crear diferentes alternativas de solución en relación con este material, hacerlo eficiente, rentable y comprometido con el medioambiente y responsabilidad social.

## **ABSTRACT**

In the city of Bogotá D.C. There is a problem in the treatment of solid waste including tires of vehicles which after its useful life are thrown into dumps, ravines and often on the streets, this being a problem of public space and in particular the landscape affectation, so it has become a pollution-free environment. To give a solution to this problem was born the idea of this paper, recycle and transform this waste through a manual process that allows to use this material for different alternatives for the management of the tires used in the capital. This topic is unattended since this element is currently not used, so it initially will be a way to be able to generate change to our city, showing easy and simply creating a product of home type, in order to reduce air pollution, solid waste recycling and reuse it, transforming it into a useful product for the society in this way create different alternative solutions with regard to this material make it efficient, profitable, and committed to the environment and social responsibility.

## **INTRODUCCIÓN**

En Colombia y especialmente en la ciudad de Bogotá D.C gran parte de los llantas luego de su uso, son almacenadas en depósitos clandestinos, techos o patios de vivienda y en espacios públicos (lagos, ríos, calles y parques) con graves consecuencias en términos ambientales, económicos y sanitarios. Las llantas usadas se convierten en el hábitat ideal para vectores como los roedores y mosquitos, que transmiten diferentes enfermedades. Cuando las llantas usadas se disponen en botaderos a cielo abierto, contaminan en suelo, los recursos naturales renovables y afectan el paisaje. Adicionalmente, generan dificultades en la operación de los rellenos sanitarios.

Añadidos a los impactos causados por la disposición de neumáticos existen un impacto alto en la fabricación de estos, ya que para su producción requieren diversas materias primas como agua, energía, hidrocarburos, textiles, acero, azufre, pigmentos entre otros, lo cual implica necesariamente un impacto sobre el medio ambiente.

Para el reciclaje de llantas existen diversos procesos ya desarrollados, uno de ellos es el reciclaje, utilizando las diferentes alternativas para decoración de interiores.

Podemos decir en términos generales, que el reciclaje es un proceso fisicoquímico o mecánico que consiste en someter un material ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto, introduciéndolos de nuevo en el ciclo de vida. Existen en el mercado miles de productos que se pueden reciclar, entre los cuales se encuentran las llantas.

En nuestro país, existen normas que reglamentan el tratamiento adecuado de algunos residuos que causan un gran impacto en su disposición final regulados por el Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Resolución 1457 de 29 julio 2010) mediante los planes pos consumo de residuos peligrosos, adicionalmente mediante (RESOLUCIÓN 6981 DE 2011) la secretaria Distrital de Ambiente regulo el aprovechamiento de llantas y neumáticos usados, y llantas no conforme en el Distrito Capital.

Formular e implementar un proyecto enfocado al reciclaje de llantas, es una gran oportunidad para permitir una adecuada disposición a este tipo de residuos, que por ley las empresas importadoras y productoras deben recolectar para poder que este desecho no siga causando impacto ambiental y así poderle dar una vida útil más larga.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

El mercado nacional de llantas consume alrededor de siete millones de llantas al año, incluyendo los segmentos de automóvil particular, camioneta, vehículos comerciales y agrícolas.

El tema de las **llantas usadas en Bogotá** sigue siendo preocupante, en donde se señala que la capital se encuentra en un grave riesgo ambiental por la proliferación de éstas. Las llantas usadas provocan en la ciudad contaminaciones visuales en el espacio público, generación de enfermedades por quema a cielo abierto, **contaminantes de referencia al aire, proliferación de mosquitos y roedores.**

Según la Secretaria Distrital de Ambiente (SDA) en Bogotá cada año **2,5 millones de llantas** cumplen su vida útil, lo anterior indicaría que 1'200.000 llantas no se recogen debidamente y estas serían las que hoy se ven amontonadas o regadas en vías públicas, separadores, parques y lotes de las cuales se estima que 750.000 terminan abandonadas en el espacio público y de cuatro plantas de tratamiento de llantas usadas, solo una pertenece al programa "Rueda Verde.", adicional a esto, en la actualidad existen 92 puntos de recolección en la ciudad los cuales se pueden observar en la **figura 1** y muchos de ellos incumplen requisitos de almacenamiento, mientras que los ciudadanos no tienen información precisa sobre su ubicación y ese problema se puede agravar, si se tiene en cuenta que la SDA (Secretaria Distrital de Ambiente) calcula que este año se pueden generar unos 3 millones y el próximo, alrededor de 3,5 millones.



**Figura1.** Puntos de Recolección de llantas usadas.  
**Fuente:** ambientebogota.gov.co

**Mientras tanto, la SDA ha identificado más de 20 puntos críticos donde arrojan estos artículos.** También ha detectado que el almacenamiento clandestino de este usado predomina en Fontibón, Barrios Unidos, Antonio Nariño, Mártires, Puente Aranda y Suba.

El que no haya un destino final adecuado para las llantas usadas se debe a varios factores:

1. Uno de ellos es que el programa de post-consumo Rueda Verde de la Asociación Nacional de Empresarios (ANDI), solo alcanza a recoger la mitad (52 por ciento) del total del material que se genera al año en Bogotá.
2. Otro aspecto que afecta el reciclaje de las llantas es que la gente desconoce los 92 puntos que hay en la capital para su recolección.
3. La sociedad necesita adquirir conocimiento para reciclar e innovar con las llantas desechadas.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

- Formular alternativas para el manejo de llantas usadas.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Conocer las principales características y componentes de las llantas.
- Evaluar el daño ambiental causado por las llantas desechadas en la Ciudad de Bogotá D.C.
- Investigar las tecnologías existentes para el reciclaje de las llantas en la ciudad de Bogotá D.C.
- Diseñar una Alternativa para el manejo de llantas usadas.



## **2. MARCO CONTEXTUAL**

### **2.1. Origen, composición y características de los neumáticos.**

Una de estas acciones descontroladas es la producción, utilización y supuesto "DESECHO" de las llantas utilizadas en los vehículos automotores, considerando que los materiales utilizados en la fabricación de este producto son extraídos de la naturaleza.

Un neumático es básicamente un elemento que permite a un vehículo desplazarse en forma suave a través de superficies lisas. Consiste en una cubierta principalmente de caucho que contiene aire el cual soporta al vehículo y su carga. Su invención se debe al norteamericano Charles Goodyear quién descubrió, accidentalmente en 1880, el proceso de vulcanización, con el que se da al caucho la resistencia y solidez necesaria para fabricarlo. En la actualidad, la mayoría de los neumáticos de vehículos de pasajeros como los de camión son radiales, por lo que están compuestos de una banda de rodamiento elástica, una cintura prácticamente inextensible y una estructura de arcos radialmente orientada, sobre una membrana inflada y sobre unos aros también inextensibles que sirven de enganche a otro elemento rígido, que es la llanta. También existe otro tipo de neumáticos llamados diagonales, utilizados principalmente en camiones. (*Guía para el manejo de Llantas Usadas, 2006.*)

El caucho natural se extrae a partir del árbol *Hevea Brasiliensis* que es un látex con partículas de caucho en suspensión. Después de un proceso de secado y de ahumado se utilizan diferentes productos. Hoy en día alcanza el 30 % del mercado de los cauchos, el resto lo ocupan los cauchos sintéticos, todos basados en hidrocarburos. Los tipos de caucho más empleados en la fabricación de los neumáticos son:

Cauchos naturales (NR), Polibutadienos (BR) Estireno, Butadieno (SBR) Polisoprenos sintéticos (IR). La matriz de caucho más utilizada es el copolímero estireno-butadieno (SBR), en el que la proporción es de aproximadamente un 25 % en peso de estireno, o una mezcla de caucho natural y SBR. Todos los tipos de cauchos poseen diferentes propiedades, pero también con algo en común: todos, una vez vulcanizados, pueden ser muy duraderos, por lo que necesitarían una gran cantidad de tiempo para su degradación.

Existe otro tipo de material para construir neumáticos el cual es el caucho artificial que se obtiene en su mayoría del petróleo bruto. Hasta ahora el más empleado es el SBR o "Bruna S" a base de estireno y butadieno. El SBR es el que más se ha vendido empleándose para la banda de rodadura de los neumáticos, con un 30 % más de duración que el caucho natural. La mitad aproximadamente del consumo actual de caucho procede de variedades sintéticas. (*Llantas, Diagnóstico ambiental sobre el manejo actual de llantas Secretaría Distrital de Ambiente*), Año 1996.)

## 2.2. Fabricación de los neumáticos.

**Materias primas** : Los neumáticos están compuestas de una gran cantidad de materiales, su Ciclo de vida depende del uso al cual se destinan, sus características especiales como resistencias a la carga, posibilidad de manejar alta presión, características de adherencia, entre otros.

Estos compuestos pueden subdividirse de la siguiente manera:

- **Caucho:** caucho natural, caucho de butadieno estireno, caucho polibutadieno, caucho isobuteno-isopropeno y caucho de isobutenoisopropeno halogenado, compuestos azufrados, resinas fenólicas, hidrocarburos aromáticos, nafténicos y para fínicos, crudos pesados.
- **Textiles:** Poliéster, nylon, entre otros.
- **Pigmentos:** Óxidos de zinc y titanio, negro de humo, entre otros.
- **Antioxidantes y rellenos:** Ácidos grasos, sílica, otros materiales inertes.

Tenga en cuenta que En promedio una llanta de automóvil pesa 11,5 kg cuando está nueva y 9,0 kg después de usada, lo que significa que se pierden por fricción cerca de 2,5 kg.

La cantidad de recursos requeridos para la fabricación de las llantas y los impactos que generan su inadecuado manejo y disposición, hacen necesario revisar la manera como se emplean las mismas, con el propósito de maximizar su tiempo de vida útil, para beneficiar al usuario al permitirle hacerle uso de los recursos por un bajo costo, y al medio ambiente, al disminuir los requerimientos de materia prima y la cantidad de llantas en uso. (*Guía para el manejo de Llantas, Secretaria Distrital de Ambiente, 1996*).

El consumo masivo de llantas en nuestra ciudad abre la puerta a una problemática ambiental significativa, que se fundamenta en la búsqueda de una adecuada gestión ambiental de las mismas al terminar su vida útil, a través de alternativas como el reencauche, el reciclaje y otras formas de valorización de las mismas se pretende lograr la reincorporación de las llantas en la cadena de producción, importación y distribución.

En el caso de las llantas, las encontramos de varias marcas y de calidad diversa, poseen para su fabricación diversos procesos que pueden ser limpios o contaminantes. Por tal razón es importante que el consumidor sepa escoger cuál de las fábricas incorpora en sus procesos productivos prácticas de respeto por el entorno y políticas de responsabilidad ambiental.

En relación con las llantas se debe tener presente que de acuerdo con la calidad en su fabricación poseen un tiempo de vida útil, que a su vez, también depende de los cuidados de operación y mantenimiento y por lo cual serán más o menos contaminantes.

La Gestión de residuos está integrada en el Ciclo de Materiales y por tanto, es necesario que a través de un manejo ambiental de los residuos se concluya apropiadamente el ciclo.

El Plan de Gestión Ambiental del Distrito, adoptado mediante Decreto Distrital 061 de 2003, incluye entre sus estrategias el Manejo del Ciclo de Materiales, a partir del cual se desarrollan los lineamientos para la gestión ambiental de residuos urbanos.

