



Propuesta para la generación de valor a partir de las llantas usadas en Ibagué.

**Mayra Alejandra Sanmiguel León
Jeraldinne Muñoz Anacona**

**Facultad de Ingeniería
Ingeniería Industrial
Ibagué, 2019**



Propuesta para la generación de valor a partir de las llantas usadas en Ibagué.

**Mayra Alejandra Sanmiguel León
Jeraldinne Muñoz Anacona**

Trabajo de grado que se presenta como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Industrial

Directora:
Ingeniera Angie Ramírez Rubio
Profesora Universidad de Ibagué

Co-director:
Ingeniero Andrés Alberto García León
Profesor Universidad de Ibagué

**Facultad de Ingeniería
Ingeniería Industrial**



Resumen

El parque automotor crece cada año y en promedio se consume entre 4,5 y 5,5 millones de llantas en el país, el problema de acumulación y mal reciclaje de llantas usadas se ha convertido en una de las razones para pensar en dar un manejo adecuado a este residuo, dado a que se generan impactos ambientales negativos. El objetivo de este estudio es formular una alternativa factible de aprovechamiento y generación de valor para las llantas usadas en la ciudad de Ibagué que se responde a través de un método multicriterio acompañado de una consulta de expertos. Las respuestas recibidas muestran que la mejor alternativa es una planta trituradora, esto en temas de comercialización, inversión, medio ambiente y complejidad del proceso. Ante los resultados obtenidos se decidió hacer el diseño de una planta que no solo comercializara el granulo de caucho reciclado (GCR), sino que tuviera un producto a base de este material como lo son los tapetes, teniendo en cuenta que la fabricación de GCR y tapetes decorativos son una solución que disminuye la contaminación y el impacto nocivo que genera la acumulación de este residuo.

Palabras clave: Llantas usadas, Ibagué, aprovechamiento, logística inversa.

Abstract

The car fleet grows every year and on average between 4.5 and 5.5 million tires are consumed in the country, the problem of accumulation and poor recycling of used tires has become one of the reasons to think about giving a handle suitable for this waste, given that negative environmental impacts are generated. The objective of this study is to formulate a feasible alternative for the use and generation of value for the tires used in the city of Ibagué, which is answered through a multi-criteria method accompanied by an expert consultation. The responses received show that the best alternative is a crushing plant, this in terms of marketing, investment, environment and complexity of the process. Given the results obtained, it was decided to design a plant that not only commercialized the recycled rubber granule (GCR), but had a product based on this material such as rugs, taking into account that the manufacture of GCR and Decorative rugs are a solution that reduces pollution and the harmful impact generated by the accumulation of this residue.

Keywords: Used tires, Ibagué, use, reverse logistics.



Contenido

Contenido	VI
Introducción	1
Planteamiento del problema	3
Metodología del trabajo	5
Capítulo 1: Caracterización de la Cadena de Suministro Inversa de las llantas usadas en Colombia, Ibagué y sus potenciales usos alternativos.	9
1. Actores	9
1.1. Distribuidores:	10
1.2. Generadores:	10
2.1 Empresas de aprovechamiento:	11
2. Operaciones logísticas	12
2.1 Estrategias de recolección, controles y medidas de las llantas.....	12
2.2 Almacenamiento.....	14
2.2.1 Almacenamiento en contenedores (Containers)	14
2.2.2 Almacenamiento en Bodegas Cubiertas.....	15
2.2.3 Almacenamiento a cielo abierto.....	16
2.3 Transporte.....	16
3. Tratamiento del residuo.....	17
3.1 Gestión del residuo	17
3.2 Aprovechamiento del residuo	17
• Mundo Limpio	18
• Ecology Rubber	19
• Rueda Verde	19
• Grupo Renova	19
4. Disposición final y usos potenciales	22
5. Cadena de Suministro Inversa de las llantas.....	24
Capítulo 2: Determinar el potencial de generación de valor a partir de la recolección de residuos de llantas usadas en Ibagué	27
Capítulo 3: Selección de la alternativa	33
1. Planta de trituración:	33
1.1 Línea principal de trituración y separación de llantas	34
2. Planta de modificación de Asfalto:.....	35
2.1 Línea principal de modificación de asfalto	36
3. Planta de fabricación de pisos y baldosas de caucho:.....	38
3.1 Línea principal de fabricación de pisos y baldosas de caucho.....	39
4. Planta de fabricación de tapetes decorativos:	41



