



## **Ecofibras de caucho**

**John Acosta Pinzón**  
**Maicol Andrés Garzón Lagos**  
**Harley Stiven Tovar Jiménez**

Universidad EAN  
Facultad de Ingeniería  
Proyecto de grado  
Bogotá, Colombia  
2022

## Resumen Ejecutivo

La creciente y desmedida fabricación de neumáticos radiales y su disposición no segura a diario conforman uno de los mayores problemas ambientales. De acuerdo con el Ministerio de Ambiente (Resolución 1457 del 2010), Colombia cuenta con un tratamiento de neumáticos irregular ya que solo un bajo porcentaje es llevado a disposición segura y los otros son abandonados en calles, llevados a rellenos sanitarios o lo que es peor son incinerados.

Con el fin de ser agentes de cambio y generar un aporte positivo al ambiente nace este proyecto de grado que genera un análisis documental y como resultado tenemos un proceso simulado por medio de herramientas tecnológicas de tratamiento de neumáticos radiales para la fabricación de fibras textiles, aprovechando algunas de sus propiedades físico - químicas, extendiendo así su vida útil y generando un impacto ambiental.

El cumplimiento de este proyecto radica en el desarrollo de lo que denominamos etapas de proceso:

- Análisis documental y bibliográfico para la obtención de datos y propiedades del material.
- Programación del simulador que nos permita comprobar nuestros procesos y alcances.
- Pruebas simuladas por herramientas tecnológicas que permitan someter las fibras textiles de caucho para obtención de datos, medidas, parámetros.

**Palabras clave:** (fabricación, fibras textiles, herramientas tecnológicas, impacto ambiental, neumáticos radiales, simulaciones).

## Abstract

The growing and excessive production of radial tires and their daily unsafe disposal is one of the biggest environmental problems. According to the Ministry of Environment (Resolution 1457 of 2010), Colombia has an irregular treatment of tires since only a low percentage is taken to safe disposal and the others are abandoned in the streets, taken to landfills or worse are incinerated.

In order to be agents of change and generate a positive contribution to the environment, this degree project is born, which generates a documentary analysis and as a result we have a simulated process through technological tools for the treatment of radial tires for the manufacture of textile fibers, taking advantage of some of its physical and chemical properties, thus extending its useful life and generating an environmental impact.

The fulfillment of this project lies in the development of what we call process stages:

- Documentary and bibliographic analysis to obtain data and material properties.
- Programming of the simulator that allows us to check our processes and scopes.
- Tests simulated by technological tools that allow us to submit the rubber textile fibers to obtain data, measurements, parameters.

**Keywords:** (environmental impact, manufacturing, radial tires, simulations, technological tools, textile fibers).

## 1. Introducción

Los compuestos químicos de los neumáticos radiales contienen agentes contaminantes que generan un gran impacto ambiental, a pesar de los esfuerzos de algunas compañías para reutilizar el neumático por medio de diferentes procesos, actualmente según cifras de la DIAN, en Colombia en el año 2020 se importaron 1.350.000 llantas, de las cuales se reencauchó solo un 29 %. El total de llantas usadas que terminaron en calles y rellenos sanitarios es de 958.500 unidades. Semana (2021).

El tema principal de esta investigación es utilizar un disolvente con el cual se pueda someter el neumático a un tratamiento para suspender o extraer alguno de los compuestos químicos más contaminantes sin que pierda propiedades importantes como la resistencia, rigidez y flexibilidad. Posteriormente realizar un proceso de trituración mecánica para obtener una materia prima textil que sirva para la producción de una gran variedad de productos.

El desarrollo del proyecto se realizará con el uso de herramientas tecnológicas con el fin de obtener una simulación real del proceso y también llevar un control de datos de medición, pruebas e indicadores los cuales se verán reflejados a través de un aplicativo en donde los usuarios interesados puedan ver información relevante y concreta.

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo general

Diseñar y evaluar por medio de simulaciones tecnológicas fibras textiles a base de neumáticos radiales que cumplan con determinadas propiedades físico - químicas.

### 2.2 Objetivos específicos

- Realizar un investigación documental y bibliográfico de los compuestos, propiedades fisicoquímicas, estructuras y disposición final de neumáticos radiales
- Disponer y reutilizar de forma segura de neumáticos radiales.
- Eliminar o reducir concentración de compuestos contaminantes presentes en los neumáticos con solventes verdes para obtener productos con menos impacto ambiental comprobado por medio de simulaciones Aspen.
- Hacer transformación mecánica a los neumáticos radiales por medio de simulaciones con herramientas tecnológicas.
- Programar simulador con la línea de procesos para obtener fibras textiles a base de caucho.
- Realizar pruebas de resistencia, tensión, durabilidad, tenacidad las fibras textiles en base de caucho por medio de simulación en SolidWorks.
- Programar un aplicativo que permita registrar los datos obtenidos para ser usados por clientes y en nuestro sistema de datos para estimar resistencia de productos y cantidad de material por obtener.

### 3. Definición del problema

El problema principal de esta investigación consiste en que no existe un proceso o tratamiento que sirva para extraer alguno de los componentes químicos más contaminantes del neumático antes de ser llevado a una trituración mecánica o procedimientos de reencauchado, regrabado o reutilización de este. Esto sin mencionar la incorrecta disposición final de llantas en Colombia que llegan a rellenos sanitarios tal y como cita el Ministerio de Ambiente (Resolución 1457 del 2010), en Colombia gran parte de las llantas luego de su uso, son almacenadas en depósitos clandestinos, techos o patios de casas 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 las ratas y mosquitos, que transmiten enfermedades como el dengue, la fiebre amarilla y la encefalitis equina. Cuando las llantas usadas se disponen en botaderos a cielo abierto, contaminan el suelo, los recursos naturales renovables y afectan el paisaje. Adicionalmente, generan dificultades en la operación en los rellenos sanitarios.

#### **Figura 1**

*Acumulación de neumáticos*



*Nota.* Los neumáticos tardan alrededor de 100 años en descomponerse.

Con esta iniciativa se puede dar respuesta a dos grandes problemáticas de impacto ambiental mencionadas anteriormente, brindando la disposición final adecuada del neumático y con un tratamiento previo a la trituración mecánica, extraer algún compuesto químico con alto grado de contaminación sin que el neumático pierda propiedades importantes como rigidez, resistencia y flexibilidad para obtener una materia prima textil usada en la producción de varios productos. No obstante, encontrar un disolvente que cumpla con dichas características es objeto de investigación que se encuentra en etapa de emprendimiento.

## **Figura 2**

*Componentes químicos del neumático*

Elemento	Porcentaje
Carbono (C)	70
Hidrogeno (H)	7
Azufre (S)	1..3
Cloro (Cl)	0,2...0,6
Fierro (Fe)	15
Oxido de Zinc (ZnO)	2
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	5
Cromo (Cr)	97-ppm
Níquel (Ni)	77-ppm
Plomo (Pb)	60-760ppm
Cadmio	5-10ppm
Talio	0,2-0,3ppm

*Nota.* Adaptado de MATERIALES Y COMPUESTOS PARA LA INDUSTRIA DEL NEUMÁTICO (p. 5), por G. Castro, 2008, Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A.

#### **4. Justificación**

En pleno siglo XXI la necesidad de pensar en proyectos que sean sostenibles es fundamental, por tal razón se plantea esta idea de investigación que va orientada a la correcta disposición y tratamiento de neumáticos, con la finalidad de transformarlos en una materia prima sustentable a través de una cadena de producción con un modelo de economía circular. Adicionalmente, favoreciendo el uso de la tecnología como medio principal para la realización del proyecto obteniendo como resultado un estudio que se vea reflejado a través de un software de simulación y análisis de datos, de modo que al ser implementados de manera practica tengan el mismo efecto esperado.

## **5. Análisis de requerimientos**

### **5.1 Intención del producto**

Son fibras textiles a base de caucho proveniente de la reutilización de neumáticos radiales, que constantemente representan un daño ambiental en nuestro ecosistema, se pretende que dichas fibras sean la materia prima para la posterior fabricación de productos al mercado como carpas, telas entre otros.

Para obtener dichas fibras los neumáticos radiales se deben someter a un proceso de trituración este método es netamente mecánico, no maneja químicos, ni calor ya que consiste en reducir el tamaño del neumático pasando este por una máquina de corte que logra transformarlo en fibra de caucho o caucho granulado, el acero es retirado por medio de otra máquina que separa los alambres que están presentes en la llanta. Seguido a este paso la fibra de caucho se somete a un tratamiento con un disolvente verde cuya función principal es eliminar un componente contaminante o tóxico del neumático para que sea más sostenible. El producto final, es separado para la posterior distribución hacia las fábricas de producción textil que estén interesadas.

### **5.2 Verificación de parámetros de diseño**

El producto final será diseñado con herramientas tecnológicas como Aspen para la simulación del proceso químico para la eliminación de agentes contaminantes, SolidWorks para hacer las pruebas de resistencia, tensión, durabilidad y tenacidad de las fibras textiles a base de neumáticos radiales. Del mismo modo con elementos de programación de software y bases de datos se desarrollará un aplicativo que permita obtener datos reales de medición, porcentajes y cifras que le permitan a los usuarios conocer los siguientes aspectos:

- ¿Qué productos se pueden hacer a partir de las fibras de caucho?
- ¿Cuántos neumáticos se necesitan para generar un producto?
- ¿Cuál es el porcentaje de reducción de contaminación?
- ¿Qué tanta materia prima sale a partir de un neumático dependiendo su medida?