El ciclo de materiales comprende, en términos generales, cuatro etapas principales:

1. **Función fuente de recursos naturales:** Es la etapa en la que se tienen los recursos en su lugar de origen, sin haber sido extraídos aún. Es la oferta de recursos naturales.
2. **Procesos productivos:** Son los realizados por los diversos sectores económicos: industria primaria o extractiva, manufacturera, de servicios, e institucionales. Producto de estos procesos se obtienen bienes y servicios que son usados por los consumidores.
3. **Consumo de bienes y servicios:** En esta etapa, los consumidores usan los bienes y servicios producidos y obtienen de ellos un beneficio.
4. **Función vertedero:** Luego de obtener el beneficio deseado y por tanto de perder el valor de uso, los materiales residuales, así como los provenientes de la etapa dos, deben ser reincorporados al ciclo natural de la mejor forma posible. *(Guía para el manejo de Llantas, Secretaria Distrital de Ambiente, 1996).*

### 2.3 MARCO LEGAL

En la **tabla 1** se encuentra representada la normativa aplicable:

**Tabla 1: Normativa**

<b>Decreto Ley 2811 de 1975</b>	Código de Recursos Naturales.
<b>Ley 9 de 1979</b>	Código Único Sanitario Nacional.
<b>Ley 99 de 1993</b>	Ley del Medio Ambiente.
<b>Decreto 948 de 1995</b>	Marco de las acciones y mecanismos administrativos de las autoridades ambientales para preservar el Aire.
<b>Decreto 979 de 2006</b>	Norma de Calidad del Aire.
<b>Decreto 442 de 2015</b>	Regulación en manejo de llantas usadas en la ciudad de Bogotá y la creación de programas de aprovechamiento y/o valorización de las mismas.
<b>Resolución 0058 de 2002</b>	Se establecen normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos.
<b>Resolución 1488 de 2003</b>	Se establecen los requisitos, las condiciones y los límites máximos permisibles de emisión, bajo los cuales se debe realizar la disposición final de llantas usadas y nuevas con desviación de calidad, en hornos de producción de Clinker de plantas cementeras.
<b>Resolución 391 de 2001</b>	Establece normas técnicas y estándares ambientales para la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire en el perímetro urbano de la Ciudad de Bogotá.
<b>Acuerdo Distrital 19 de 1996</b>	Por el cual se adopta el Estatuto General de Protección Ambiental del Distrito Capital de Bogotá y se dictan normas básicas necesarias para garantizar la preservación y defensa del patrimonio ecológico, los recursos naturales y el medio ambiente.
<b>Resolución 1208 de 2003</b>	Por medio de la cual se dictan las normas técnicas y estándares ambientales para la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire

	en el perímetro urbano de la ciudad de Bogotá, D.C.
<b>Resolución 1689 de 2006</b>	Por medio de la cual se adoptan los términos de referencia del programa de autorregulación ambiental aplicable dentro del perímetro urbano del Distrito Capital.
<b>Resolución 2309 de 1986</b>	Se regula lo relacionado con el manejo, uso, disposición y transporte de los residuos sólidos con características especiales.
<b>Resolución 1045 de 2003</b>	Por medio de la cual se adopta la metodología para la elaboración de los planes de gestión integral de residuos PGIRS.
<b>Resolución 1457 de 2010</b>	Sistema de recolección selectiva de Gestión Ambiental de Llantas usadas y se adoptan otras disposiciones.
<b>Resolución 6981 de 2011</b>	Por la cual se dictan lineamientos para el aprovechamiento de llantas y neumáticos usados, y llantas no conforme en el Distrito Capital.

**Fuente:** (Guía para el manejo de Llantas, Secretaria Distrital de Ambiente, 1996)

## **2.4. MARCO REFERENCIAL**

### **2.4.1. Las llantas.**

Las llantas se definen como un elemento elástico 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. Está constituida por una cubierta, banda de rodadura de goma labrada que evita el derrape del vehículo, una carcasa, estructura resistente formada por capas de hilo o de cables incorporados en el caucho y una cámara de aire, según la Secretaría Distrital de Movilidad.

Es decir, la llanta es un conjunto de componentes que se fabrican y ensamblan con el fin de garantizar su correcto funcionamiento, cada uno de los cuales poseen una función específica y están constituidos por una mezcla particular de materias primas según la Secretaría Distrital de Movilidad. Este conjunto de materiales pueden variar de acuerdo con el tamaño de la llanta, como por ejemplo la composición de una llanta de vehículo y una llanta de un camión. **(Ver tabla 2).**

**Tabla 2:** Composición de los materiales de llantas de automóviles y camiones.

<b>MATERIAL</b>	<b>COMPOSICIÓN (%)</b>	
	<b>AUTOMÓVILES</b>	<b>CAMIONES</b>
Caucho natural	14	27
Caucho sintético	27	14
Negro de humo	28	28
Antioxidantes y rellenos	17	16

**Fuente:** Secretaría Distrital de Movilidad. representa de manera gráfica la estructura de una llanta. **(Ver figura 2).**

**Figura 2.** Estructura general de una llanta de automovil.

**Fuente:** Secretaría Distrital de Movilidad. Diseños Técnico, Legal y Financiero para Implementación de un Plan de Gestión Integral de Aceites Usados, Llantas, Neumáticos y Baterías en el D.C. Bogotá, Colombia,2011.

#### **2.4.2. Producción de llantas usadas en el distrito capital.**

De acuerdo con el diagnóstico realizado por la Unión Temporal OCADE LTDA, en un convenio entre el Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente, hoy Secretaría Distrital de Ambiente, en Bogotá se producen alrededor de dos millones (2´000.000) de llantas al año. **(Ver tabla 3).**

**Tabla 3:** Producción de llantas al año según el tipo de vehículo

PRODUCCIÓN DE LLANTAS AL AÑO SEGÚN EL TIPO DE VEHÍCULO				
TIPO DE VEHÍCULO	No. Vehículos	llantas/vehículos	Total de llantas en uso	llantas generadas al año
<b>PARTICULAR (91%)</b>				
R-13	637637	4	2550548	1096735
R-14	63063	4	252252	108468
Caminón	18200	6	109200	50779
Camioneta	81900	4	327600	212940
Campero	72800	4	291200	122304
motos	36400	2	72800	48048
<b>SUBTOTAL</b>	<b>910000</b>	<b>-</b>	<b>3603600</b>	<b>1639274</b>
<b>Publico (9%)</b>				
Taxi-13	49959	4	199836	199836
Taxi-14	4941	4	19764	19764
Bus	11700	6	70200	70200
Buseta	9900	4	39600	39600
Camioneta	5400	4	21600	15120
Campero	3600	4	14400	7200
Microbus/colectivo	4500	4	18000	23400
<b>SUBTOTAL</b>	<b>1000000</b>	<b>-</b>	<b>383400</b>	<b>342101</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1000000</b>	<b>-</b>	<b>3987000</b>	<b>1981375</b>

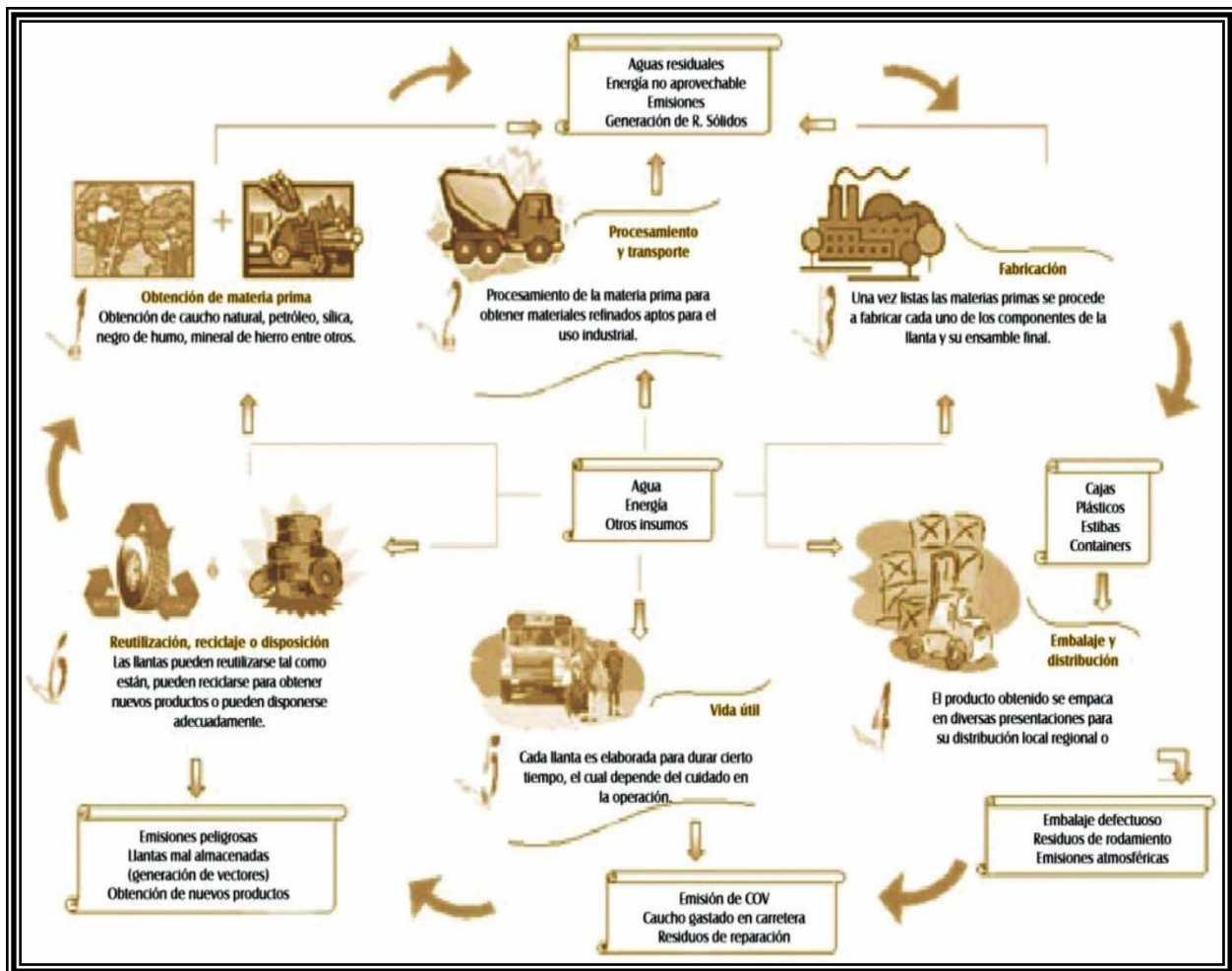
**Fuente:** Unión Temporal OCADE LTDA – SANILAN - AMBIENTAL S.A., PNUD Colombia Diagnóstico ambiental sobre el manejo actual de llantas y neumáticos usados generados por el parque automotor de Santa Fe de Bogotá.

Es importante resaltar que la mayor cantidad de llantas usadas es de uso energético, se utiliza como combustible en los hornos de producción de panela, en las periferias de Bogotá hacia el noroccidente, actividad que genera impactos ambientales y de salud pública relacionados con las emisiones de COVS3 y HAPS4, contaminantes carcinogénicos y mutagénicos, entre otros que causan afecciones al sistema respiratorio y circulatorio, según *Unión Temporal OCADE LTDA*.

### 2.4.3. Ciclo de vida de las llantas.

El ciclo de vida de los productos puede entenderse como cada una de las etapas por las cuales pasa un producto desde su concepción hasta su disposición final.