Capítulo 4: Propuesta operativa	45
1. Diseño de los tapetes	45
2. Proceso de fabricación	46
2.1 Destalonado:	46
2.2 Secado:	46
2.3 Primera trituración:	46
2.4 Desmetalizado:	46
2.5 Tamizado:.....	46
2.6 Segunda Trituración:	47
2.7 Moldeado:.....	47
2.8 Prensado:	47
2.9 Enfriamiento:	47
2.10 Vibración:.....	47
2.11 Corte:.....	47
2.12 Retoque:.....	47
2.13 Almacenaje:.....	47
2.14 Diseño y decoración:	47
3. Estudio de mercado.....	48
4. Estudio de localización	50
4.1 Macro localización	50
4.2 Micro localización	51
5. Método cualitativo por puntos	51
6. ESTUDIO TÉCNICO.....	64
6.2 Requerimientos de materia prima:	67
6.3 Recursos necesarios para el proyecto	69
6.4 ESTUDIO ADMINISTRATIVO.....	74
6.4.1 Estructura organizacional	74
6.4.2 Nómina	76
6.4.3 Requisitos Legales	77
7. FUENTE DE FINANCIAMIENTO	77
Conclusiones y recomendaciones	81
1. Conclusiones	81
2. Recomendaciones	82
Referencias	83
Anexos	90



Introducción

El parque automotor registrado hasta el mes de julio fue de 14.957.654, de los cuales el 58% son motocicletas, el 41% vehículos y el 1% maquinaria, remolques y semirremolques (Registro Unico Nacional de Transito (RUNT), 2019), cabe mencionar que estas cifras cada año van en aumento, y el problema se genera debido a que el residuo se acumula y no existe un correcto reciclaje, se calcula que, al año, en promedio se consume entre 4,5 y 5,5 millones de llantas en Colombia, de las cuales se recicla por incineración y en rellenos sanitarios un 72%, se reencaucha un 17%, el 6% tiene un destino artesanal y para otros usos un 5%, como el regrabado, la generación de residuos de llantas de automóvil, camioneta, camión y buseta se estima en 61 mil toneladas al año (El Tiempo, 2011).

Dadas las circunstancias de acumulación de residuos como las llantas usadas y las problemáticas ambientales que se generan por el abandono a cielo abierto, el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, emitió en julio del 2017, la resolución 1326, mediante la cual se obliga a presentar e implementar los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de las llantas usadas, esta se establece con el objetivo de asignar a los productores de llantas que se comercializan en el país, la obligación de formular, presentar, implementar y mantener actualizados los sistemas de recolección selectiva de las llantas usadas esto para prevenir y controlar la degradación del medio ambiente, se debe tener en cuenta que en el grupo de productores se encuentran tanto los que importan llantas para comercializar en el mercado nacional, como los que importan más de 50 tipos de vehículos tales como: automóviles, camiones, camionetas, buses, busetas y tractomulas hasta rin de 22,5 pulgadas, también, dentro del grupo de productores se encuentran los que producen más de 200 unidades de llantas al año (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2017).

Para analizar la necesidad de los sistemas de recolección de llantas usadas, cabe mencionar que 100 años es el tiempo de degradación de una llanta, es decir una llanta puede durar todo este tiempo siendo hábitat para zancudos tipo *Aedes Aegypti* causantes de diferentes enfermedades como el dengue, Chikunguña y zika, generando así otro problema relacionado con la salud pública que afecta directamente a la población, como también el riesgo de emergencias por incendios y contaminación del ambiente.

Debido a la problemática causada por el abandono de llantas, se hace necesario tener un control de la disposición final de este tipo de producto una vez terminado su ciclo de vida, es por ello que aparece la logística inversa como parte importante del cierre logístico del proceso, la característica principal es que la cadena de suministro inversa inicia desde el momento en que las llantas llegan al final de su vida útil e involucra los diferentes actores relacionados con la generación, manejo y disposición final del residuo, en este grupo de actores se encuentran los fabricantes, el único en Colombia es la compañía estadounidense Goodyear que mantiene su planta en Yumbo, Valle del Cauca, esta se



enfoca únicamente en la fabricación de llantas para buses y camiones, el resto del mercado que comercializa llantas en el país las importa, en ciudades como Ibagué, algunos actores que conforman la cadena de suministro inversa son empresas distribuidoras como montallantas, energitecas y servitecas, también están los generadores de llantas conformado por los transportadores de servicio público, colectivo e individual y vehículos tipo particular, este último hace parte del grupo de pequeños generadores.