### **5.3 Especificaciones del producto.**

Software a desarrollar, Monitoreo y análisis de resultados.

Según la resolución 1326 de 2017, los productores de llantas tienen la obligación de seguir a detalle esta resolución con el fin de prevenir y controlar la degradación ambiental. Esto sumado a una jerarquía a la hora de la reutilización de neumáticos radiales donde prima la reutilización por el método de rencauche y como segunda prioridad fomentar el aprovechamiento de llantas usadas.

Así que, para cumplir con todos estos requerimientos, nosotros como futuros comercializadores del producto, la investigación previa deberá cumplir con unas especificaciones. Como resultados investigativos el producto deberá cumplir con los requisitos exigidos en la legislación ambiental vigente, esto a través de estandarización de resultados, resultados suministrados por simulaciones a escala en Super pro Designer y Solid Works.

Cuando hablamos de resultados, se trata de tener todas las especificaciones del producto en un sistema, con información objetiva de su ciclo desde la materia prima, hasta la reutilización de la materia prima trabajada, por ejemplo: peso, número de llantas por metro de fibra, cantidad de kv ahorrados por número de llantas etc. Cumpliendo con información técnica del producto desde la economía circular.

Dicho sistema cumpliría con dos grandes objetivos, el primero ya mencionado anteriormente, y el segundo, monitorear 24/7 la producción de la fibra con el único fin de que se puedan analizar datos obtenidos, esto para medir resultados y rentabilidad de la reutilización de neumáticos.

## 6. Antecedentes

## 7. Marco de referencia

El neumático se ha venido convirtiendo en un elemento vital para el alargamiento de la vida del transporte público, privado y automotor, ya que entra en los aspectos críticos de una compañía, como lo es el confort de los pasajeros y/o el cuidado de las mercancías que se transportan. Dependiendo de control, conocimiento de sus propiedades y características del neumático, dependerá directamente la garantía y eficiencia a la hora de movilizarse, y cuando se habla de eficiencia se tiene en cuenta minimización de costos tanto en la producción como en la explotación de materia prima. Un correcto mantenimiento de esto es garantía tanto para el que va en el automotor como el peatón.

Según el Dr. Aguilar Trujillo, uno de los aspectos para tener en cuenta a la hora de la fabricación de los neumáticos es la alta incidencia de la mano de obra, ya que esta es la que representa mayores costos a la hora de fabricación. Para solucionar este problema y para disminuir costos en el proceso, se pueden hacer 2 cosas: construcción de grandes fábricas automatizadas y/o incremento de la productividad.

En consecuencia, las grandes productoras de neumáticos en el mundo han diseñado varios procesos para cumplir con lo anterior como lo son *proceso de fabricación continua, compuesto en frío. Proceso de fabricación integrado de precisión, montado mediante tecnología celular o Proceso de fabricación modular*. En el proceso, varias empresas se han interesado no solo en aumentar la eficiencia a la hora de la producción del neumático, sino también cuando se pone en disposición final. Una solución que

representa menor costos cumple con economía circular y es segura es el rencauche de las llantas radiales. Para entender mejor este proceso vamos a explicarlo brevemente. Se basa en 3 partes, La revisión de las cáscaras, que son la parte externa de la llanta, clasificarlas y evaluarlas para ver si pueden pasar al siguiente paso, proceso caliente: consiste en la incorporación de la goma con un fuerte adhesivo a la banda(nueva) para seguir según especificaciones del producto al labrado. Por último, proceso frío, donde se vulcaniza la goma, y se retira cuanto se tengan los datos adecuados de temperatura, presión velocidad, rigidez y tiempo. Dicho reencauche viene a utilizar el 70% del neumático original, lo cual significa un importante ahorro energético.

Desde hace algunos años a raíz de la alta contaminación generada por la inadecuada disposición de neumáticos, un gran número de compañías se han dedicado al reciclaje y reutilización de neumáticos a partir de diferentes procesos mecánicos y químicos para la obtención de fibras de caucho o caucho reciclado granulado, el cual es una materia prima que puede ser usada para la creación de diferentes productos. Algunas de ellas son Ecoarea, Hulex, Alforex LTDA y Platigoma, las cuales se dedican a la producción, distribución y mercadeo de alfombras, tapetes publicitarios y atrapa mugre, pisos de caucho, grama sintética, juegos de tapete para vehículo, juegos de baño, pie de camas, cortinas y persianas, donde algunas de ellas utilizan una combinación de caucho reciclado con otro polímero o productos 100% de caucho reciclado (Salvador Martínez, 2016).

### **Figura 3**

*Fibra de caucho*

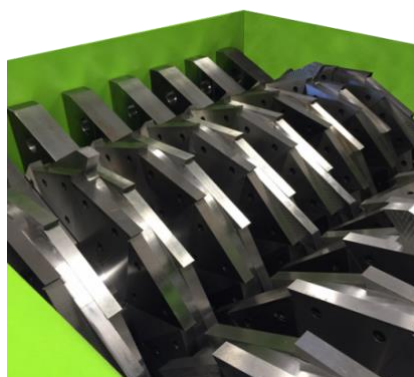


*Nota:* La fibra de caucho es una materia prima para la fabricación de diferentes productos.

Los métodos más comunes para el aprovechamiento de neumáticos son por medio de trituración mecánica o termo-mecánica y a través de procesos químicos con disolventes, estos métodos se han implementado exitosamente en diferentes compañías dedicadas al aprovechamiento de neumáticos desde hace varios años, sin embargo, como mencionan (Peláez Arroyave, G. J., Velásquez Restrepo, S. M., & Giraldo Vásquez, 2017). La búsqueda por nuevas aplicaciones para el caucho reciclado debe orientarse a obtener productos con mayor valor agregado, para que esta alternativa planteada sea económicamente atractiva, tenga mayores posibilidades de comercialización y consecuentemente al aumentar los volúmenes de utilización de caucho reciclado, se disminuya el impacto ambiental de la disposición de los residuos de caucho.

#### **Figura 4**

*Máquina de trituración*



*Nota.* Adaptado de Eco Green, 2016, Trituradora de Neumáticos Industriales.

<https://bit.ly/36DszQO>

Por tal razón, el estudio principal de esta investigación es realizar por medio de simulaciones tecnológicas un proceso de aprovechamiento de neumáticos con un valor agregado después de realizar la trituración mecánica, consiste en aplicar un disolvente verde con el cual se pueda reducir alguno de los agentes más contaminantes del neumático para entregar un producto final sostenible e innovador. El uso de disolventes en neumáticos se puede comportar de diferentes maneras, dependiendo del disolvente el caucho se hincha primero poco a poco hasta la consistencia de gel y después éste se

dispersa formando una solución. El caucho bruto aumenta de 10 a 40 veces su propio peso en disolventes que a la temperatura ordinaria forman gel con el caucho. (Castro, G., 2008).

## **8. Análisis de restricciones.**

Los problemas de ingeniería pueden tener muchísimas soluciones. Los ingenieros resuelven diversos problemas que tiene la sociedad, la industria, se habla de 104 soluciones para un problema específico. Al realizar el análisis de restricciones se debe revisar información de carácter técnico, normativo, económico, social, ambiental y cartográfico. De todas las soluciones que se puedan tener, la ingeniería encuentra restricciones como las siguientes:

### **8.1 Ambientales:**

Aun cuando los aspectos negativos del análisis son flexibilidad/opción en el proyecto, disposición final, residuos, consumo del agua, salud y seguridad, se debe tener en cuenta que aspectos como la flexibilidad no es de gran relevancia al proyecto puesto que no se permite modificaciones al alcance es por su concepción de proyecto social y ambiental, la disposición final es importante a tener en cuenta ya que las llantas tienen un ciclo de vida mayor a 500 años por lo cual una vez se tenga una estabilidad se puede buscar nuevos productos o formas de transformación de estas llantas, se debe evitar usar mucha cantidad de agua en el momento de lavar las llantas, adicional se debe tener en cuenta normas de salubridad y almacenamiento de las llantas de no ser así se podrían generar daños al ecosistema mayores.

En la indagación de nuestro proceso en la reutilización de neumáticos radiales encontramos restricciones fundamentales como:

- Disposición de aguas residuales: teniendo encuentra que después de realizarse la recolección de las materias primas estas deben ser lavadas y por lo tanto

generaríamos residuos de aguas, por análisis existentes es de pleno conocimiento las condiciones que son obtenidos los neumáticos radiales lo que por consiguiente tendríamos aguas residuales contaminadas.

- Disposición de aguas residuales en la transformación: A pesar de que nuestro proceso de transformación de neumáticos radiales solo se usaran solventes verdes, y se reducirá los componentes contaminantes como azufre y plomo entre otros, pese a esto por normativa y decreto nacional obtendríamos aguas no potabilizadas que podrían contaminar fuentes hídricas de este uso según lo estipulado en La norma de vertimientos, la Resolución 0631 de 2015 reglamenta el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010 y actualiza el Decreto 1594 de 1984 la cual está en funcionamiento desde hace 30 años, respondiendo a la nueva realidad urbana, industrial y ambiental del país. Esta permite el control de las sustancias contaminantes que llegan a los cuerpos de agua vertidas por 73 actividades productivas presentes en ocho sectores económicos del país.