Todas las etapas del ciclo de vida de las llantas requieren del uso de materias primas e insumos; del mismo modo, en todas se generan residuos, desechos o sub-productos que pueden afectar negativamente el medio ambiente. La figura también nos enseña que la aplicación de metodologías de producción más limpia en las cuatro primeras etapas del ciclo de vida de las llantas está limitado exclusivamente a los proveedores de materias primas y fabricantes de las mismas; sin embargo, nosotros como ciudadanos respetuosos con el entorno estamos en la obligación de influir positivamente en las dos últimas etapas de este ciclo. **(Ver figura 3).**



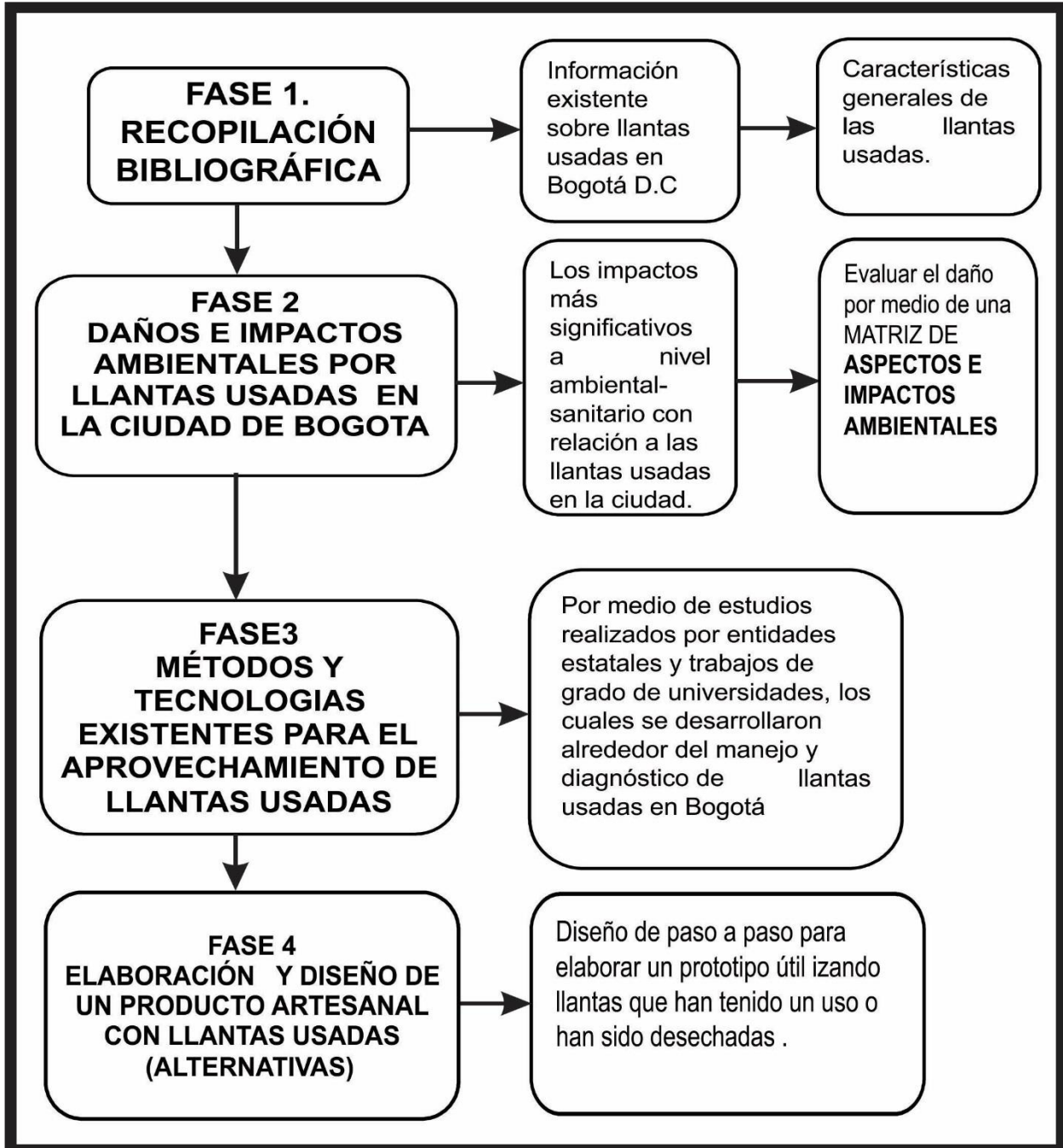
**Figura 3.** Ciclo de vida de la llanta.

**Fuente:** Guía para el manejo de Llantas Usadas, Cámara de Comercio de Bogotá. 2006.



### 3. METODOLOGÍA.

En la **figura 4** se encontrara las fases de la metodología con su respectivo proceso indicando cada uno de los aspectos.



**Figura 4.** Fases de Metodología

**Fuente:** Autores

El desarrollo del presente trabajo de grado se realizó por fases de trabajo a partir de la búsqueda, revisión y análisis de fuentes secundarias de información acerca de los impactos ambientales, sanitarios y sociales, trabajo de campo (visita de puntos de desecho de llantas en Bogotá D.C) y análisis de la normatividad vigente, elaboración del producto artesanal con llantas usadas como alternativa de manejo de este residuo.

### **3.1. FASE 1: Recopilación Bibliográfica:**

La revisión y análisis basado en fuentes secundarias de información, como estudios realizados por entidades estatales y trabajos de grado de universidades, los cuales se desarrollaron alrededor del manejo y diagnóstico de llantas usadas en Bogotá; esto último, como criterio de selección de la información.

- La revisión de información de fuentes secundarias se realizó para la descripción general de llantas.

### **3.2. FASE 2: Evaluación del daño ambiental.**

Para la evaluación de la contaminación y el daño causado por las llantas usadas en la ciudad de Bogotá se elaboró una matriz de aspectos e impactos ambientales en apoyo de los criterios y los parámetros establecidos en la NTC-ISO 14004: 1996 (Sistemas de Administración Ambiental) y donde se consolidó la información recolectada por medio de revisión bibliográfica.

Alternativas de uso de llantas usadas en la ciudad de Bogotá y algunas propuestas de mejorar la generación de las llantas usadas

- Aprovechamiento del material y diseño de productos artesanales.

### **3.3. FASE 3: Tecnologías.**

Tecnologías Por medio de revisión bibliográfica y de estudios realizados tanto a nivel nacional como a nivel internacional mostrar las diferentes alternativas y tecnologías de uso con llantas y cuáles de ellas son aplicadas en la ciudad de Bogotá como procesos de aprovechamiento de este residuo.

### **3.4. FASE 4: Alternativas.**

En la Fase final del presente trabajo se mostraran las alternativas de manejo de las llantas y como resultado final se plantea el diseño de un producto para mostrar una forma de reincorporar al ciclo de materiales las llantas usadas como residuo de interés.

### **3.5. Parámetros para el diseño de matriz de aspectos ambientales.**

Se diseñó una matriz para la identificación de aspectos y valoración de impactos ambientales la cual se construyó teniendo en cuenta los parámetros establecidos en la NTC-ISO 14004: 1996 (Sistemas de Administración Ambiental) y donde se consolidó la información recolectada por medio de revisión bibliográfica. El formato de la matriz de aspectos e impactos ambientales para la evaluación del daño ambiental causado por las llantas usadas en Bogotá.

#### **3.5.1. Evaluación de aspectos e impactos ambientales.**

Antes de nombrar la metodología para la evaluación de los aspectos e impactos ambientales es necesario nombrar que los principales criterios de valoración son:

- La salud humana y los impactos ambientales sobre el medio ambiente.
- Cumplimiento de la legislación vigente.
- Objetivos de salud y medio ambiente con relación a las llantas Usadas en la ciudad de Bogotá.

Los Aspectos e Impactos Ambientales se evaluarán de la siguiente manera:

$$\text{Valor} = \mathbf{S} \times \mathbf{F} \times \mathbf{P} \times \mathbf{SP} \times \mathbf{L}$$

A continuación, se explican cada uno de los indicadores utilizados para la evaluación de los Aspectos e Impactos Ambientales con sus respectivos criterios y escala de valoración.

- **Severidad (S):** Este parámetro determina que tan grave es el daño al medio ambiente considerando la peligrosidad, área de influencia y componente ambiental afectado. Los tres parámetros que determinarán la severidad de la siguiente forma:

$$\text{Severidad} = \text{Peligrosidad} \times \text{Área influencia} \times \text{Componente Ambiental Afectado.}$$

A continuación se presentan los parámetros de evaluación con cada uno de sus criterios de valoración:

- **PELIGROSIDAD** (en la **tabla 4** se encuentra la valoración cuantitativa de los residuos generados)

**Tabla 4.** Valoración cuantitativa según las características de los residuos generados.

<b>CRITERIO</b>	<b>VALORACION</b>
Se genera un residuo con alguna de estas características: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Corrosiva</li> <li>➤ Reactiva</li> <li>➤ Explosiva</li> <li>➤ Tóxica</li> <li>➤ Inflamable</li> <li>➤ Patógena</li> </ul>	10
Se genera un residuo (sin características anteriores)	5
No se genera residuo	1

- **ÁREA INFLUENCIA** (en la **tabla 5** se representa el área geográfica donde se materializa el impacto)

**Tabla 5.** Valoración cuantitativa según el área de influencia.

<b>CRITERIO</b>	<b>VALORACION</b>
<b>Global:</b> Influencia a escala global.	10
<b>Regional:</b> Influencia a escala regional.	8
<b>Zonal:</b> Influencia a escala municipios aledaños a la ciudad capital	6
<b>Local:</b> Influencia a escala perímetro del casco urbano de Bogotá D.C	4

➤ **COMPONENTE AMBIENTAL AFECTADO.**

Para este parámetro se debe tener en cuenta la importancia actual del componente ambiental afectado directamente, es decir, tomar como referencia el estado actual del recurso, por tal motivo se toma la siguiente escala de valoración que se encuentra en la **tabla 6.**

**Tabla 6.** Valoración cuantitativa según el componente ambiental afectado.

<b>CRITERIO</b>	<b>VALORACION</b>
Afecta componente Noosférico (hombre)	10
Afecta componente Hidrosférico (agua)	8
Afecta componente Biosférico (Fauna, Flora y Paisaje)	6
Afecta componente Litosférico (suelo)	4
Afecta componente Atmosférico (aire)	2

- **FRECUENCIA (F):** Este parámetro refleja la periodicidad del impacto, es decir, el número de veces que se presenta el impacto dentro de un periodo de tiempo determinado. De tal forma se establece la siguiente escala de valoración que se encuentra en la **tabla 7.**

**Tabla 7.** Valoración cuantitativa según la periodicidad del impacto.

<b>PERIODO</b>	<b>CRITERIO</b>	<b>VALORACIÓN</b>
Día	Se presenta diariamente (máximo 4 veces)	10
Semana	Se presenta 1 vez por semana (máximo 3 veces)	6
Mes	Se presenta 1 vez por mes (máximo 8 veces)	4
Año	Se presenta 1 vez por semestre (máximo 5 veces)	2

- **PROBABILIDAD (P):** en la **tabla 8** se encuentra la Posibilidad de que suceda el aspecto, produciendo un impacto que afecta el medio ambiente.

**Tabla 8.** Valoración cuantitativa según la probabilidad de que suceda un aspecto ambiental.

<b>CRITERIO</b>	<b>VALORACION</b>
Seguro	10
Muy Probable	6
Poco Probable	4
Improbable	1

- **LEGISLACIÓN AMBIENTAL (L):** Este parámetro establece el grado de cumplimiento con la legislación ambiental vigente que se encuentra en la **Tabla 9.**

**Tabla 9.** Valoración cuantitativa según el cumplimiento de la legislación ambiental vigente.

<b>CRITERIO</b>	<b>VALORACION</b>
Se cumple en la totalidad con la legislación.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ No existe</li> </ul>	1
Incumple con los requisitos exigidos en la legislación. Legislación general y específica aplicable	10

Para la valoración de los aspectos e impactos ambientales identificados se emplearon los siguientes criterios de evaluación:

- **Actividad/Proceso:** se identifican las diferentes actividades del proceso de aprovechamiento de llantas a evaluar, para este caso son las actividades de recepción, clasificación, almacenamiento y desecho de llantas en Bogotá.
- **Aspectos e impactos ambientales:** una vez identificados se determinaron los aspectos relacionados con cada actividad el impacto y el componente ambiental (Agua, suelo, aire, fauna, flora, socioeconómico) asociado a cada uno de ellos, para luego proceder a determinar su significancia.
- **Significancia:** Una vez calificados el criterio legal y el criterio ambiental, se determina la significancia de los aspectos e impactos ambientales identificados en cada actividad (**ver Tabla 11**).

**Tabla 11.** Significancia.

<b>SIGNIFICANCIA</b>	<b>VALOR</b>
<b>NO SIGNIFICATIVO</b>	0 a 14 puntos (BAJA)
<b>SIGNIFICATIVO</b>	Mayor A 15 PUNTOS (ALTA)

**Fuente:** Autores

#### **4. RESULTADOS:**

##### **4.1. FASE 1.**

##### **4.1.1. Características de las llantas.**

Independiente del tipo de llantas, estas son un conjunto de componentes que se fabrican y ensamblan con el fin de garantizar su correcto funcionamiento. Cada uno de los componentes posee una función específica y es constituido por una mezcla particular de materias primas.