Después de la generación del residuo, el paso a seguir en la cadena de suministro inversa es dar un manejo adecuado y aprovechamiento a las llantas, teniendo en cuenta que estas están compuestas por un 80% de caucho, un 15% de acero y un 5% de fibras, con el caucho, además del asfalto modificado, se puede utilizar el granulo para canchas sintéticas, calzado, pisos, tapetes y para uso energético, sirviendo como combustible alternativo en procesos industriales pues, según expertos consultados, llega a generar mayor energía que el carbón.

La investigación de esta problemática relacionada con la disposición final de las llantas usadas se realiza con el interés de dar a conocer el impacto generado al medio ambiente y exponer la importancia de diseñar una propuesta para la generación de valor de las llantas usadas en la ciudad de Ibagué, ya que no hay una empresa legalmente constituidas que brinde una adecuada disposición del residuo, adicionalmente, es una oportunidad para ayudar en temas de desempleo, según expertos en el manejo de residuos y la formulación y evaluación de proyectos, la mejor alternativa para aprovechar los materiales de las llantas es a través de un planta de trituración, ya que se tiene disponibilidad del granulo y este se puede comercializar para distintos usos, adicionalmente, para dar un valor agregado al producto se elige la alternativa de una planta dedicada a la fabricación de tapetes, para esta elección en la entrevista con los expertos se tuvieron en cuenta algunos criterios relacionados con el medio ambiente, la inversión, la tecnología, la competencia, los productos sustitutos, las ventas y la complejidad del proceso.

Finalmente, durante la investigación desarrollada en campo, uno de los obstáculos en las entrevistas fue la disponibilidad de tiempo en algunos casos, y la susceptibilidad para proporcionar información, A continuación, para concluir se presenta un resumen de la estructura del trabajo, el cual de divide en 4 fases que son:

1. La caracterización de la cadena de suministro inversa de llantas usadas en Colombia y en Ibagué, y sus potenciales usos alternativos.
2. La determinación del potencial de generación de valor a partir de la recolección de residuos de llantas usadas en Ibagué.
3. El análisis y evaluación de las alternativas de aprovechamiento de llantas usadas factibles en la ciudad de Ibagué.
4. El diseño de una propuesta operativa para la generación de valor en la disposición de residuos provenientes de llantas usadas.



Planteamiento del problema

La generación de llantas usadas en Colombia es alrededor de 7.000.000 cada año, de las cuales más de 2.500.000 provienen de la ciudad de Bogotá. Estas llantas generan consecuencias graves para el ambiente y la economía, ya que contaminan calles, fuentes hídricas y hasta bosques, además, el desuso y abandono en centros de acopio aumenta el riesgo de emergencias como incendios, los cuales generan daños ambientales, económicos y sanitarios (Redacción Bogotá, 2016). Adicionalmente, las llantas se convierten en el hábitat para la recepción de vectores tales como los mosquitos que transmiten enfermedades como malaria, dengue, chikunguña, entre otras. De acuerdo al (Instituto Nacional de Salud, 2018), se notificaron al sistema de información en vigilancia epidemiológica 25.284 casos de dengue en Colombia, de los cuales 3.014 casos se presentaron en el departamento del Tolima, es decir un 11,9%, siendo el tercer departamento que presenta un mayor número de casos de dengue y con el 2,4% en la ciudad de Ibagué.

La Secretaría de Tránsito y Transporte de Ibagué indicó que el parque automotor de la ciudad está conformado por diferentes tipos de vehículos, tales como: automóviles, buses, busetas, microbuses, camiones, camionetas, camperos, Cuatrimotos, motocarros, motocicletas, Tractocamiones y volquetas. El total para el 2016 fue de 171.457 vehículos, y al pasar de los años esta cifra va en ascenso (Centro de información municipal para la planeación participativa [CIMPP], S.f.). Es necesario resaltar la relación entre la demanda de llantas y el crecimiento poblacional, teniendo en cuenta que las proyecciones para el 2017 fueron de 564.076 habitantes en la ciudad de Ibagué, cifra que desde el 2008 va en ascenso (Centro de información municipal para la planeación participativa [CIMPP], S.f.). También, las ampliaciones y altas inversiones en temas de infraestructura en vías de transporte reconociéndose que más del 73% de la carga es transportada por modo carretero (Guzmán Pinilla, 2016). Es así como para la ciudad de Ibagué el aprovechamiento de las llantas que han llegado al final de su vida útil es una oportunidad de negocio, ya que no hay una empresa certificada que tenga un manejo adecuado de este residuo, y cuya función sea la recolección y gestión ambiental de las llantas usadas transformándolas en materiales útiles que sean reutilizables como materia prima de otros productos y servicios, por ejemplo en la construcción de vías, proceso que involucra el caucho como parte de las mezclas asfálticas, lo cual optimiza el uso de recursos, además de ayudar con la prevención y control de la degradación del medio ambiente, y contribuir paralelamente a la generación de empleo.