Esta Resolución es de obligatorio cumplimiento para todas aquellas personas que desarrollen actividades industriales, comerciales o de servicios y que en el desarrollo de las mismas generen aguas residuales, que serán vertidas en un cuerpo de agua superficial o al alcantarillado público.

El control se realiza a partir de la medición de la concentración de las sustancias descargadas a los cuerpos de agua y que afectan la calidad del agua. A partir de lo dispuesto en esta Resolución la medición de las sustancias contaminantes se realizará en mg/L, como se venía haciendo con el Decreto 1594 de 1984. Lo anterior permite contar con parámetros fijos a cumplir según la actividad productiva.

Las autoridades ambientales son las responsables de hacer un seguimiento y control al cumplimiento de esta Resolución a través de los permisos de vertimientos sobre quienes desarrollen actividades industriales, comerciales o

de servicios y que en el desarrollo de las mismas generen aguas residuales que son vertidas sobre cuerpos de agua superficiales o al alcantarillado público.

- Disposición de residuos y obtención de energía por combustión: Para nuestros proyectos de transformación se restringe cualquier proceso que genere la quema irregular, no controlada, no regulada y/o no autorizada de neumáticos y derivados de cauchos del mismo por la regulación y el cumplimiento de Colombia en la COP 21 de 2015 en la conferencia de naciones unidas por el cambio climático, lo que genera restricciones adicionales en el resolución 1457 de 2010 en la que desde su creación se prohíbe como disposición final la quema de neumáticos sin regulación del ministerio de ambiente o con veeduría de las corporaciones autónomas regionales.
- Producto final: según la norma de disposición final en la resolución 1457 de 2010 en su artículo 16 disposición final se debe regular la disposición en los procesos de transformación en productos o áreas que no se encuentren en contacto directo y permanente con la población o ecosistemas vegetales y de consumo ya que el deterioro del neumático genera residuos altamente contaminantes como sería material particulado de azufre plomo entre otros.

## 8.2 Económicas:

Altos costos en la adquisición de máquinas para la transformación de neumáticos radiales.

- **Trituradoras de neumáticos:** esta maquinaria viene en dos modelos, la trituradora ECO Monster (1 eje) y la trituradora ECO Green Giant (2 ejes). Ambos modelos son trituradoras primarias en lo que sería la primera etapa del proceso de reciclaje de neumáticos fuera de uso. Son responsables de cortar y aplastar el neumático de su forma original para lograr piezas rugosas de entre 2 y 6 pulgadas, debe tenerse en cuenta que las piezas en esta etapa se pueden usar como TDF / TDS o continuar en el proceso de transformación. Las trituradoras de neumáticos son capaces de procesar grandes cantidades de neumáticos fuera de uso por hora

y también se pueden usar en el procesamiento de otros materiales como plástico, madera y metal, dependiendo de su tamaño y diseño.

- **Ralladores:** en esta segunda máquina del sistema de reciclaje de neumáticos se encuentra el rallador ECO, también conocido como rallador o triturador secundario, es el caballo de batalla del proceso, ya que es una unidad poderosa que convierte las piezas ásperas que salen del triturador primario, en pequeñas piezas libres de acero de 0 1 pulgada. El rallador ECO tiene la capacidad de procesar hasta 12 toneladas por hora, pudiendo dar usos comerciales a la materia prima resultante de esta etapa.
- **Granuladores:** La máquina ECO Crumbler procesa hasta 3 toneladas por hora de pequeños trozos de caucho sin acero a través de cuchillas de alta velocidad hasta que se convierten en tamaño de partícula, eliminando y extrayendo las fibras a su vez del neumático dejando los gránulos libres de contaminantes. El tamaño del gránulo que resulta de esta etapa es de 3/8 de pulgada - 400 micras (0.400 mm), teniendo en cuenta que existe multitud de molinos con características similares en el mercado actual, es recomendable buscar uno que está diseñado específicamente para el tipo de material que se procesará.

### **8.2.1. Altos costos en el almacenamiento de los neumáticos radiales**

Según la resolución 1457 del 2010 que informa sobre el tratamiento uso y disposición de neumáticos ya desechados se indica metraje específico en el espacio de almacenamiento dependiendo del número de neumáticos que se deseen almacenar lo que supone costos elevados en el proceso.

### **8.2.2. Costo de los procesos de laboratorio.**

En el proceso de reducción de agentes contaminantes se deben someter las fibras del caucho de la llanta a la exposición de solventes verdes debido a la

complejidad de los procesos químicos que se llevaran a cabo en laboratorios lo cual genera costos adicionales.

### **8.3 Legales:** (RESOLUCIÓN 1457 DE 2010 Julio 29)

Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas y se adoptan las siguientes disposiciones.

EL MINISTRO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, en ejercicio de sus facultades legales, y en desarrollo de lo dispuesto en el artículo 38 del Decreto - ley 2811 de 1974 y los numerales 10 y 14 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993, y CONSIDERANDO: Que los artículos 79 y 80 de la Constitución Política consagran el derecho colectivo a gozar de un ambiente sano y el deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales renovables a fin de garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución y prevenir los factores de deterioro ambiental; Que de acuerdo con lo establecido en el artículo 38 del Decreto -ley 2811 de 1974, por razón del volumen o de la cantidad de los residuos o desechos, se podrá imponer a quien los produce la obligación de recolectarlos, tratarlos o disponer de ellos, señalándole los medios para cada caso; de lo previsto en el numeral 10 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993, corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, determinar las normas mínimas y las regulaciones de carácter general sobre medio ambiente a las que deberán sujetarse los centros urbanos y asentamientos humanos y las actividades mineras, industriales y de transporte y en general todo servicio o actividad que pueda generar directa o indirectamente daños ambientales; Que asimismo, conforme lo dispone el numeral 14 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial tiene entre sus funciones definir ,regular los instrumentos administrativos y mecanismos necesarios para la prevención y el control de los factores de deterioro ambiental y determinar los criterios de evaluación, seguimiento y manejo ambiental de las actividades económicas; Que como resultado de estudios realizados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial sobre llantas en Colombia.

Algunos subsectores utilizan las llantas usadas como combustible en sus procesos productivos en forma inadecuada. Así mismo, grupos informales que forman parte de la cadena de llantas usadas, las queman a cielo abierto para extraer el acero, generando problemas de contaminación atmosférica; Que se hace necesario tomar medidas destinadas a proteger el medio ambiente y la salud humana mediante la prevención de la generación o la reducción de los posibles impactos adversos de la generación y manejo inadecuado de llantas usadas; Que se requiere organizar la recolección y la gestión ambiental de las llantas usadas para que estas actividades se realicen de forma selectiva y de manera separada de los demás residuos para su adecuada gestión; Que en mérito de lo expuesto, resuelve:

- Resolución 0631 de 2015 reglamenta el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010 y actualiza el Decreto 1594 de 1984.

### **8.3.1 CAPÍTULO I: Objeto, Alcance y Definiciones.**

**Artículo 1.** Objeto. La presente resolución tiene por objeto establecer a cargo de los productores de llantas que se comercializan en el país, la obligación de formular, presentar e implementar los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas, con el propósito de prevenir y controlar la degradación del ambiente.

**Artículo 2.** Ámbito de aplicación. La presente resolución se aplicará a los productores de 200 o más unidades al año de llantas de automóviles, camiones, camionetas, buses, busetas y tractomulas hasta rin 22,5 pulgadas, así como las llantas no conformes. Igualmente, la presente resolución se aplicará a los productores que importen al año, 50 o más automóviles, camiones, camionetas, buses, busetas y tractomulas con sus respectivas llantas 9/15/13 Consulta de la Norma: 10 hasta rin 22,5 pulgadas.

**Parágrafo.** En el ámbito de aplicación de la presente resolución cuando se haga referencia a llantas usadas se entenderá que incluye las llantas no conformes.

**Artículo 3.** Definiciones. Para efectos de la aplicación de la presente resolución se adoptan las siguientes definiciones: Almacenamiento de llantas usadas. Es el depósito temporal de llantas usadas desechadas por el consumidor, cuya recolección y gestión se encuentren enmarcados en un Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas, en un lugar acondicionado para tal fin, de manera segura y ambientalmente adecuada, con el objeto de facilitar su recolección, clasificación y cualquier actividad de preparación previa a una posterior gestión y manejo ambiental. Aprovechamiento y/o valorización de llantas usadas. Es la recuperación y el procesamiento de las llantas usadas, con el objeto de destinarlas a los mismos fines a los que se destinaban originalmente mediante el reencauche o a otros procesos como el reciclaje. Distribuidor y comercializador. Toda persona natural o jurídica que comercializa o distribuye llantas al por mayor o al detal. Llanta usada. Toda llanta que ha finalizado su vida útil y se ha convertido en residuo sólido. Llanta no conforme. La llanta que no cumple con los requisitos técnicos o presenta defectos de fabricación impidiendo su uso en vehículos automotores. Productor de llantas. Persona natural o jurídica que, con independencia de la técnica de venta utilizada:

- a) Fabrique llantas que sean puestas en el mercado nacional con marca propia;
  - b) Ponga en el mercado con marca propia, llantas fabricadas por terceros;
  - c) Importe llantas para poner en el mercado nacional;
  - d) Importe automóviles, camiones, camionetas, buses, busetas y tractomulas con sus llantas hasta rin 22,5 pulgadas, para poner en el mercado nacional;
  - e) Ensamble automóviles, camiones, camionetas, buses, busetas y tractomulas en el país, siempre y cuando importe las llantas hasta rin 22,5 pulgadas para los mismos.
- 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. Reciclaje de llantas. 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. Recolección selectiva. La recolección de llantas usadas, de forma diferenciada de otros flujos de residuos, de manera que facilite

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.