Según el fabricante de llantas *Bridgestone*<sup>14</sup>, las llantas están compuestas por diferentes elementos como: Banda de rodamiento, Paredes (costados), Hombro, Talones, Telas de cuerpo (carcasa), Telas estabilizadoras (cinturones estabilizadores),

Relleno del talón (Chafer). En la figura 4 se muestran las principales partes que componen una llanta. **(Ver figura 5).**

A continuación se explica cada uno de sus componentes:

- **Banda de rodamiento:** Es el componente de la llanta más resistente al desgaste por estar en contacto con el camino. La banda de rodamiento tiene que ser diseñada para poseer resistencia al desgaste, tracción, rodado silencioso y baja generación de calor.

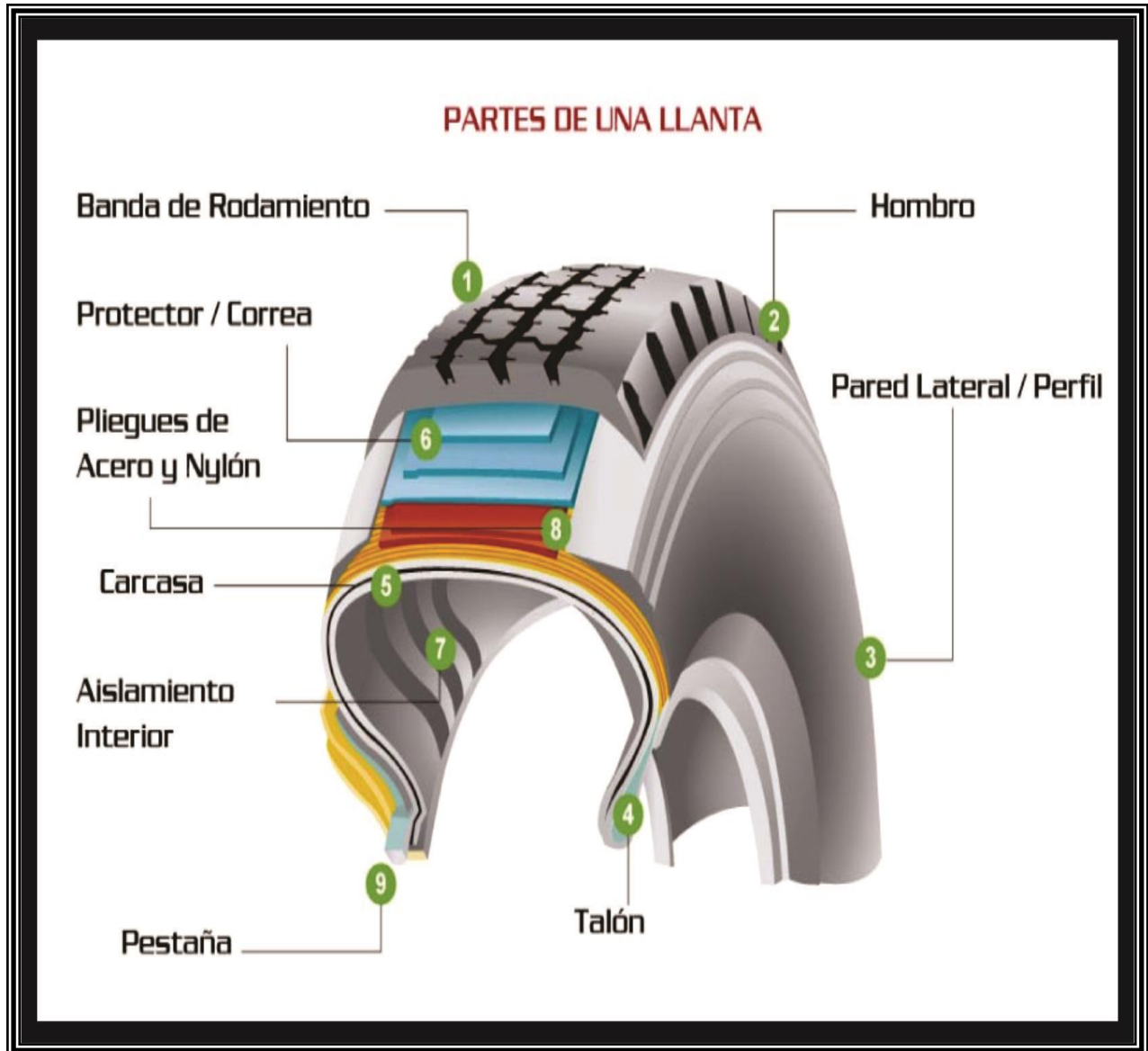
La goma (caucho) de la banda de rodamiento está compuesta de una mezcla de SBR extendido en aceite y elastómeros de polibutadieno (en neumáticos de gran tamaño también se usa caucho natural) que tiene que ser formulada con adición de negro de humo, aceites, agentes vulcanizantes, y otros compuestos químicos y pigmentos. La composición de la goma (caucho), la forma de la sección transversal del rodado, el número de ribetes y surcos, y el diseño de los elementos de la banda de rodamiento es importantes en la determinación de la calidad del desgaste, la tracción y la generación de temperatura de la llanta.

- **Paredes (costados):** Son las porciones del contorno de la llanta entre los talones y la banda de rodamiento que tienen las funciones primarias de soporte y control en el manejo. El término pared también es utilizado para referirse al caucho que cubre a la carcasa y protege de daños por los bordes del camino. El caucho de la pared es un compuesto de alta flexibilidad y resistente al clima.
- **Hombro:** Es la porción superior de la pared justo bajo el borde de la banda de rodamiento. El diseño de los hombros afecta la generación de calor en la llanta y las características de control direccional.
- **Talones:** Están compuestos por alambres de acero de alta tenacidad conformados en un aro inextensible. Las funciones del talón son anclar las telas de cuerpo (carcasa) y retener el ensamble de la llanta con el aro (rin). La forma o contorno del talón se adapta al borde de la rueda para prevenir que la llanta se deslice y desasiente del aro.
- **Telas de cuerpo (carcasa):** Son capas de cuerdas que se extienden de talón a talón y son los miembros estructurales y de refuerzo de la llanta. Las telas son



volteadas hacia arriba alrededor del talón, por lo que permiten bloquear al taloneen la carcasa de la llanta.

- **Telas estabilizadoras (cinturones estabilizadores):** Son capas angostas de cuerdas colocadas directamente debajo de la capa de rodadura de la llanta. Las telas estabilizadoras son de ángulo mayor que el de las telas de la carcasa y actúan restringiendo el movimiento de éstas. Debido a la alta rigidez, las telas estabilizadoras permiten que la llanta resista deformaciones en el área de contacto de la banda de rodadura con el camino. Las telas estabilizadoras deben ser diferenciadas de las telas bajo rodado (cap – ply) que algunas veces se usan en la corona de la llanta. Las telas bajo rodado (cap – ply) tienen un ángulo algo diferente al de las telas de cuerpo pero no las restringen.
- **Innerliner:** Es el sellante. Es una capa delgada de caucho en el interior de la llanta cuya función es contener el aire comprimido.
- **Relleno del talón (Chafer) :** Son cintas angostas de material colocadas alrededor del exterior del talón para proteger las telas de cuerpo (carcasa) contra el desgaste o cortes del aro (rim), distribuyen la flexión sobre el aro y previenen la penetración de humedad y contaminación dentro del neumático.



**Figura 5.** Principales partes de una llanta.  
**Fuente:** [http://www.grupolodi.com/info\\_datos.html](http://www.grupolodi.com/info_datos.html)

Según Carlos Mejía, director comercial de RESOL Ltda, las partes de las llantas que contiene caucho para reciclarlo son: la banda de rodamiento (1), Hombro (2), pared lateral/perfil (3), Talón (4), Carcasa (5), Protector/correa (6), Aislamiento interior (7), Pliegues de acero y nylon (8), Pestaña (9). El acero proveniente de los alambres del talón es vendido a empresas fundidoras.

#### 4.1.2. Materiales que componen las llantas.

Como vimos en el ítem anterior las llantas están compuestas de varios elementos, y cada elemento está fabricado de diferentes materiales. Según Encarnación Cano Serrano 16, en su estudio Valorización Material y energética de Neumáticos Fuera de Uso, las llantas se componen esencialmente de caucho sintético o natural, negro de carbono, óxido de Zinc, azufre, acero, material textil y otros aditivos.

#### 4.1.3. Sustancias contenidas en las llantas.

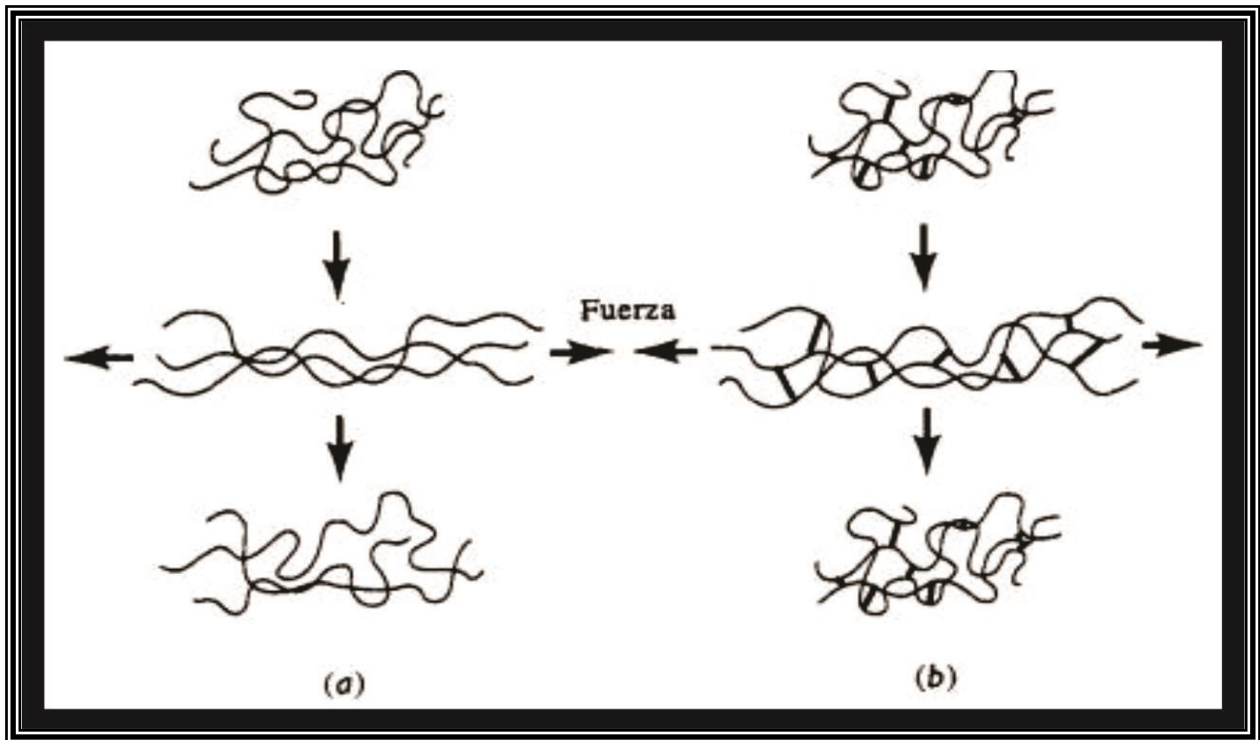
- Caucho/ elastómero
- Negro de Carbono
- Acero
- Textil
- Óxido de Zinc
- Azufre
- Aditivos

El caucho es el principal componente de las llantas, seguido del negro de carbono, entre estos 2 compuestos conforman el 70% de las llantas. A continuación se mostrarán las principales características de estos componentes.