Del mismo modo se resalta que en el trimestre móvil Agosto – Octubre del 2018, Ibagué es la tercera ciudad con mayor desempleo en Colombia, la capital del Tolima aparece con una cifra de desempleo del 15,0% por detrás de Quibdó y Cúcuta, lo preocupante es que esta cifra va en aumento al igual que la informalidad, generando un escenario desfavorable para el Tolima, el cual está relacionado principalmente por la ausencia de una estructura sólida económica de generación de empleo de largo plazo, y con una buena remuneración



hacia los empleados (Departamento administrativo nacional de estadística [DANE], 2018). En este orden de ideas, se procede a presentar la pregunta que motiva esta investigación, ¿Cuál es la mejor alternativa de aprovechamiento de llantas usadas en la ciudad de Ibagué considerando la situación actual de la demanda del mercado y la logística de disposición que se está utilizando actualmente, de forma que se beneficie a la ciudadanía ibaguereña en términos económicos?

Finalmente, cabe resaltar que los costos de adquisición de la materia prima (llantas usadas) son bajos, por otro lado, la presencia de empresas de transporte y empresas dedicadas a la fabricación de cemento como Cemex demandan del uso permanente de llantas y pueden aportar al proyecto, como también se puede pensar en posibles extensiones del servicio, considerando que Ibagué se encuentra ubicado en un sitio central, estratégico y equidistante hacia muchos destinos.



Metodología del trabajo

Con el objetivo de formular una alternativa factible de aprovechamiento y generación de valor para las llantas usadas en la ciudad de Ibagué se desarrolló un estudio de enfoque mixto, el cual, de acuerdo con Hernández Sampieri Fernández Collado, & Baptista Lucio (2018), es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos para responder distintas preguntas de investigación.

Y con el fin de dar cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados, se llevó a cabo las siguientes fases:

Fase 1: Caracterización de la cadena de suministro inversa de llantas usadas en Colombia y en Ibagué, y sus potenciales usos alternativos.

La primera fase de esta investigación es de carácter descriptivo, pues se caracterizaron las particularidades de la cadena de suministro inversa de las llantas usadas. Para lograr este propósito se utilizaron fuentes de información primaria y secundaria. Primeramente se realizó una búsqueda de información secundaria, puesto que se consultó páginas web con información referente a las generalidades de las llantas, características y composición. Adicionalmente, se construyó una cadena o estructura para el aprovechamiento de las llantas usadas, la cual inicia desde que los grandes y pequeños generadores deciden que ha terminado el tiempo de vida útil de las llantas, para luego dar un manejo al residuo y finalmente el aprovechamiento.

También, se consultó en sitios web de entidades públicas como: La secretaria distrital de medio ambiente, la alcaldía de Bogotá, el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible y páginas de empresas que le están dando un tratamiento y uso a las llantas que han llegado al final de su vida útil, con toda esta información se logró identificar los actores principales en la cadena de suministro inversa; adicionalmente se analizaron publicaciones de periódicos nacionales relacionados con el tema de disposición de llantas, así como, la legislación vigente que rige los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de las llantas usadas.

Por otro lado, se utilizaron fuentes de información primaria, con el objetivo de validar la información encontrada en las fuentes secundarias. Se programaron visitas a montallantas, servitecas, centros de acopio, entre otros. Se visitaron empresas como Su Campo - Su llanta S.A.S., la energética Co-éxito, y un punto de acopio en el cual venden las llantas usadas, esto con el fin de definir las condiciones de almacenamiento, recepción y transporte del producto. Posteriormente, se investigó acerca de la disposición final de las llantas usadas en las empresas nombradas anteriormente, para así poder representar de forma gráfica el funcionamiento de la cadena de suministro inversa de las llantas usadas.