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.

### **8.3.2 CAPÍTULO II:** De los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas

**Artículo 4.** Formulación de los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas. Los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas serán formulados por los productores, los cuales podrán optar por cumplir esta obligación, mediante la constitución de un sistema individual o colectivo según sea el caso.

**Parágrafo 1.** Del Sistema Individual de Recolección y Gestión. Los productores de llantas podrán establecer su propio Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental individual, en cuyo caso la formulación, presentación e implementación del Sistema es de su exclusiva responsabilidad.

**Parágrafo 2°.** Del Sistema Colectivo de Recolección y Gestión. Los productores de llantas podrán optar por un Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental colectivo, quienes serán responsables de la formulación, presentación e implementación del Sistema.

**Artículo 5.** Alternativas. Los productores de llantas que opten por presentar e implementar un Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas Colectivo, deben expresar tal decisión al momento de presentar el Sistema para lo cual podrán escoger una de las siguientes alternativas:

a) Si se trata de una persona jurídica constituida con el objeto de garantizar el cumplimiento de las obligaciones que se derivan del Sistema, la comunicación

mediante la cual se presente el sistema debe ser suscrita por el representante legal de la persona jurídica creada con este fin;

b) Si se trata de acuerdos entre los productores interesados en ejecutar el Sistema Colectivo, todos los integrantes deben obligarse directamente con su firma y señalar en el documento de formalización de dicho acuerdo su responsabilidad en la ejecución del Sistema. Así mismo, la comunicación mediante la cual se presente el sistema debe ser suscrita por cada uno de los productores.

**Parágrafo 1°.** Cuando se opte por la alternativa a), los miembros de la persona jurídica allí referida deberán manifestar en el texto de la comunicación mediante la cual se presente el sistema, su voluntad de obligarse solidariamente en el cumplimiento de las obligaciones que se deriven de dicho sistema.

**Parágrafo 2°.** Tratándose de acuerdos entre los productores y solo para efectos de los trámites administrativos ante el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, los asociados deberán designar un vocero o representante.

**Artículo 6.** Características de los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas. Los Sistemas deberán tener las siguientes características:

- a) Permitir a los consumidores devolver las llantas usadas a través de puntos accesibles de recolección y en las cantidades que sean necesarias teniendo en cuenta aspectos tales como la densidad de la población, entre otros;
- b) No generan costos para el consumidor al momento de la entrega de las llantas usadas, ni la obligación de comprar llantas nuevas;
- c) Contemplar alternativas de aprovechamiento y/o valorización.

**Artículo 7.** Elementos que deben contener los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas. Los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas individuales o colectivos deben contener la información solicitada en el presente artículo; así mismo, se puede allegar la información adicional que se considere necesaria para su mejor implementación:

- a) Identificación, domicilio y nacionalidad del productor o del grupo de productores, según aplique;
- b) Identificación y domicilio del operador del Sistema, cuando a ello haya lugar;
- c) Cantidades por tipo y su equivalente en peso, de llantas puestas en el mercado por el productor, durante cada uno de los dos (2) años anteriores a la fecha de presentación del Sistema. Cuando se trate de un sistema colectivo, se deben discriminar las cantidades en la forma señalada anteriormente por el conjunto y por cada uno de los productores que hacen parte del sistema;
- d) Identificación de otros actores públicos o privados que apoyarán el Sistema detallando la forma en que participarán en el mismo;
- e) Cubrimiento geográfico del Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental, expresado como la relación entre los municipios incluidos en el Sistema, respecto de los municipios donde se hayan comercializado sus productos;
- f) Aspectos de la estructura administrativa y técnica definida para la implementación del Sistema, tales como: Organigrama del Sistema, que incluye funciones y responsabilidades. Identificación y domicilio de las personas naturales o jurídicas seleccionadas para realizar la recolección, transporte, almacenamiento, aprovechamiento y/o valorización de las llantas usadas, anexando los respectivos permisos, concesiones y demás autorizaciones ambientales a que haya lugar. Descripción y localización de los puntos de recolección y/o almacenamiento para la recepción de las llantas usadas. Descripción de las operaciones de manejo de las llantas usadas (recolección, transporte, almacenamiento, aprovechamiento y/o valorización). Cantidades de llantas usadas (en No. de llantas por tipo y su equivalente en peso) previstas a recoger y gestionar anualmente. Instrumentos de gestión previstos para promover y lograr la devolución de las llantas usadas por parte de los consumidores. Mecanismos de comunicación con el consumidor. Se presentarán las estrategias y mecanismos a través de los cuales se informará a los consumidores sobre el desarrollo de los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas, sobre los puntos de recolección u otra información que se

considere relevante a fin de lograr la mayor devolución por parte del consumidor. Mecanismos de seguimiento y verificación de los datos aportados en los literales anteriores. Procedimientos de recolección de datos, validación de los mismos y suministro de información al MAVDT. Mecanismos de financiación y costos del Sistema. Identificación del Sistema mediante un símbolo o logo cuando se trate de Sistemas colectivos. Plan de contingencia.

**Artículo 8.** Presentación y aprobación de los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas. Los productores de Llantas presentarán para aprobación ante la Dirección de Licencias, Permisos y Trámites Ambientales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en medio físico y magnético, los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas, individuales o colectivos, que deberán contener los elementos de los que trata el artículo séptimo de la presente resolución. La presentación se hará mediante comunicación escrita dirigida a la Dirección de Licencias, Permisos y Trámites Ambientales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, a más tardar el 31 de marzo de 2011.

**Artículo 9.** Actualización y Avances de los Sistemas. Los productores de llantas estarán obligados a presentar a la Dirección de Licencias, Permisos y Trámites Ambientales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, a más tardar el 31 de marzo de cada año, un informe, en medio físico y magnético, sobre el desarrollo del Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas, que contenga como mínimo:

- a) Avances del Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas;
- b) Cantidades de llantas usadas en número y su equivalente en peso, recolectadas y gestionadas;
- c) Avances en las metas de recolección y descripción de los factores relevantes para su cumplimiento;
- d) Cubrimiento geográfico alcanzado de acuerdo con lo establecido en el literal
- e) del artículo séptimo;

- e) Puntos de recolección implementados;
- f) Identificación y domicilio de las personas naturales o jurídicas que realizaron las actividades de recolección, transporte, almacenamiento, aprovechamiento y/o valorización de las llantas usadas;
- g) Instrumentos de gestión desarrollados para lograr la devolución de las llantas usadas por parte de los consumidores;
- h) Mecanismos de comunicación con el consumidor desarrollados;
- i) Cualquier otra información que sirva para verificar el cumplimiento de las obligaciones que se derivan de la ejecución del Sistema.

Parágrafo. Los informes de actualización y avance corresponderán, al período comprendido entre el 1 de enero al 31 de diciembre del año inmediatamente anterior.

**Artículo 10.** Metas de recolección. Los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas deberán asegurar las siguientes metas mínimas de recolección:

- a) A más tardar el 31 de noviembre de 2010 los productores deberán iniciar el proceso de recolección de llantas usadas, el cual deberá operar de manera ininterrumpida y progresiva hasta la puesta en marcha de los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas;
- b) A partir del año 2012, los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas deberán asegurar la recolección y gestión ambiental mínimo anual del 20% de las llantas usadas, sobre la base del promedio de las llantas puestas por el productor en el mercado en los dos años anteriores a la fecha de presentación del Sistema ante el MAVDT;
- c) En los años posteriores se debe garantizar incrementos anuales mínimos del 5% hasta alcanzar el 65% como mínimo.

**Parágrafo 1.** A partir del año 2013, los productores deberán ampliar los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas al Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. **Parágrafo 2°.** En el evento que las llantas recogidas en el Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental

sean exportadas, se tendrán en cuenta para el cumplimiento de las metas solamente aquellas que sean destinadas al aprovechamiento y/o valorización.

**Artículo 11.** Del almacenamiento de Llantas Usadas. El productor de llantas deberá garantizar como mínimo las siguientes condiciones para el almacenamiento de las llantas usadas:

- a) El plazo de almacenamiento no podrá ser superior a seis (6) meses y la cantidad almacenada no excederá de la mitad de la capacidad anual de aprovechamiento y/o valorización;
- b) Diseñar e implementar un plan de contingencias que incluya medidas de prevención y atención de emergencias. Parágrafo. Durante los primeros tres años a partir de la publicación de la presente resolución, el plazo de almacenamiento podrá ser hasta diez (10) meses.