- **Negro de Carbono:** El negro de carbono es un material resultante de la combustión incompleta de los productos derivados del petróleo. Es usado como relleno para el caucho en las llantas, a menor tamaño de partícula de negro de carbono, mayor será la resistencia a la tracción. El agregado de este material aumenta la resistencia a la abrasión y a la rasgadura del caucho.
- a) **Caucho:** El caucho constituye el principal componente de las llantas, éste es un elastómero compuesto por hidrocarburos que surge de como una emulsión lechosa de la savia de algunas plantas, pero también puede ser producido sintéticamente. Según Ana Vella Drunker, profesora de ciencia de los materiales de la universidad Nacional de Rosario, los elastómeros son aquellos polímeros que muestran un comportamiento elástico, son polímeros amorfos que se encuentran sobre su temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ), de ahí esa

considerable capacidad de deformación. Los elastómeros tienen propiedades que los caracterizan, como la deformación y elasticidad. **(Ver figura 6).**

- b) Cuando un elastómero no contiene enlaces cruzados, la aplicación de una fuerza causa a la vez deformación elástica y plástica; una vez removida la carga, el elastómero queda permanentemente deformado.
- c) Cuando existen enlaces cruzados, el elastómero quizá puede sufrir una deformación elástica grande; sin embargo, al eliminar la carga, el elastómero vuelve a su forma original.



**Figura 6:** Propiedad de deformación de los elastómeros.

**Fuente:** Aprovechamiento de llantas usadas para la elaboración de pisos decorativos, Elastómeros, Ciencia de los Materiales, Universidad Nacional del Rosario. (2011).

Las principales características de los elastómeros son:

- **Dureza:** La dureza de los cauchos blandos se mide sobre una escala arbitraria, por medio de un indentador de carga de resorte, que emplea un durómetro. Las lecturas de 30 a 50 son típicas del caucho blando, de 60 a 80 del caucho rígido, de 85 a 95 del caucho duro, y más de 98 para el caucho duro inflexible.

- **Compresión:** La propiedad más importante del caucho sujeta a cargas de compresión, es el módulo de elasticidad. Para el caucho blando varía entre 1 y 10 MPa, mientras que para el caucho duro se encuentra alrededor de 1000MPa. El módulo de elasticidad depende de la temperatura del caucho, el tiempo que el caucho haya estado a la temperatura de prueba, el grado de deformación, y la composición y curado del caucho.
  
- **Resiliencia elástica:** La capacidad del elastómero para absorber energía elásticamente se conoce como resiliencia elástica. Energía acumulada hasta el límite elástico. La buena resiliencia de los elastómeros justifica su uso como medio para absorber las cargas de choque. Los elastómeros tienen alrededor de 3 veces la resiliencia de un acero de alta resistencia.
  
- **Fluencia:** La fluencia se incrementa con el aumento de la temperatura. Las cargas vibratorias producen más fluencia que las estáticas y cuantos mayores sean las vibraciones, tanto mayor será el efecto.
  
- **Histéresis:** Se denomina también fricción interna del elastómero, significa la conversión de energía mecánica en térmica, cuando se carga y se descarga el mismo. Cuanto más blando sea el elastómero, menor será su eficiencia para absorber energía mecánica, mediante su conversión en energía térmica. La conversión de energía mecánica en energía térmica es menos eficiente a temperaturas elevadas.
  
- **Fatiga:** La carga estática requerida para que se produzca una ruptura en el elastómero, es menor cuanto más prolongado sea el tiempo de su aplicación. La vida dinámica de fatiga se acorta apreciablemente por las temperaturas muy por encima de los 40°C o muy por debajo de -7°C.

Los cauchos pueden ser de fuentes naturales o sintéticas, y existen diversas clases. En la **tabla 12** se encuentra la clasificación de los cauchos.

**Tabla 12: Clasificación de los cauchos**

Elastómeros	Cauchos Naturales	
	Cauchos sintéticos	Estireno butadieno (SBR)
		Polibutadieno (BR)
		Isopreno
		Etileno-propileno(EPM-EPDM)
		Isobutileno-isopreno (IIR)
		Cauchos de nitrilo (NBR)
		Policloropreno (neopreno)
		Cauchos fluorados (CFM-FKM)
		Cauchos de silicona (Q)
Termoplástico		

**Fuente:**

[https://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT10\\_valorizacion-energetica-neumaticos.pdf](https://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT10_valorizacion-energetica-neumaticos.pdf) Valorización Material y energética de Neumáticos Fuera de Uso. Confederación Empresarial de Madrid – CEOE.

Según las fichas técnicas de los fabricantes de llantas, donde se reporta su composición, los tipos de caucho más utilizados son: Estireno butadieno (SBR), Polibutadieno y el caucho natural, en **la tabla 13** se pueden observar las principales características de estos elastómeros.

**Tabla 13:** Propiedades del Caucho de llantas

<b>ELASTÓMERO</b>	<b>PROPIEDADES</b>
<b>Caucho Natural (Poliisopreno)</b>	Excelentes propiedades mecánicas, tracción, flexión y compresión.
<b>Polibutadieno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Excelente aislante eléctrico, muy buena resistencia a los ácidos diluidos y detergentes.</li> <li>➤ Buena adhesión a tejidos y metales.</li> </ul>
<b>Butadieno – Estireno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Muy Buenas propiedades mecánicas.</li> <li>➤ Resistente al envejecimiento por calor y oxidación. - Buena resistencia a los ácidos diluidos.</li> </ul>

**Fuente:** Aprovechamiento de llantas usadas para la elaboración de pisos decorativos, Elastómeros, Ciencia de los Materiales, Universidad Nacional del Rosario. (2011).

#### **4.1.4. Impactos ambientales por manejo inadecuado de Llantas usadas.**

Presentamos las consecuencias de algunas prácticas de manejo inapropiadas que impactan sobre el medio ambiente, no sin antes resaltar nuestra responsabilidad como ciudadanos respetuosos con el entorno en la disposición adecuada al momento de reemplazarlas; es decir, cada uno de nosotros debe cerciorarse que el lugar donde dejamos las llantas garantiza su adecuada disposición con el fin de prevenir los siguientes impactos:

#### **4.1.5. Quema a cielo abierto.**

Las emisiones por la quema de llantas a cielo abierto representan un serio impacto negativo a la salud y el medio ambiente.

Las emisiones al aire que produce la quema de llantas a cielo abierto incluyen contaminantes de referencia, tales como material particulado, monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SOx), óxidos de nitrógeno (NOx), y compuestos orgánicos volátiles (COVs). Incluyen también contaminantes peligrosos tales como hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHs), dioxinas, furanos, cloruro de hidrógeno, benceno, bifenilos policlorados (PCBs), y metales pesados como arsénico, cadmio, níquel, zinc, mercurio, cromo, y vanadio. Los compuestos volátiles más abundantes pertenecen a los aromáticos así como los alifáticos, olefínicos, o acetilénicos-sustituidos. Se presentan también compuestos cíclicos, alcanos, alquenos, y dienos. **(Ver Figura 7-8).**

La exposición de las personas a este tipo de emisiones genera impactos significativos a la salud, tanto agudos (de corta duración). Como crónicos (de larga duración). Estos efectos pueden incluir irritación de la piel, ojos, y membranas mucosas, depresión del sistema nervioso central, efectos respiratorios y cáncer (efectos mutagénicos). *(Guía para el manejo de Llantas, Secretaria Distrital de Ambiente, 1996).*





**Figura 7.** Quema de llantas a cielo abierto 1.  
**Fuente:** Periódico EL TIEMPO. Punto noticias (Seminario).



**Figura 8.** Quema de llantas a cielo abierto 2.  
**Fuente:** puntonoticias.blogspot.com

#### 4.1.6. Almacenamiento inadecuado de llantas.

Existen básicamente cuatro impactos asociados con el inadecuado almacenamiento de este tipo de residuos:

1. Proliferación de vectores como mosquitos y roedores debido al estancamiento de las aguas y la inaccesibilidad de zonas de almacenamiento (se recomienda perforar las llantas antes de almacenarlas a la intemperie).
2. Riesgo de incendios incontrolables en lugares donde se apilan gran cantidad de llantas sin la apropiada distribución y medidas de control mínimas.
3. Riesgos de derrumbe cuando se apilan gran cantidad de llantas de manera inadecuada.
4. Deterioro del entorno y del paisaje debido al apilamiento inadecuado.

En las **figuras 9 y 10** encontraremos almacenamientos inadecuados a cielo abierto.



**Figura 9.** Acumulación de llantas por parte de los talleres mecánicos.

**Fuente:** Autores.



**Figura 10.** Inadecuado Almacenamiento de Llantas en zona rural de Bogotá.  
**Fuente:** COLFECAR. Estudios Económicos.

A continuación se presenta algunos puntos críticos con relación a la disposición de llantas en algunas localidades de la ciudad, de igual forma, con las visitas de observación en campo realizadas en las localidades de Usaqué, Suba, Fontibón, se evidencia que el espacio público se encuentra afectado por el arrojado de llantas usadas, las cuales no reciben tratamiento alguno y se pueden evidenciar en las **figuras 11 al 14.**



**Figura 11.** Llantas Usadas en la Localidad de Usaquén.  
**Fuente:** Autores.



**Figura 12.** Llantas Usadas en el espacio público de la Localidad de Suba.  
**Fuente:** Autores.



**Figura 13.** Llantas Usadas en el espacio público de la Localidad de Suba.

**Fuente:** Autores.



**Figura 14.** Llantas Usadas en el espacio público de la Localidad de Fontibón.

**Fuente:** Autores.

## **4.2. FASE 2.**

### **4.2.1. Análisis de la Matriz de aspectos ambientales.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la matriz de impactos ambientales podemos afirmar que la afectación principal de las llantas en materia ambiental es la contaminación del recurso aire, suelo y especialmente la de salud pública.

Los valores resaltados de color rojo, en relación a la evaluación de problemáticas y daños ambientales asociados a las llantas dan a comprender la proliferación de fauna nociva que se aplica a aquellas especies animales, que por condiciones ambientales o artificiales (provocadas por los habitantes de la ciudad y sus acciones), incrementan su población llegando a convertirse en plaga, vectores potenciales de enfermedades infecto-contagiosas o causantes de daños a las actividades o bienes humanos al no poder ser regulada por mecanismos naturales. Este tipo de fauna prolifera en lugares donde la inadecuada práctica de almacenamiento y el poco manejo de los residuos (llantas) han alterado ecosistemas y el espacio público de la ciudad, lo que genera deterioro a los recursos naturales y poca seguridad en materia de salud.

Otra problemática es el incendio incontrolado de llantas lo que genera grandes estragos al ambiente y a la población, debido a que en esta práctica se alcanzan temperaturas superiores a los 1,000 °C, provocando importantes cantidades de hidrocarburos (humo negro espeso) y emisiones nocivas.


La quema de las llantas a cielo abierto, ha demostrado que las emisiones al aire provenientes de esta práctica son más tóxicas que las provenientes de un proceso de combustión normal, sin embargo ambas formas de emisiones, por contaminantes y por inadecuado manejo de llantas a cielo abierto pueden representar efectos agudos (a corto plazo) y crónicos (a largo plazo) para la salud de los habitantes de la ciudad. Dependiendo de la duración y grado de exposición, los efectos a la salud podrían incluir irritación a la piel, ojos y membranas mucosas, trastornos a las vías respiratorias, sistema nervioso central y cáncer.

Existe una alta probabilidad de que se presente un incendio en la ciudad de Bogotá cuando existen llantas almacenadas de manera inadecuada, sea por la combinación de vidrios rotos y luz solar, o de manera intencional. La facilidad de presentarse un incendio es por el alto contenido de materiales combustibles como hule natural, azufre, petróleo, que le confiere un alto poder calorífico en la llanta (7,800 a 8,600 kcal/kg).

Además no hay que dejar a un lado la problemática de impacto visual, sabemos que la existencia de llantas normalmente en tiraderos representa un trágico recordatorio de los grandes fallos en la gestión de los residuos sólidos en cuestión de las llantas, demostrando una gran falencia tanto educativa y social. La falta de higiene en las ciudades e inclusive en las áreas de control como los rellenos sanitarios, indica una carencia en la administración y civilidad de sus pobladores. Así mismo, el impacto visual negativo genera una sensación de repulsión por lo que a los pobladores se les generará un rechazo hacia la zona donde se encuentra debido a la afectación del espacio y el paisaje.

#### 4.2.2. Matriz de aspectos ambientales.

En la **tabla 14** se puede encontrar la matriz de aspectos ambientales con cada representando con color rojo los aspectos más significativos.