Fase 2: Determinar el potencial de generación de valor a partir de la recolección de residuos de llantas usadas en Ibagué.



En la segunda fase del proyecto, se tuvo como referencia el trabajo de grado desarrollado por estudiantes de pregrado de la universidad de Ibagué denominado *Caracterización de la cadena de recuperación de las llantas usadas en Ibagué*. En el cual se consulto acerca de la proyección de llantas usadas en la ciudad, para llevar a cabo el estudio, según Pérez Gutiérrez & Basto Murillo (2019) se consultó la página web de la Secretaria de Transito y Transportes de la ciudad de Ibagué, en esta se tiene un reporte de la cantidad de vehículos matriculados desde el 2010 al 2017 según el tipo de vehículo, con estas cifras se hizo una proyección hasta el año 2023, teniendo como base una hoja de cálculo (Excel).

En primer lugar, se determinó la tendencia de los datos por medio la representación gráfica se evidencio que los datos tienen un aumento constante y la trama de la gráfica en los puntos de datos se asemeja a una línea.

Seguidamente, se utilizaron fuentes de información primaria como: entrevistas a conductores y propietarios de vehículos acerca de las características por tipo de vehículo se tuvieron en cuenta datos como: el número de llantas de adelante y atrás, el tiempo de duración promedio de estas llantas (Vida Útil), la cantidad de llantas desgastadas al año por tipo de vehículo, este último dato se calculó con el tiempo de duración de las llantas y finalmente se llegó al número de llantas desechadas por año. Esto con el objetivo de realizar un estimado de las llantas desechadas anualmente en la ciudad de Ibagué.

Fase 3: Análisis y evaluación de alternativas.

En esta tercera fase del proyecto se propuso cuatro alternativas para ser valoradas las cuales fueron: una planta de trituración, una planta de fabricación de asfalto, una planta de fabricación de pisos y baldosas, y una planta de fabricación de tapetes, como punto de referencia para la elección de alternativas, se tuvo en cuenta el objetivo general que corresponde a la formulación de una alternativa factible de aprovechamiento y generación de valor para las llantas usadas en la ciudad de Ibagué, adicionalmente, se plantearon cuatro alternativas, con el propósito de tener varias opciones y tomar una decisión acertada que brinde un mayor beneficio a la ciudad.

Después de definir las alternativas, se realizó un panel de expertos, que es una técnica de obtención de información, basada en la consulta a expertos de un área, con el fin de obtener la opinión de consenso más fiable del grupo consultado (Reguant Álvarez & Torrado Fonseca , 2016). Para llevar a cabo el panel de expertos se utilizó el método AHP, El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), es una herramienta de toma de decisiones multi-criterio, utilizada en problemas en los cuales necesitan evaluarse aspectos tanto cualitativos como cuantitativos (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2012). El proceso requiere que quien toma las decisiones proporcione evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios y que, después especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión y para cada criterio. El resultado del AHP es una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión (Toskano Hurtado, 2005).



Los criterios que se definieron para la elección de una alternativa factible, fueron tomados como referencia de los trabajos de grado consultados anteriormente según su importancia para la elección de la mejor alternativa. El factor ambiental se escogió con el fin de saber que alternativa es más amigable con el medio ambiente, el factor de Inversión inicial, Tecnología y Maquinaria, Mercadotecnia y Ventas con el fin de saber la alternativa más rentable y atractiva económicamente para los inversionistas, factores como Empresas Competidoras y Productos Sustitutos con el fin de conocer el mercado que sustituye el producto a fabricar que se convertirá en un futuro en una barrera y finalmente en el factor de Complejidad del Proceso con el fin de conocer que tan difícil puede ser fabricar el producto de la alternativa a seleccionar. A continuación se presentan los criterios tenidos en cuenta:

- **Ambiental:** Tipo de químicos utilizados para la transformación de la materia y la afectación para la salud humana.
- **Inversión inicial:** Inversión que se debe realizar para la materialización de la idea a seleccionar.
- **Tecnología y maquinaria:** Maquinaria y tecnología necesaria para la generación del sub producto.
- **Empresas Competidoras:** Empresas competidoras dedicadas a la fabricación de productos que pueden reemplazar el producto a elaborar.
- **Productos Sustitutos:** Productos que pueden reemplazar el producto a elaborar debido a que cumplen la misma función.
- **Mercadotecnia:** Técnicas y planta física necesaria para la comercialización del producto.
- **Ventas:** Comercialización del tipo de producto.
- **Complejidad del Proceso:** Proceso para la creación del producto.