### **8.3.3 CAPÍTULO III** De las obligaciones

**Artículo 12.** Obligaciones de los Productores. Para efectos de la formulación, presentación e implementación de los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas, se consideran obligaciones generales de los productores las siguientes:

- a) Formular y presentar para aprobación del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo 9/15/13 Consulta de la Norma: Territorial, los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas;
- b) Alcanzar las metas mínimas de recolección establecidas en el artículo décimo de la presente resolución;
- c) Poner a disposición del público, de manera progresiva, puntos de recolección de llantas usadas, que sean accesibles al consumidor y en la cantidad que sea necesaria teniendo en cuenta, entre otros aspectos el mercado y la densidad de la población;

- d) Garantizar el transporte de las llantas usadas desde los puntos de recolección hasta las instalaciones de las personas naturales o jurídicas autorizadas para su posterior gestión ambiental;
- e) Garantizar que todas las llantas usadas se gestionen debidamente en sus fases de recolección, transporte y almacenamiento;
- f) Garantizar que las personas naturales o jurídicas que realizan el aprovechamiento y/o valorización de llantas usadas cumplan con la legislación ambiental vigente, sin perjuicio del cumplimiento de las normas técnicas a que haya lugar;
- g) Desarrollar y financiar las campañas de información pública que se requieran para lograr la divulgación de los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas;
- h) Establecer los mecanismos para mantener informado al público en general sobre los procedimientos de retorno de las llantas usadas objeto de la presente resolución;
- i) Brindar información a los consumidores sobre la obligatoriedad de no disponer las llantas usadas como residuo sólido doméstico.

**Artículo 13.** Obligaciones de los distribuidores y comercializadores. Para efectos de los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas, son obligaciones de los distribuidores y comercializadores las siguientes:

- a) Formar parte de los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas que establezcan los productores y participar en la implementación de dichos Sistemas;
- b) Aceptar la devolución de las llantas usadas, sin cargo alguno para el consumidor, cuando suministren para la venta llantas y hagan parte del Sistema de recolección y gestión;
- c) Informar a los consumidores sobre los puntos de recolección de estos residuos, disponibles en sus puntos de venta o puntos de comercialización; d) Disponer, sin costo alguno para los productores, un espacio para la ubicación de los puntos de recolección que disponga el productor para la entrega y recolección de las llantas

usadas por parte de los consumidores; e) Garantizar la seguridad de los puntos de recolección que se ubiquen dentro de sus instalaciones para la entrega y recolección de llantas usadas; f) Apoyar al productor y/o a las autoridades en la realización y/o difusión de campañas de información pública sobre los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas;

g) Diligenciar y suministrar las planillas y documentos dispuestos por los productores para el control de llantas usadas que se recojan dentro de los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas.

**Artículo 14.** Obligaciones de los consumidores. Para efectos de aplicación de los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas, son obligaciones de los consumidores las siguientes:

- a) Retornar o entregar las llantas usadas en los puntos de recolección establecidos por los productores;
- b) Seguir las instrucciones de manejo seguro suministradas por los productores de llantas.

**Artículo 15.** Apoyo de las autoridades municipales y ambientales. Las autoridades municipales y ambientales en el ámbito de sus competencias deberán:

- a) Fomentar el aprovechamiento y/o valorización de llantas usadas;
- b) Apoyar el desarrollo de programas de divulgación y educación dirigidos a la comunidad y de campañas de información establecidas por los productores, con el fin de orientar a los consumidores sobre la obligación de depositar las llantas usadas según los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental. Ver Resolución Sec. Ambiente 6981 de 2011.

#### **8.3.4 CAPÍTULO IV Disposiciones Finales**

**Artículo 16.** Prohibiciones. Se prohíbe:

- a) El abandono o eliminación incontrolada de llantas usadas en todo el territorio nacional;
- b) Disponer llantas usadas en los rellenos sanitarios;

- c) Enterrar llantas usadas;
- d) Acumular llantas usadas a cielo abierto;
- e) Abandonar llantas usadas en el espacio público;
- f) Quemar llantas a cielo abierto o cerrado de manera incontrolada;
- g) Utilizar las llantas usadas como combustible sin el cumplimiento de lo establecido en la Resolución 1488 de 2003, o la norma que la modifique o sustituya.

**Parágrafo.** La utilización de llantas usadas para protección de taludes en los rellenos sanitarios no se considera disposición final.

**Artículo 17.** Sanciones. En caso de violación a las disposiciones contempladas en el presente acto administrativo, se impondrán las medidas preventivas o sancionatorias a que haya lugar, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 1333 de 2009 o la norma que la modifique o sustituya.

**Artículo 18.** Vigencia. La presente resolución rige a partir de su publicación en el Diario Oficial.

#### **8.4 Salud y seguridad: *Exposición a vapores tóxicos***

Tras nuestro proceso de destrucción mecánica nuestra materia prima se lleva proceso de inmersión en solventes verdes, los cuales pretenden reducir las concentraciones de azufre y plomo los residuos de este proceso generan emisión de gases tóxicos por la proporción de solvente que se evapora lo cual pone en riesgo a los colaboradores del proceso, se recomendare se haga uso de todos los EPP que sean necesarios.

##### **8.4.1. Máquinas de alto impacto de riesgo:**

En el proceso de transformación, se emplean el uso de máquinas para transformación que generar impactos de riesgo directo por el uso inadecuado de estas unidades.

#### **8.4.2. Áreas de trabajo peligrosas:**

Los espacios de trabajo y almacenamiento se deben encontrar debidamente señalados y bajo los lineamientos de la resolución 1457 del 2010, para el almacenamiento de la materia prima y el sistema me producción y organización de esta misma.

#### **8.5 Socioculturales:**

La migración a nuevas fibras textiles como alternativa de nuevos productos que generen la misma confiabilidad, durabilidad, resistencia y características propias de los productos tradicionales.

En el sistema de producción evidenciamos pocas restricciones y la única que genera relevancia entre nuestro proceso es el permiso de suelos para la planta de producción y las altas emisiones de ruido que se puedan generar durante el proceso productivo, lo que puede incomodar molestias entre las comunidades aledañas y restringir nuestro proceso.

## **9. Metodología para la selección y desarrollo de la solución**

### **9.1 Soluciones ilógicas:**

#### **9.1.1. La trituración criogénica**

Se lleva a cabo para productos específicos ya que, a pesar de ser el mismo procedimiento de la trituración mecánica, este se lleva a cabo a temperaturas muy por debajo de los cero grados para facilitar la reducción de tamaño, pero cabe destacar que su costo es mucho más alto. Este método se lleva a cabo a temperaturas extremadamente bajas mediante el uso de nitrógeno líquido, esto permite una fácil trituración y separación de los materiales que componen los neumáticos pues a estas temperaturas se vuelven quebradizos lo que facilita su trituración. La trituración criogénica la temperatura desciende hasta los  $-195,8^{\circ}\text{C}$  que corresponden al Nitrógeno líquido y se forma la espuma criogénica, esto ocurre en un túnel de ciclo cerrado que se encuentra completamente aislado, al descender la temperatura el caucho se vuelve frágil y quebradizo. Se obtiene una excelente molienda y también una buena separación de los materiales: acero y fibras textiles.

El proceso de trituración criogénica logra separar completamente y sin contaminar los componentes del neumático con separadores magnéticos, pero la

complejidad de cada una de sus y su dispendiosa instalación no ha permitido su implementación en la mayoría de las plantas que llevan a cabo reciclaje de neumáticos.

### **9.1.2. Termólisis**

Se trata de un sistema en el que se somete a los materiales de residuos de neumáticos a un calentamiento en un medio en el que no existe oxígeno. Las altas temperaturas y la ausencia de oxígeno tienen el efecto de destruir los enlaces químicos. La ausencia de oxígeno impide que se lleve a cabo combustión del neumático, pero si hay un debilitamiento en los enlaces químicos de sus componentes, lo que facilita su separación. En la termólisis se logran recuperar los componentes del neumático. En este proceso se obtienen metales, carbones e hidrocarburos gaseosos, que pueden incorporarse de nuevo a las cadenas industriales, ya sea de producción de neumáticos u otros procesos.

### **9.1.3. Pirólisis**

Se somete el neumático a un calentamiento en ausencia de oxígeno, la concentración de oxígeno puede ser muy baja o nula y también puede haber presencia de vapor de agua para facilitar el aporte de calor.

La pirolisis es someter los neumáticos usados a un proceso de trituración y después se llevan a hornos con temperaturas considerablemente altas (600 a 800°C), aunque estas dependen del tipo de pirolisis que se lleve a cabo, todo esto en ausencia de oxígeno. Se obtienen gases pirolíticos y aceites principalmente. Los aceites se trasladan a procesos adicionales para la fabricación de productos secundarios.

La pirolisis actualmente se lleva a cabo con el fin de recuperar el negro de humo contenido en el neumático y utilizarlo en otros procesos. El aceite y las

cenizas se llevan a un horno y las cenizas se convierten en carbón negro de alta calidad, los aceites pueden destilarse y separar sus componentes para un mejor aprovechamiento.

El negro de humo recuperado es esencial para la fabricación de neumáticos nuevos, por lo que su mercado está asegurado siempre que se garantice la pureza del producto obtenido.

#### **9.1.4. Incineración.**

La incineración es la quema o combustión del neumático (hay presencia de Oxígeno). Se produce calor que puede ser utilizado como energía y en adición a esto, los neumáticos pueden quemarse sin llevar a cabo trituración, pero este proceso emite gases peligrosos al ambiente y en adición a esto, es un proceso a diferentes velocidades, los compuestos de la formulación del neumático tienen diferentes velocidades de combustión por lo que la generación de energía en forma de calor no será constante y será por un largo tiempo ya que el material del neumático también se demora mucho tiempo en quemarse.

Los productos contaminantes que se producen en la combustión son muy perjudiciales para la salud humana, los que, sin embargo, con la aplicación de tecnología pueden ser aprovechados sin que produzcan daños a la salud humana.