 <b>MATRIZ DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES</b>														
ITEM	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN ASPECTO AMBIENTAL	TIPO DE OPERACIÓN			IMPACTO AMBIENTAL	CRITERIO					TOTAL	SIGNIFICATIVO
				ANORMAL	NORMAL	SITUACIÓN DE EMERGENCIA		PROBABILIDAD	FRECUENCIA	EXTENSIÓN	LEGISLACIÓN APLICABLE	AFECCIÓN		
1	Raspado de llanta y Desecho	Consumo de energía eléctrica	Consumo de energía en las actividades diarias.		X		Presión sobre los recursos naturales.	4	4	4	10	4	26	SIGNIFICATIVO
		Generación de residuos especiales aprovechables.	Generación de residuos de papel, cartón, vidrio y plástico cerca a las llantas		X		Contaminación del suelo	4	4	4	10	6	28	SIGNIFICATIVO
		Generación de Enfermedades	Acumulación de Llantas		X		Afectación a la Salud	4	3	4	10	4	25	SIGNIFICATIVO
		Generación de Plagas y Roedores	Generación de residuos		X		Contaminación del espacio Público y Paisajístico	4	3	4	10	4	16	SIGNIFICATIVO
		Generación de residuos	Generación de residuos sobrantes del proceso		X		Contaminación del suelo.	4	4	4	1	1	14	NO SIGNIFICATIVO
		Generación de residuos	Almacenamiento temporal de los residuos clasificados para su posible recuperación		X		Contaminación del suelo	4	4	1	1	2	12	NO SIGNIFICATIVO
		Generación de residuos	Almacenamiento temporal de los residuos clasificados para su posible recuperación		X		Contaminación del aire	4	4	1	1	2	12	NO SIGNIFICATIVO

2	Reparación de la llanta	Consumo de energía eléctrica	Consumo de energía en las actividades diarias.		X		Presión sobre los recursos naturales.	4	4	4	1	4	17	SIGNIFICATIVO
		Generación de residuos	Acumulación inadecuada de Llantas Usadas		X		Contaminación del suelo	4	3	4	1	4	16	SIGNIFICATIVO
		Enfermedades	Proliferación de insectos y roedores		X		Afectación a la Salud Pública	4	3	4	1	4	16	SIGNIFICATIVO
		Generación de residuos	Olores ofensivos		X		Contaminación del Aire y afectación a la Salud	4	4	4	1	1	14	NO SIGNIFICATIVO
		Manejo de residuos Sólidos	Acumulación de Llantas usadas con otros residuos		X		Contaminación del suelo	4	2	1	1	2	10	NO SIGNIFICATIVO
		Manejo de residuos	Deterioro del Espacio Público		X		Contaminación Ambiental	4	2	1	1	2	10	NO SIGNIFICATIVO
		Generación de residuos peligrosos	Generación de residuos peligrosos trapos y herramientas impregnados de sustancias químicas como solventes o pegantes.		X		Contaminación de la Fauna y Flora	4	3	1	4	2	14	NO SIGNIFICATIVO
		Manejo de sustancias químicas	manejo de sustancias químicas-solventes pegantes y líquidos de limpieza y secado		X		Contaminación de suelo	4	3	1	1	0	9	NO SIGNIFICATIVO
		Manejo de sustancias químicas	manejo de sustancias químicas-solventes pegantes y líquidos de limpieza		X		Contaminación del aire	4	3	4	1	0	12	NO SIGNIFICATIVO
3	Desecho de Llantas Usadas	Generación y acumulación de llantas usadas	Acumulación de llantas a cielo abierto		X		Contaminación del aire por quema a cielo abierto	4	4	4	10	4	26	SIGNIFICATIVO

**Tabla 14.** Matriz de aspectos ambientales.  
**Fuente:** autores



### 4.3. FASE 3.

#### 4.3.1. Aprovechamiento y disposición final.

Se presentan a continuación las diferentes alternativas de Aprovechamiento y Disposición Final de las llantas usadas, mediante las cuales se puede lograr un manejo adecuado del residuo minimizando los impactos ambientales.

El aprovechamiento implica procesos de transformación que permiten fabricar productos similares o totalmente diferentes, tomando como materia prima las llantas usadas.

#### 4.3.2. Procesamiento de llantas usadas.

En la actualidad se pueden utilizar diversos métodos para la recuperación de llantas y/o su eliminación controlada con el propósito de minimizar los impactos ambientales asociados con su inadecuada disposición.

Entre ellos se encuentran:

##### 4.3.2.1. Coprocesamiento.

El coprocesamiento de las llantas es un proceso de aprovechamiento que consiste en utilizar en los hornos cementeros el poder calorífico de la llanta para producir energía y en la incorporación del acero en el Clinker obtenido, controlando debidamente las emisiones atmosféricas. **(Ver Figura 15).**



**Figura 15.** Planta de coprocesamiento Ecoltec.  
**Fuente:** [www.quiminet.com](http://www.quiminet.com)

#### 4.3.2.2. Trituración.

Consiste en reducir el tamaño de las llantas a través de diferentes técnicas con el fin de separar el caucho de elementos como el acero y los textiles. El caucho obtenido puede emplearse para la fabricación de nuevos productos y diversas aplicaciones civiles e industriales, como canchas de tenis sintéticas, tapetes, entre otros. **(Ver figura 16).**



**Figura 16.** Planta de trituración ECO GREEN.

**Fuente:** [www.ecogreenrecycling.com](http://www.ecogreenrecycling.com)

Actualmente existen dos tipos de trituración empleadas a nivel piloto e industrial:

➤ **Trituración mecánica.**

La trituración mecánica emplea cuchillas para desmenuzar las llantas; por lo general este tipo de trituración se realiza en cascada es decir, se trituran paulatinamente las llantas hasta alcanzar el tamaño mínimo requerido y luego se emplean clasificadores neumáticos y magnéticos para separar el textil y el acero presentes.

La mayor ventaja de este proceso es que se obtienen productos de buena calidad con un reducido número de etapas de proceso; adicionalmente no requiere de etapas de purificación ya que no se emplean sustancias ajenas a las llantas. *(Guía para el manejo de Llantas, Secretaría Distrital de Ambiente, 1996).*

### ➤ **Trituración Criogénica.**

La trituración criogénica consiste en congelar con nitrógeno líquido llantas enteras, las cuales son golpeadas para obtener el caucho en forma de polvo, con liberación de nitrógeno gaseoso. Este proceso tiene como ventaja el reducido tamaño de las partículas obtenidas, y como desventaja el hecho de que las partículas de acero y caucho se encuentran mezcladas; adicional a esto, requiere instalaciones con altos costos de inversión y mantenimiento, así como maquinaria altamente especializada.

#### **4.3.2.3. Uso en asfaltos modificados.**

Uno de los mayores usos que actualmente se les está dando a las llantas usadas trituradas provenientes de procesos mecánicos o criogénicos es su adición al pavimento asfáltico tradicional. La incorporación del grano de caucho reciclado (GCR) en las mezclas asfálticas ha sido de buena aceptabilidad desde hace algunas décadas en muchos países por los buenos resultados en el desempeño de los pavimentos asfálticos y otras obras civiles.

Existen dos maneras básicas de emplear las llantas trituradas libres de acero y textiles en asfaltos modificados:

#### ➤ **Asfalto modificado convencional**

La fabricación de este tipo de asfalto consiste en mezclar el caucho con el tamaño de partícula apropiado junto con los demás agregados antes de adicionar el asfalto, y se conoce tradicionalmente como asfalto modificado por vía seca; en este proceso se puede incluir entre un 2-15% de caucho con respecto a los agregados. **(Ver figura 17).**



**Figura 17.** Proceso de Obtención de Pavimento convencional.  
**Fuente:** Cámara de Comercio. Guía de Manejo de Llantas en Bogotá.

➤ **Asfalto químicamente modificado**

El asfalto químicamente modificado consiste en mezclar el caucho directamente con el pavimento (ligante), con lo cual se consigue una mayor homogeneidad. La figura 18 muestra el proceso de obtención de este producto. **(Ver figura 18).**



**Figura 18.** Proceso de Obtención de asfalto químicamente modificado a partir de llantas usadas.

**Fuente:** Cámara de Comercio. Guía de Manejo de Llantas en Bogotá

Las mejoras en las propiedades mecánicas y el incremento de la vida útil del mismo (entre 58 y 230%), hace que la relación costo-beneficio sea mayor comparada con la de un pavimento con una mezcla asfáltica convencional. Adicionalmente se reducen los problemas de separación de agregados, la cual llega a valores entre el 2 y 4%. (*Instituto de Desarrollo Urbano, Universidad de Los Andes, 2002*).

La utilización del GCR, además de ayudar a solucionar la problemática ambiental generada por las llantas usadas en la ciudad de Bogotá, proporciona en sus compuestos caucho natural y cauchos sintéticos que le brindan al pavimento elasticidad y mayor resistencia a la fatiga.

Por otro lado, el negro de humo que estas contienen actúa como antioxidante en el ligante, atenuando su envejecimiento y por ende prolongando la capacidad cohesiva del mismo en el tiempo.

#### **4.3.2.4. Uso Industrial.**

Existen gran cantidad de productos que pueden ser fabricados a partir de llantas usadas; los productos elaborados en el ámbito industrial como antideslizantes, superficies de tráfico pesado y soportes requieren de una inversión moderada en equipos e instalaciones. A continuación se describen algunos de ellos:

##### ➤ **Fabricación de baldosas y pistas deportivas.**

Esta es una opción muy atractiva dado que las baldosas de caucho y pistas deportivas proporcionan seguridad al ser empleadas en parques recreacionales y tienen una vida útil muy prolongada. Para su fabricación se parte del caucho triturado, el cual se pulveriza de acuerdo con la calidad requerida, se mezcla con otros polímeros como polietileno y pigmentos y se procesa de acuerdo con la técnica establecida. Vale la pena anotar que este tipo de superficies absorbe gran cantidad de radiación solar, razón por la cual es conveniente que las instalaciones estén acompañadas por cobertura vegetal abundante. **(Ver figura 19).**

Es preciso anotar que en este proceso sólo se deben utilizar llantas Convencionales, teniendo en cuenta que la utilización de llantas radiales implica riesgos por su estructura metálica.



**Figura 19:** Pavimentos de caucho reciclado.

**Fuente:** [www.instaladoresonline.com](http://www.instaladoresonline.com)

➤ **Fabricación de recubrimientos antideslizantes.**

Para el proceso de aplicación de antideslizantes se emplea caucho pulverizado, el cual se emulsiona con otros compuestos y se aplica sobre el revés de la alfombra por medio de rodillos para dar uniformidad; luego se da una textura corrugada a la capa de caucho con el propósito de aumentar la acción antideslizante, la cual finalmente es secada por medio de aire caliente en un horno o estufa diseñados para tal fin. **(Ver figura 20).**



**Figura 20.** Recubrimiento antideslizante.

**Fuente:** [www.imeison.pt](http://www.imeison.pt)

## **4.4. FASE 4.**

### **4.4.1. Alternativa Artesanal.**

En este tipo de alternativa se trata de tener **propuestas originales para reutilizar las llantas usadas**. Algunas las podemos implementar en nuestro hogar y otras son llevadas a cabo por emprendedores y creativos que lanzan al mercado productos estéticamente bellos y ecológicamente responsables.

Es muy poco explorado este campo, pero a la final es demasiado complejo y exitoso, del cual podemos disfrutar de un bello entorno con las grandiosas ideas que se pueden plasmar al recurrir a esta alternativa.

Hay multitudes de uso que se le pueden dar como por ejemplo:

El residuo de llantas ha sido utilizado en diferentes aplicaciones y en la fabricación de elementos como los siguientes:

- Decoraciones locativas.
- Sillas, pouf, mesas comedores, mesa de noche.
- Casas artesanales.
- Tapetes personalizados para el mouse de la computadora.
- Elaboración de tapetes tejidos con tiras de llantas.
- Elaboración de Macetas.
- Juegos infantiles.
- Se utilizan para anclar lonas que sirven para proteger el alimento de los animales.

Pero lo mejor es tener una idea y lograr ejecutar, por lo tanto la alternativa que se elabora por arte y para darle asentamiento al proyecto es la siguiente:



➤ **Plan de trabajo:**

- Se realiza una recoleta del material, en este caso las llantas usadas; estas se conseguirá de manera muy fácil en talleres de autos, motos y con más concurrencia en las calles de la ciudad de Bogotá. **(ver figura 21)**  
Para escoger el material a trabajar se realiza la siguiente clasificación:



**Figura 21.** Llantas usadas para escoger. Av. Cali (localidad de Fontibón).

**Fuente:** Autores

- Se escogen 2 llantas usadas en el mejor estado posible: **(ver figura 22)**.
- Que las llantas no estén muy gastada.
  - Que no tengan hilos filamentosos a la vista para prevenir heridas al manipularla.
  - Las llantas no deben tener ningún agujero en la parte externa para obtener una mejor presentación del producto final.

- Escoger el tamaño adecuado para desarrollar el producto, en este caso será llantas de automóviles.



**Figura 22.** Características aceptables.

**Fuente:** Autores

- Después de obtener las 2 llantas usadas con las características correctas, se procede a trasportarla al lugar donde se va a trabajar y a realizar el siguiente proceso:

- Lavado con detergente ecológico, se quita todo tipo de objeto adherente a las llantas y secado. **(Ver figura 23).**



**Figura 23.** Lavado y secado de las llantas.

**Fuente:** Autores

- Se procede a realizar los orificios donde irán los tubos PVC para luego ensamblarlas y lograr el soporte deseado. **(Ver figura 24).**
  - Los orificios se harán en sólo una de las paredes laterales de cada una de las llantas que darán una forma de triángulo.



**Figura 24.** Agujeros en la parte lateral de cada una de las llantas.  
**Fuente:** Autores

- Después de tener los orificios en cada una de la llantas se procede a pintarlas completamente con pintura de aceite negro brillante. **(ver figura 25).**
  - Al terminar de pintarlas se dejan secar por mínimo 2 horas (120 min) para proceder al ensamblaje.



**Figura 25.** Pintado y secado.

**Fuente:** Autores

- Con 3 tubos PVC de 25 cm de largo y de 3 pulgadas cada uno, se decoraron para dar soporte a las llantas.
- Teniendo listas las llantas y los tubos PVC, los tubos se ensamblan en los orificios realizados anteriormente. **(ver figura 26).**



**Figura 26.** Ensamblaje.  
**Fuente:** Autores

7. Para realizar la decoración de la parte central de las llantas se obtiene un pliego de cartón paja, se recortan los moldes a la medida del orificio central de cada una de las llantas. **(Ver figura 27).**

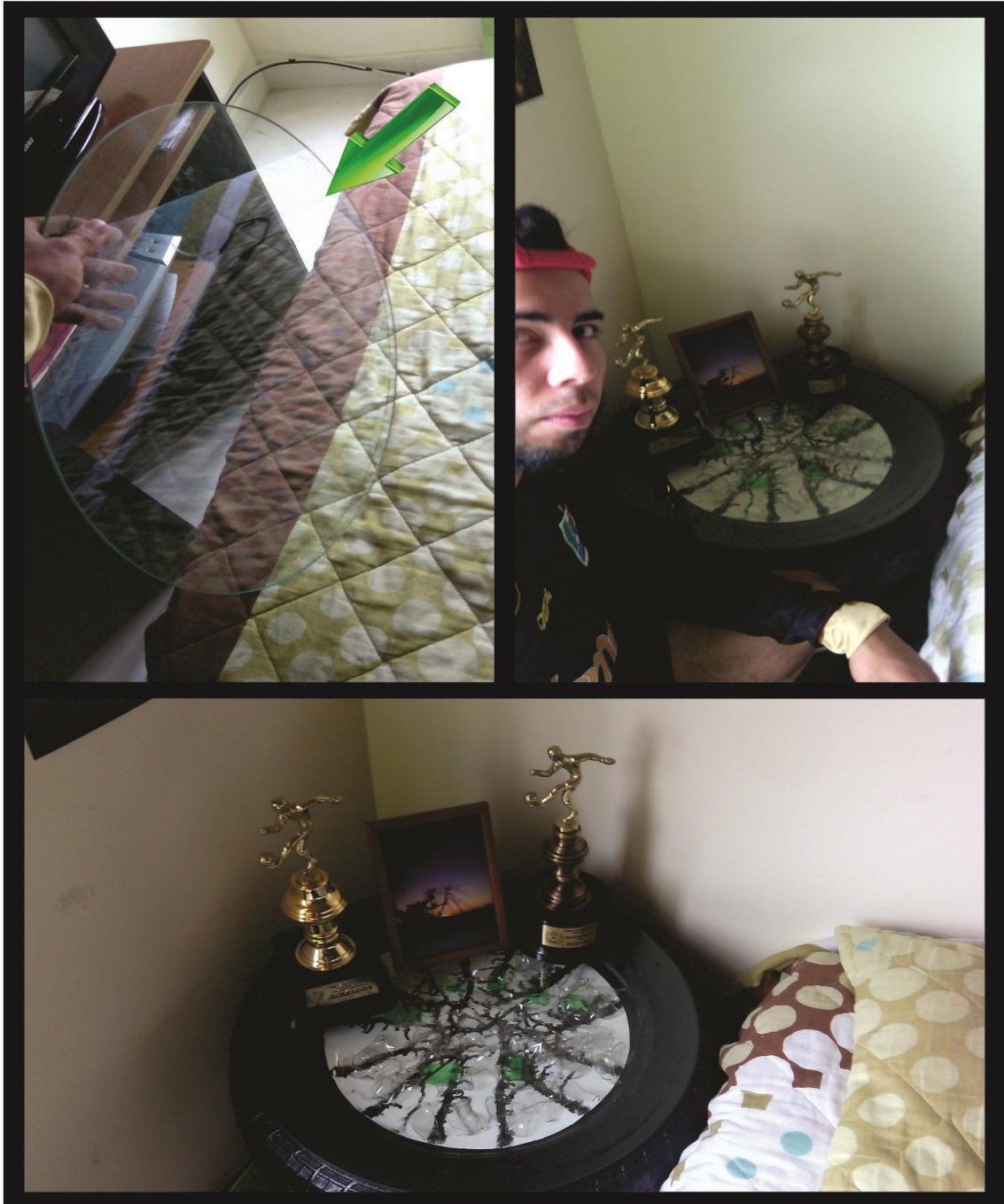
➤ Esto se hace con el fin de dar estética y excelente presentación al producto.



**Figura 27.** Decoración interna.

**Fuente:** Autores

- Se obtiene una figura en vidrio al tamaño de la parte superior de la llanta. (**Ver figura 28**).



**Figura 28.** Presentación del Vidrio.

**Fuente:** Autores



- En la **figura 29** podemos ver el Producto (Craft Wheel) terminado, por lo tanto este está listo para publicar y/o mostrar para la venta.



**Figura 29.** Presentación final del producto terminado.

**Fuente:** Autores

- En la **tabla 15** está el tiempo en que se requiere para cada fase en la elaboración del producto.

**Tabla 15.** Fases representadas en tiempo.

<u><b>FASE</b></u>	<u><b>TIEMPO (MIN)</b></u>
<u><b>1</b></u>	<u><b>30</b></u>
<u><b>2</b></u>	20
<u><b>3</b></u>	10
<u><b>4</b></u>	130
<u><b>5</b></u>	20
<u><b>6</b></u>	30
<u><b>7</b></u>	60
<u><b>TOTAL TIEMPO</b></u>	<b>300 (5 HORAS)</b>

**Fuente:** Autores

- En la **tabla 16** están representados los Gastos generados para el proceso de la mesa (**Craft Wheel**).

**Tabla 16.** Gastos

<b>PARA UNA MESA DE NOCHE DECORATIVA ARTESANAL</b>	
MATERIA PRIMA	<u>\$25000</u>
MANO DE OBRA (5 HRS)	<u>\$13423</u>
UTILIDAD DEL 20%	<u>\$26577</u>
PRECIO DE VENTA	<u>\$65000</u>

**Fuente:** Autores

- En la **figuras 30 y 31** se encontrara la Comparación de precios con la mesa de noche artesanal (Craft Wheel) respecto a una mesa de noche (Terrak) en el mercado.

PRECIO EN EL MERCADO:  
**\$250000**



**Figura 30.** Mesa de noche (**Terrak**).  
Fuente: [www.artesaniadecoracion.com](http://www.artesaniadecoracion.com)

PRECIO:  
**\$65000**



**Figura 31.** Mesa de noche (**Craft Wheel**)  
Fuente: autores

- Diferencia de un producto del mercado (mesa de noche Terrak), comparados con alternativa del proyecto (mesa de noche **Craft Wheel**)
- Diferencia de precios: **\$185000**

En la **tabla 17** se encuentran las características físicas de cada una de las mesas de noche comparando su tamaño, composición y color.

**Tabla 17.** Características físicas de cada una de las mesas.

<b>CARATERISTICAS FISICAS</b>	
<b>TAMAÑO:</b> 60 cm Alto X 50 cm Ancho.	<b>TAMAÑO:</b> 50 cm Alto X 50 cm Ancho.
<b>COMPOSICIÓN:</b> tablero macizo de pino, en costados, frentes, estantes y cajones, traseras y fondos de cajón en MD.	<b>COMPOSICIÓN:</b> soporte superficial en vidrio, cuerpo de la mesa en llanta y soportes en tubo PBC.
<b>COLOR:</b> rustico envejecido.	<b>COLOR:</b> negro

**Fuente:** Autores

- El producto se puede encontrar vía web por la página [www.olx.com.co](http://www.olx.com.co), logrando así venta por este medio.

Primero que todo, la diferencia de precios es muy notable por lo tanto esto quiere decir que es muy eficiente elaborar un producto de este estilo y mucho más eficiente para la venta al público; así mismo estaríamos contribuyendo a la **"no tala de árboles"** y si al aprovechamiento de desechos reutilizables.

Si se llegara a utilizar las millonarias cantidades de llantas desechadas en productos de esta conveniencia lograríamos un gran porcentaje de reducción en la contaminación que este producto causa y mejoraría la cultura ambientalista para las personas que deseen cambiar su mentalidad en este campo.

El producto puede llegar min hasta 10 unidades por semana, y llegar a expandiere aproximadamente a unos 100 mensuales.

#### **4.5. Ventajas y desventajas de los procesos.**

En la **tabla 18** encontramos las Ventaja y desventajas de los diferentes procesos o tecnologías que se utilizan para la disposición final de las llantas usadas.