#### **9.1.5. Mezcla**

El gránulo de caucho obtenido de la trituración se mezcla con otros materiales y proporcionarles nuevas propiedades o reforzar otras. Algunas alternativas es mezclar el granulo con hormigón y mejora sus propiedades. Actualmente se han abierto nuevos campos de investigación relacionados con el tema.

Inicialmente se mezclaba con asfalto para construir carreteras, actualmente se utiliza sin mezclarlo con asfalto ya que se ha comprobado que las vías se mantienen por mucho más tiempo sin deformaciones ni huecos, si se comparan con las carreteras de asfalto regular, además proporcionan a los conductores un recorrido más confortable y mejoras en los impactos ocasionados al vehículo en general.

De acuerdo con Eco Green Equipment Los pellets de goma que resultan de la trituración de caucho mezclado con resina y colorante se utilizan en los pisos de caballerizas para evitar que los caballos o las vacas se lastimen las patas.

Se utiliza para fabricar pisos y piezas decorativas de interiores. se utiliza caucho recuperado de procesos de regeneración y se mezcla con caucho virgen en ciertas proporciones, azufre y otros productos en calderas de vapor de agua para volver a ser vulcanizado.

## **9.2 Comparar con hechos conocidos:**

Los usos principales que se pueden dar al caucho extraído de neumáticos son:

- Utilización en asfaltos
- Incineración
- Vertederos

En el uso de la construcción existen antecedentes de utilización en:

- Mezclas bituminosas
- Membranas SAMI
- Membranas impermeabilizantes
- Sustitución de áridos (parcial con moliendas de caucho vía seca)
- Modificación directa del asfalto por vía húmeda

En todos los casos se observan dos roles fundamentales:

- Actuación como “inerte” en relleno o carga
- Actuación como modificador de ligantes asfálticos.

Se han realizado algunas pruebas en la utilización del caucho, de las cuales se pueden destacar tres casos:

- Adición de caucho a un cemento asfáltico para mezclas en caliente
- El objetivo de esta experiencia es la incorporación de caucho, proveniente de molienda por proceso de criogénesis, en un cemento asfáltico habitualmente utilizado en nuestro medio.
- Las características de los materiales originales, del material resultante y de los procesos llevados a cabo son las siguientes:

Figura 5

<p><b>Descripción del proceso</b>            Proceso de molienda: criogénesis <math>-60\text{ }^{\circ}\text{C}</math>            Característica de finura: Pasa # 100 = 100 %            Energía de mezclado: Dispensor 5000 rpm, sin generar envejecimiento y oxidación (situación verificada)            Tiempo de mezclado: 20 minutos            Temperatura de mezclado: <math>180\text{ }^{\circ}\text{C}</math></p>
<p><b>Composición básica del caucho utilizado sobre muestra general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caucho: 47 % a 60 %</li> <li>- Negro de humo: 30 %</li> <li>- Oxido de Zinc: 2 %</li> <li>- Aditivo rejuvenecedor: 8 %</li> </ul>

*Nota.*

Figura 6

### Caracterización del asfalto base utilizado

Ensayo	Unidad	Valor
Penetración (25, 100, 5)	0,1 mm	70
Punto de ablandamiento A y B	°C	46
Punto de inflamación	°C	236
I. Penetración (25 °C)		- 0,9
Densidad relativa (25 °C)	gr/cm <sup>3</sup>	1,029
Ductilidad (25 °C)	cm	> 100
Recuperación elástica	%	7
<i>Estabilidad al almacenamiento</i>		
Diferencia punto de ablandamiento	°C	-----
Diferencia penetración	°C	-----

Nota.

Figura 7

### Característica del asfalto aditivado con 6 % de caucho molido por criogénesis

Ensayo	Unidad	Valor
Penetración (25, 100, 5)	0,1 mm	45
Punto de ablandamiento	°C	52
Punto de inflamación	°C	238
I. Penetración (25 °C)		+ 0,6
Densidad relativa (25 °C)	gr/cm <sup>3</sup>	1,030
Recuperación elástica	%	22
Ductilidad ( 5 °C)	cm	25
<i>Estabilidad al almacenamiento</i>		
Diferencia punto de ablandamiento	°C	3,6
Diferencia penetración	°C	2

Nota.

Este asfalto aditivo se ha utilizado en un micro aglomerado discontinuo en caliente.

- Adición de caucho a cementos asfálticos para uso de selladores asfálticos. El objeto de esta experiencia fue el aportar caucho molido proveniente de la trituración por sistema de molinos.

La función de la adición de caucho, en este caso, es la de bajar el aporte de otros polímeros vírgenes, ya que por sí solo el caucho no nos permite alcanzar los valores exigidos por la Norma IRAM de selladores. Además, el tipo de molienda utilizado permite la colaboración del caucho como carga en la mezcla aditiva.

La cantidad de caucho reciclado fue de un 30 % con respecto al 12 % total aditivo. Se observó este porcentaje como el máximo admitido para el sistema del ejemplo, por encontrarse en el límite de digestión del asfalto cumpliendo con Norma IRAM. El total de la adición estuvo compuesto por 30 % de caucho reciclado, 65 % de polímero SBS y 5 % de rejuvenecedor. Las exigencias de la Norma IRAM para un sellador SA-50.

- La adición de caucho a mezclas asfálticas en frío y en caliente.

### **9.3 Evaluación de las soluciones:**

Este proyecto permite analizar la viabilidad del proceso teniendo en cuenta los pilares de investigación y la obtención de información durante el modelamiento y comprobación de nuestras fibras textiles por medio de herramienta tecnológicas. Esta metodología se alinea con los objetivos del desarrollo sostenible, el pacto mundial y adicional los informes GRI.

Con esta investigación permitimos identificar:

- Los impactos de los productos a partir del resultado del proyecto
- Los impactos de los procesos a partir del enfoque
- Indicador sociedad
- Indicador medio ambiente
- Indicador Económico

- Indicadores de características físicas.
- Indicador de características químicas.

Teniendo en cuenta el enfoque del presente proyecto se evaluará los indicadores de las características físicas y químicas por medio de herramientas tecnológicas como lo es Superpro Designer, SolidWorks y mostrar los resultados obtenidos en un aplicativo conectado a las bases de datos alimentadas durante el desarrollo de estas simulaciones.

El reciclaje de llantas se puede llevar a cabo por la implementación de varios procesos, en, los cuales fueron nombrados y descritos anteriormente, el objetivo de este es evaluar cada uno de estos procesos y elegir el óptimo, teniendo en cuenta pilares de sostenibilidad como la logística inversa y la economía circular. Para el presente proyecto una alternativa óptima se define como aquella que contribuye de la mejor forma o en mayor magnitud a la categoría ambiental del desarrollo sostenible, teniendo en cuenta los elementos establecidos.

## 10. Plan de implementación

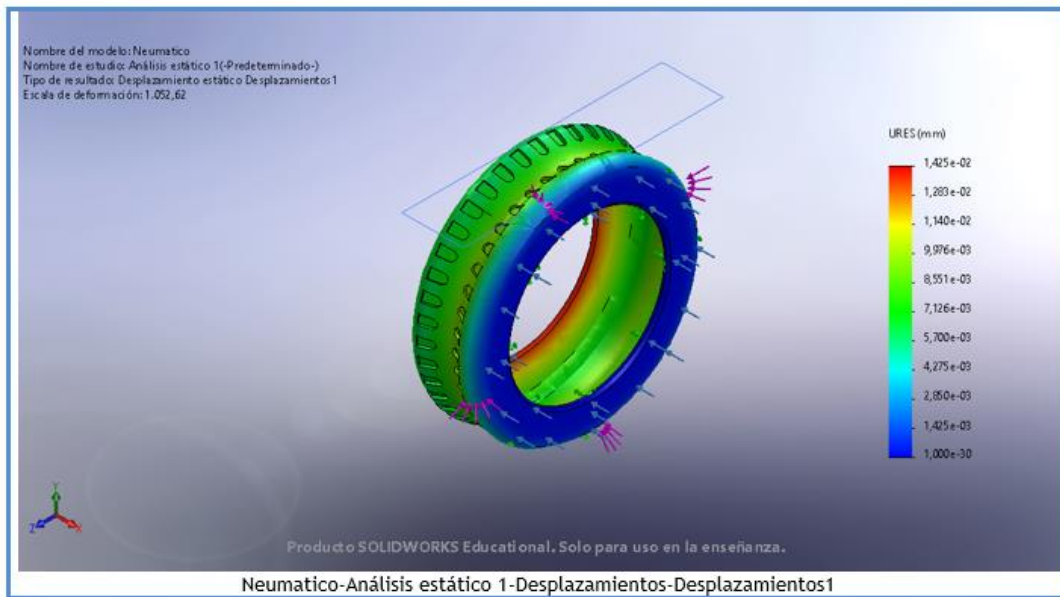
Llegamos al punto final de nuestro proyecto donde podemos evidenciar que logramos lo objetivos trazados desde el comienzo del proyecto cabe recalcar que por costos es difícil hacer realidad este proyecto pero aun así se demostró por diferentes aplicativos las diferentes pruebas dando un resultado final de como se elaboro cada paso de nuestro proyecto, encontramos como primera herramienta una base de datos que nos deja visualizar cada dato y muestra y porcentaje de nuestro resultados obtenidos de nuestros diferentes programas, ya en segundo paso encontramos el simulador financiero que facilitara al servidor publico que quiera participar de nuestro producto con una brevedad posible que con lleva a darle una visualización mas clara de cuanto será el valor total y el porcentaje que requiere para el metraje que requiere para su vida útil, tercero tenemos un aplicativo llamado SolidWorks donde nos demuestra por diferentes pruebas de unos resultados obtenidos llamados ECO FIBRAS y ilustramos con una figuras 3D donde las recopilamos para hacer diferentes pruebas de fuerza, presión y torsión en donde cogimos nuestro producto inicial y le sacamos los resultados mas claros con nuestro producto llamado eco fibras y nuestro porcentajes que arrojó los diferentes aplicativos que nos dieron los solventes y a la hora de la extracción de la llanta.