**Tabla 18.** Ventajas y Desventajas de las tecnologías de aprovechamiento de Llantas Usadas.

<b>PROCESO</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<b>TERMÓLISIS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausencia de combustión o quema directa del material (Ausencia de emisiones).</li> <li>• Se obtiene nuevamente los compuestos originales de las llantas, por lo que es el método que consigue la recuperación total de los componentes de la misma.</li> <li>• Se obtienen metales, carbones e hidrocarburos gaseosos, que pueden volver a las cadenas industriales, ya sea de producción de llantas u a otras actividades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La llanta debe ser sometida primero a una trituration mecánica.</li> <li>• Es necesario infraestructura con gran capacidad.</li> </ul>
<b>PIRÓLISIS</b> <b>T° Altas y Bajas.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de compuestos químicos y gases para ser utilizados como combustible en el mismo proceso o en otra actividad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inversión alta.</li> <li>• Posibles problemas de emisiones atmosféricas</li> <li>• Complejidad a la hora de realizar la separación de la gran variedad de compuestos</li> </ul>

		<p>generados en cantidades mínimas. No es económicamente viables.</p>
<b>INCINERACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genera calor que puede ser usado como energía, ya que se trata de un proceso exotérmico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altos costos de operación.</li> <li>• Dificultad con el manejo de las velocidades de combustión de los diferentes componentes</li> <li>• Proceso altamente contaminante por la producción de sustancias como el Monóxido de carbono, bióxido de carbono, oxido de nitrógeno, COVs, dioxinas, furanos, cloruro de hidrogeno, benceno, PCBs; y metales como arsénico, cadmio, níquel, zinc, mercurio, cromo y vanadio.</li> </ul>
<b>TRITURACIÓN MECÁNICA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los productos resultantes son de alta calidad y limpios de todo tipo de impurezas, lo que facilita la utilización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento constante de algunas partes dela maquinaria (cuchillas y tornillo).</li> </ul>

	<p>de estos materiales en nuevos procesos y aplicaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto desempeño del sistema.</li> <li>• Amigable con el medio ambiente (no genera compuestos contaminantes)</li> <li>• Exige poca mano de obra para operar y reparar el sistema.</li> </ul>	
<p><b>TRITURACIÓN CRIOGÉNICA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las partículas de caucho molidas generadas en este proceso presentan una superficie relativamente suave, un amplio rango de tamaño de partícula así como una mínima oxidación superficial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja calidad del producto debido a dificultad material y económica para separar al caucho del metal y de la fibra textil.</li> <li>• Dificultad de mantenimiento de la maquinaria y de su proceso.</li> </ul>
<p><b>COPROCESAMIENTO</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Co-procesamiento de las llantas de desecho evita el impacto que ocasiona su manejo inadecuado y contribuye a conservar el medio ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se requiere cubrir los costos de logística y amortización de inversiones de equipo necesario para el co-procesamiento</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El uso de alta tecnología, lo que genera efectividad en el proceso.</li> <li>• Proceso continuo</li> <li>• Alta "inercia térmica": Imposible cambio abrupto.</li> <li>• Ambiente alcalino, lo que se alimentan llantas de desecho enteras o trituradas</li> <li>• Reducción del problema de residuos.</li> <li>• Conservación de combustibles no renovables.</li> <li>• No se generan cenizas ni subproductos.</li> </ul>	seguro y efectivo
<p style="text-align: center;"><b>USO EN ASFALTOS MODIFICADOS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No requiere de maquinaria especializada ya que el caucho se mezcla de manera simple con los demás agregados.</li> <li>• Se aumenta la impermeabilidad del asfalto final.</li> <li>• Mejora las características geológicas del asfalto a diferentes temperaturas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La principal desventaja de esta mezcla radica en la tendencia que tienen los agregados a separarse del asfalto durante el almacenamiento; en el asfalto tradicional la separación es de un 2-4%, pero con la adición de caucho esta puede llegar hasta un 25%, lo cual repercute en la calidad y homogeneidad del</li> </ul>



		producto y reduce su tiempo de vida en almacenamiento.
<b>ALTERNATIVA ARTESANAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La elaboración de productos artesanales reduce la generación de llantas en la ciudad.</li> <li>• Son alternativas de bajo costo y de fácil diseño.</li> <li>• Son alternativas auto-sostenibles y autofinanciables.</li> <li>• Reduce costos en inversión de compra de inmuebles para uso casero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene.</li> </ul>

**Fuente:** Autores

## **5. CONCLUSIONES**

- El reciclaje es una actividad poco explotada que tiene todas las oportunidades para ser un gran motor del sector industrial en el país y ayudar de manera positiva al medio ambiente ya que está siendo tan afectado
- En Colombia y el mundo hay muchas empresas recicladoras, pero muy pocas que se enfoquen en el desecho de las llantas y sus derivaciones, por lo tanto hay que promover ideas constructivas para mejorar el impacto de daño ambiental que estas producen.
- Poder demostrar lo que se puede realizar con estos desechos que para muchas personas solo piensan que contaminan, es poder contribuir a cambiar el pensamiento y que las personas se den cuenta que reutilizar este residuo sólido para obtener productos como las mesas y los bolsos vale más que desecharlos a que sigan contaminando el medio ambiente.
- Los productos terminados tienen una mayor durabilidad y mejor precio comparados con los productos conocidos comercialmente.
- En el mercado ya existe la necesidad de éste tipo de proyectos gracias a entidades como el Ministerio de Ambiente, por lo que hay perspectivas de una gran demanda y mercado potencial bastante amplio, tanto a nivel local en Bogotá, como en el mercado nacional e internacional.
- El planteamiento de soluciones prácticas que involucre la utilización de materiales que al finalizar su vida útil son difíciles de disponer, contribuye con la disminución de volúmenes de residuos que son destinados a los rellenos sanitarios.
- La fabricación de productos artesanales a partir del uso de llantas es una solución que disminuye el impacto ambiental generado en la ciudad.
- Los residuos de llantas usadas a pesar de no ser considerados residuos peligrosos son un residuo de manejo especial, por los grandes impactos que ocasiona su mal manejo y disposición.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Impulsar a las personas a que apoye estos proyectos, ya que mejoraría la calidad de vida de los habitantes del terreno nacional.
- Establecer vínculos con empresas Transportistas, para que las llantas que hayan cumplido su vida útil se entreguen y estas mismas empresas apoyen la reutilización de las llantas usadas.
- Entre más diseños podamos obtener para ejemplificar, mucho más podrá ser la reutilización de las llantas usadas.
- La presentación del producto terminado tiene que dejarse conocer a la multitud de personas y también poderlo publicar por los diferentes medios de comunicación y online para lograr atracción hacia ellos y reconocimiento de la labor que se está realizando.
- Se recomienda la elaboración de una cartilla donde se describa el proceso de diseño de los productos artesanales.
- Se planteó una alternativa a la problemática de llantas usadas sin embargo es necesario mayor intervención en el tema por parte de la sociedad como de las autoridades encargadas en temática ambiental y sanitaria.
- Otra recomendación es mejorar la educación ambiental desde cada sujeto, como principales autores de la problemática, generar un cambio individual y colectivo siendo más amigables y sensibles con el ambiente con el entorno que nos rodea.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Guía para el manejo de Llantas Usadas. Un sector transporte con Operación más limpia. Primera edición. Cámara de Comercio de Bogotá. 2006.
- Manejo De Llantas, Usos Alternos en la Ciudad de Bogotá, Online: [http://www.ambientebogota.gov.co/c/document\\_library/get\\_file?uuid=ab80a611-f997-4864-bd6e-7aa0d8680067&groupId=1015](http://www.ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=ab80a611-f997-4864-bd6e-7aa0d8680067&groupId=1015)
- Llantas, Diagnóstico ambiental sobre el manejo actual de llantas Secretaria Distrital de Ambiente),.Año 1996., Editorial Reader's
- <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=45358>
- <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40063>
- <http://www.ecopunto.com.co/NoticiasPrograma.aspx?pid=5a660032-674f-40d3-9a15-caa03a415049>
- <http://www.elespectador.com/noticias/bogota/bogota-se-encuentra-grave-riesgo-ambiental-llantas-usad-articulo-550182>
- <http://www.eltiempo.com/bogota/contaminacion-por-llantas-usadas-en-fontibon/15099082>
- <http://www.andi.com.co/SBCB>
- <http://www.gruporenova.com.br/es/reciclaje.asp>
- [http://www.grupolodi.com/info\\_datos.html](http://www.grupolodi.com/info_datos.html)
- Aprovechamiento de llantas usadas para la fabricación de pisos decorativos, Elastómeros, Ciencia de los Materiales, Universidad Nacional del Rosario.2011.
- Unión Temporal OCADE LTDA – SANILAN - AMBIENTAL S.A., PNUD Colombia, Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente. Diagnóstico ambiental sobre el manejo actual de llantas y neumáticos usados generados por el Parque Automotor de Santa Fe de Bogotá. Bogotá, Colombia
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo sostenible (2010). Resolución 1457. Bogotá, Colombia.
- Secretaría Distrital de Movilidad, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (2011). Diseños Técnico, Legal y Financiero para Implementación de un Plan de

Gestión Integral de Aceites Usados, Llantas, Neumáticos y Baterías en el D.C. Bogotá, Colombia.

- Secretaría Distrital de Movilidad, Secretaría Distrital de Ambiente. Resolución 6981 (2011). Bogotá, Colombia.
- Alcaldía mayor de Bogotá D.C. Instituto de Desarrollo Urbano, Universidad de Los Andes, "*Estudio de las mejoras mecánicas de mezclas asfálticas con desechos de llantas*", Septiembre 23 de 2002, Bogotá. Consultado el 28/10/2015: [[http://www.idu.gov.co/web/guest/tramites\\_documentos?p\\_p\\_id=20&p\\_p\\_action=1&p\\_p\\_state=exclusive&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=&p\\_p\\_col\\_pos=0&p\\_p\\_col\\_count=0&\\_20\\_struts\\_action=%2Fdocument\\_library%2Fget\\_file&\\_20\\_folderId=21&\\_20\\_name=estudio\\_de\\_mezclas\\_asfalticas2.pdf](http://www.idu.gov.co/web/guest/tramites_documentos?p_p_id=20&p_p_action=1&p_p_state=exclusive&p_p_mode=view&p_p_col_id=&p_p_col_pos=0&p_p_col_count=0&_20_struts_action=%2Fdocument_library%2Fget_file&_20_folderId=21&_20_name=estudio_de_mezclas_asfalticas2.pdf)]
- <http://www.ambientebogota.gov.co>
- Estudio de la incidencia del caucho reciclado de neumáticos sobre el medio ambiente y la salud humana. David rosa. Instituto de biomecánica de valencia.2006.

## **GLOSARIO**

**Aprovechamiento.:** es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos.

**Centros de tratamiento y/o aprovechamiento:** sitios en donde se realizan actividades de almacenamiento temporal, separación, clasificación y transformación de llantas y neumáticos usados, y llantas no conforme, sujetos al cumplimiento del ordenamiento ambiental y demás disposiciones vigentes.

**Generador:** Persona natural o jurídica, pública o privada, que produce llantas y neumáticos usados, y llantas no conforme en las condiciones de que trata la resolución 1457 del 29 de julio de 2010, o aquella que la modifique, sustituya o derogue.

**Reciclaje de llantas y neumáticos usados y llantas no conforme:** es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman las llantas usadas recuperadas y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos.

**Llanta y neumático usados:** toda llanta y neumático que ha finalizado su vida útil y se ha convertido en residuo sólido.

**Llanta no conforme:** toda llanta que no cumple con los requisitos técnicos o que presenta defectos de fabricación para su uso normal y natural en vehículos automotores.

**Tratamiento:** es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de las llantas o neumáticos fuera de uso, incrementando sus posibilidades de aprovechamiento o para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana.

**Trituración criogénica:** Proceso de trituración a neumáticos que son sometidos a bajas temperaturas, del orden de -195.8 °C que corresponden a Nitrógeno líquido, en forma de espuma criogénica, en un túnel de ciclo cerrado aislado al vacío, para lo cual el caucho se vuelve frágil y quebradizo, obteniéndose la separación de cenizas, acero y fibra textil.

**Grano de caucho reciclado(gcr) :** todo aquel producto obtenido del proceso de trituración de llantas y neumáticos usados y de llantas no conforme, compuesto

fundamentalmente por caucho natural y sintético, que no contiene materiales ferromagnéticos, textiles, y/o elementos contaminantes.

**Recolección selectiva:** Es la separación por tipos de residuos en el punto de generación y el transporte manteniendo la selección. La recolección de llantas usadas de forma diferenciada de otros flujos de residuos de manera que faciliten su posterior gestión y manejo ambiental.

**Reencauche:** Proceso mediante el cual se elimina mediante el raspado la banda de rodamiento vieja y desgastada de una llanta usada y es reemplazada por una nueva, permitiendo aprovechar el armazón de la llanta usada por lo menos dos veces

**Regrabado:** Proceso mediante el cual se realizan nuevamente las ranuras milimétricas de una llanta lisa por el uso para que quede casi como una nueva.

**Residuo sólido:** Se define como cualquier objeto o material de desecho que se produce tras la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo y que se abandona después de ser utilizado. Estos residuos sólidos son 5 susceptibles o no de aprovechamiento o transformación para darle otra utilidad o uso directo.

**Valorización energética:** Es el uso del potencial de aprovechamiento de las llantas usadas como fuente alterna de energía, con el cumplimiento de la legislación ambiental vigente.

**Punto de Recolección:** sitio o lugar acondicionado y destinado a ofrecer a los consumidores la posibilidad de devolver las llantas usadas para su posterior gestión y manejo ambiental.

**Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas:** Instrumento de control y manejo ambiental que contiene los requisitos y condiciones para garantizar la recolección selectiva y gestión ambiental de las llantas usadas por parte de los productores.