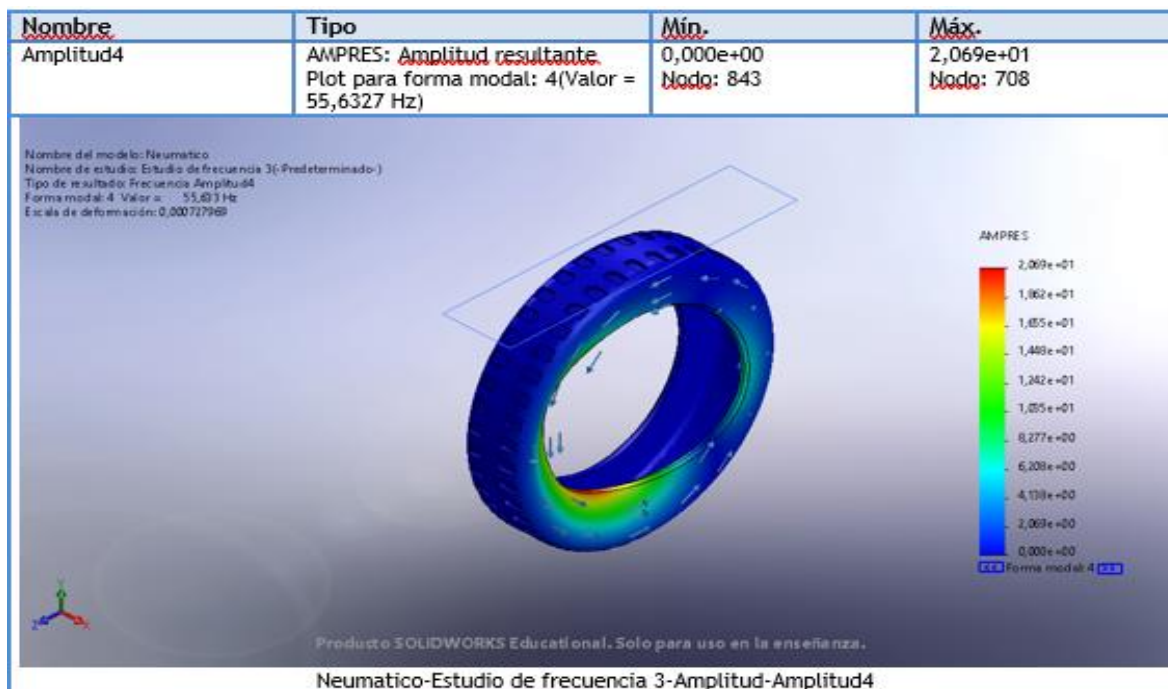
## 11. Análisis de costos

PROYECCIONES					
AÑO	2021	2022	2023	2024	2025
<b>VENTAS ANUALES</b>	\$ 74.066.400	\$ 81.658.206	\$ 90.028.172	\$ 101.146.651	\$ 113.638.263
<b>COSTOS ANUALES</b>	\$ 39.074.400	\$ 42.258.964	\$ 45.703.069	\$ 50.369.352	\$ 55.512.063
<b>MARGEN OPERATIVO</b>	\$ 34.992.000	\$ 39.399.242	\$ 44.325.103	\$ 50.777.299	\$ 58.126.199

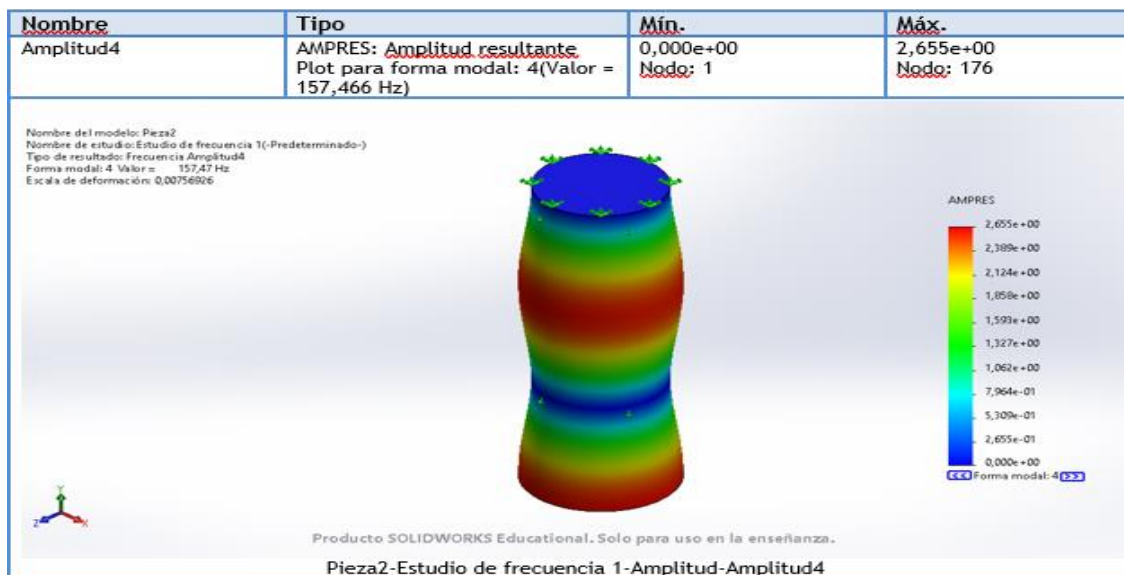


## 12. Conclusiones

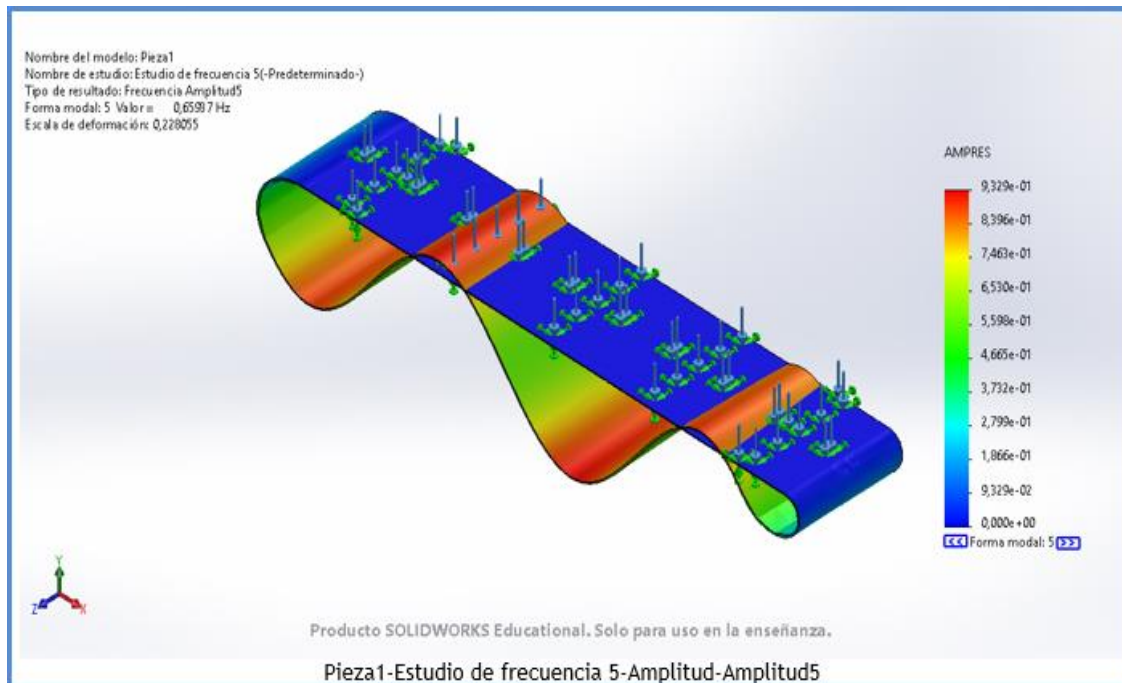


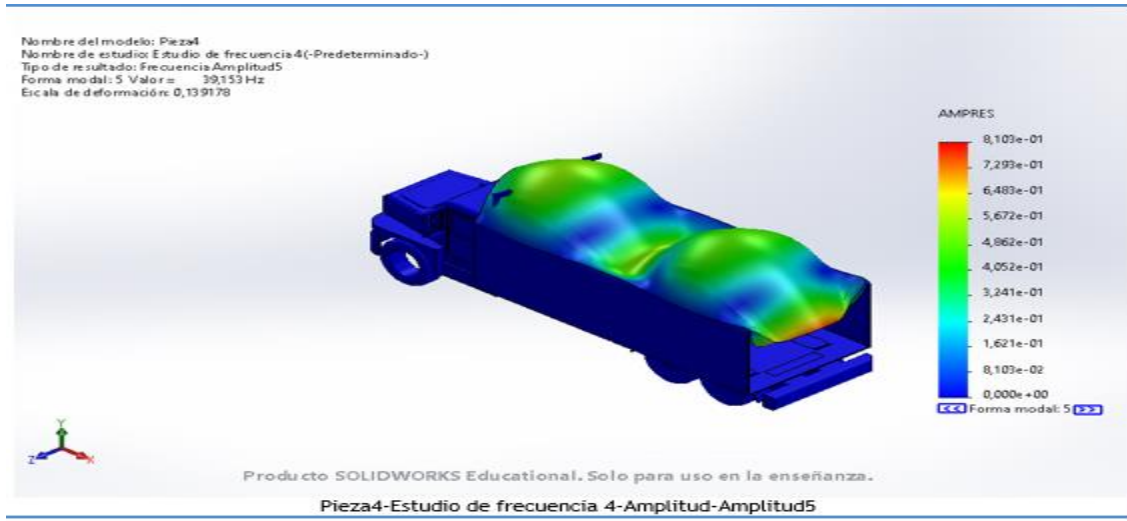


Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Amplitud5	AMPRES: <u>Amplitud resultante</u> Plot para forma modal: 5(Valor = 56,136 Hz)	0,000e+00 Nodo: 843	1,825e+01 Nodo: 36814



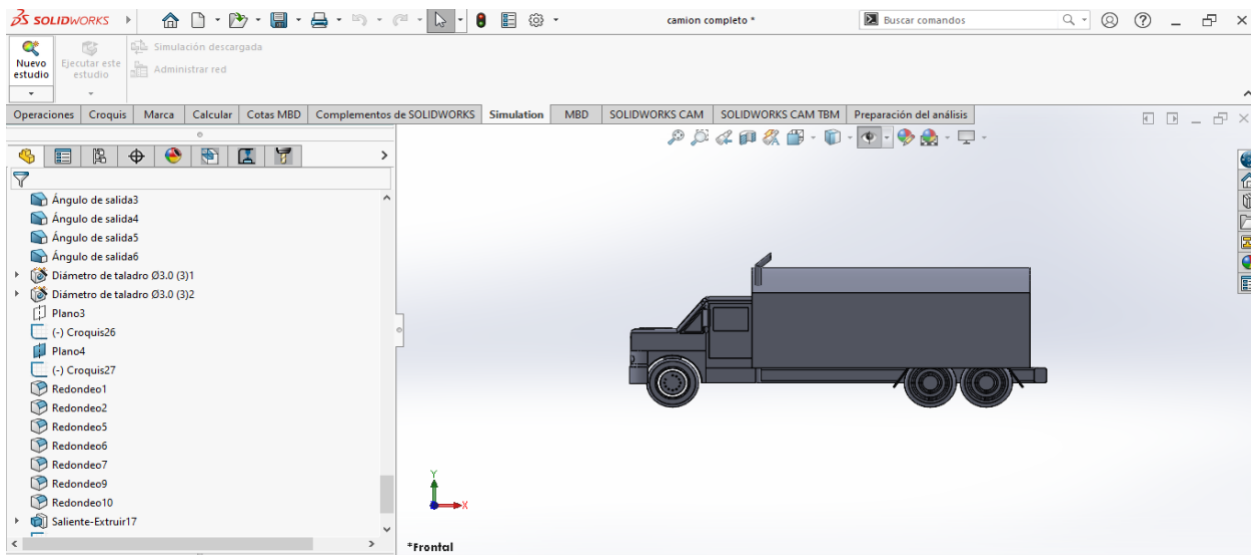
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Amplitud5	AMPRES: <u>Amplitud resultante</u> Plot para forma modal: 5(Valor = 158,323 Hz)	0,000e-00 Nodo: 1	1,869e+00 Nodo: 41





**Lista de modos**

Frecuencia n°.	Rad/seg	Hertz	Segundos
1	118,94	18,93	0,052826
2	128,1	20,388	0,04905
3	167,54	26,665	0,037503
4	222,58	35,425	0,028229
5	246,01	39,153	0,025541



## Simulador de Costos

Con este simulador de costos puede hacer un cálculo de que tanta materia prima se obtiene con cierta cantidad de neumáticos reciclados y cuanto vale este proceso en pesos colombianos y dolares.

Cantidad de m <sup>2</sup>	6
Neumáticos	18
<a href="#">\$ Calcular</a>	
COP \$	89028
USD \$	22.64
	0.75 neumáticos
<a href="#">Exportar Cotización</a>	

## Informe de Resultados de SolidWorks

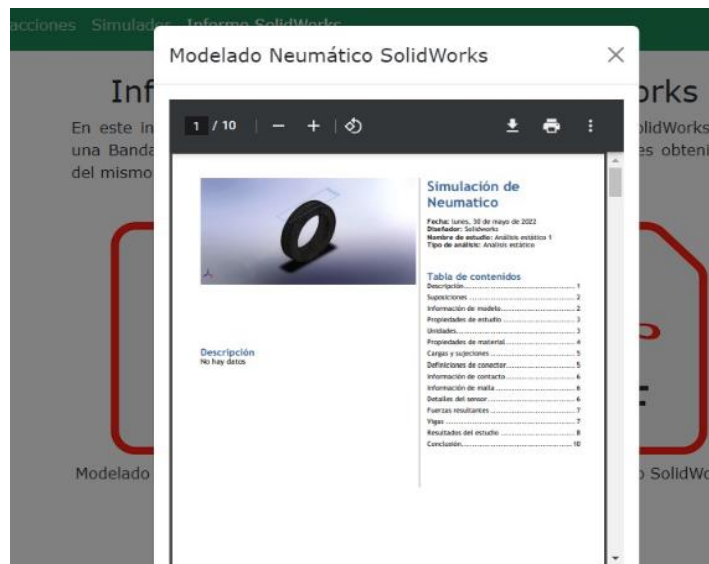
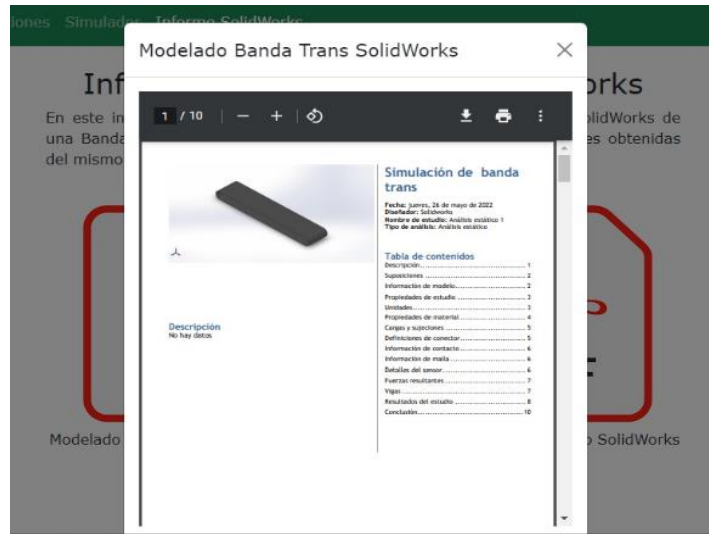
En este informe se encuentran los resultados de la modelación en SolidWorks de una Banda Trans y un Neumático Radial con las diferentes propiedades obtenidas del mismo.



Modelado Banda Trans SolidWorks



Modelado Neumático SolidWorks



### 13. Referenciación Bibliográfica

Semana. (2021). En Colombia, cada año 950.000 llantas usadas van a parar a la basura. <https://bit.ly/3v41VcY>

National Geographic. (2019). Los neumáticos son una gran fuente de contaminación por plástico | National Geographic. <https://bit.ly/3LQvmVR>

Ministerio de Ambiente. (2010). Resolución 1457 de 2010. <https://bit.ly/3Hi7sPT>

Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A. (2008). Materiales y Compuestos para la Industria del Neumático. <https://bit.ly/3H4bH1d>

Ecoreproducts. (2019). Nuevos productos nacen del reciclaje de llantas - Eco Recovery Products. <https://ecoreproducts.com/grandes-contaminates/>

Peláez Arroyave, G. J., Velásquez Restrepo, S. M., & Giraldo Vásquez, D. H. (2017). Aplicaciones De Caucho Reciclado: Una Revisión De La Literatura. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 27(2), 2–23.

Coats.com. (2022). Todo Sobre Fibras Textiles - Tipos de Hilo & Aplicaciones | Coats - Coats. [online] Available at: <https://coats.com/es/information-hub/Know-About-Textile-Fibres>

Repository.uamerica.edu.co. (2022). [online] Available at: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/569/1/4101253-2016-2-IM.pdf>

Aguilar Trujillo, C. N. (2008). Tendencias actuales en la fabricación de neumáticos. *Transporte Desarrollo y Medio Ambiente*, 28(1), 63–64.

Martínez, J. M. L., Alejo, F. J. S., Ayuso, J. J. P., & Carrasco, A. D. (2008). ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE NEUMÁTICOS RECAUCHUTADOS BAJO CONDICIONES ESTABLES DE CARGA - VELOCIDAD EN BANCO DE PRUEBAS. (Spanish). *DYNA - Ingeniería e Industria*, 83(8), 499–506.