Para la evaluación de los diferentes criterios y alternativas se tuvo en cuenta una escala de 1 a 10, siendo 1 poco importante y 10 muy importante.

Fase 4: Diseño de una propuesta operativa.

En primer lugar, se procedió a realizar un estudio de localización, con el cual se analizó los diferentes lugares donde será óptima la construcción de la planta para el aprovechamiento de las llantas usadas, esta información se obtuvo de fuentes secundarias considerando diversos factores tales como: la cercanía del mercado, vías de acceso, número y ubicación de competidores, disponibilidad de recursos hídricos, topografía y tipo de suelo, fuentes de abastecimiento de materias primas, costos y disponibilidad de terrenos. Ya definidos estos factores se continuó con la evaluación de las alternativas de localización esto teniendo en cuenta los factores anteriormente nombrados y mediante el método cualitativo por puntos.



En segundo lugar, se realizó un estudio técnico, el cual se basó en el análisis de la función de producción, se identificó la materia prima, el equipo de oficina, la maquinaria, las instalaciones necesarias.

En tercer lugar, se realizó un estudio administrativo con el fin de determinar algunos aspectos tales como: la estructura organizacional mediante un diagrama, los aspectos legales en una matriz y los aspectos laborales definidos en una nómina para administrativos y otra para operativos.

Finalmente, en el cuarto lugar, se realizó un estudio financiero en el cual se estableció las fuentes de financiamiento y los costos provenientes de la alternativa seleccionada, el objetivo en este punto se basó en determinar la rentabilidad del proyecto, en este punto se utilizó indicadores de rentabilidad tales como: el valor presente neto y la tasa interna de retorno.

Capítulo 1: Caracterización de la Cadena de Suministro Inversa de las llantas usadas en Colombia, Ibagué y sus potenciales usos alternativos.

En este capítulo se abordarán temas acerca de la logística que conlleva aprovechar las llantas desechadas en la ciudad de Ibagué, es por esto que se debe hacer un reconocimiento de los actores, es decir, empresas que asumen un rol importante en el proceso que tienen las llantas para convertirlas en sub productos, luego, se realizará una descripción de las operaciones logísticas que conlleva realizar la logística inversa de las llantas y finalmente, se abordará el tratamiento del residuo, que comprende la gestión total del residuo, métodos de aprovechamiento y finalmente la cadena de suministro inversa de las llantas en la ciudad de Ibagué.

1. Actores

La cadena de suministro inversa según ATOX Sistemas de Almacenaje (2015) es el proceso de un producto desde el consumidor o cliente hasta el fabricante o proveedor, lo que indica que es el sentido contrario a la logística directa y habitual de un producto, en el caso de las llantas usadas inicia desde el momento en que las llantas llegan al final de su vida útil, involucra los diferentes actores relacionados con la generación, manejo y disposición final del residuo. Es necesario tener en cuenta que para poder recuperar un producto cada uno de los actores tiene una función específica y de su correcta actuación depende el éxito de la misma. La **figura 1** nos indica un esquema general donde cada actor de la cadena es una pieza del proceso de gestión de las llantas usadas:

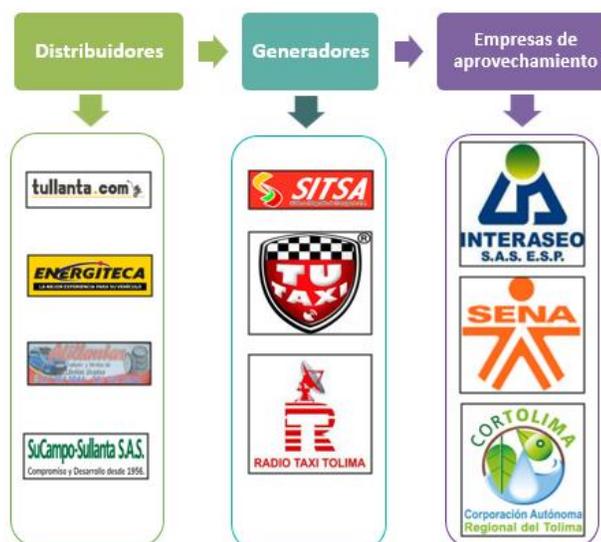




Figura 1. Actores de la cadena de la gestión de llantas usadas.

1.1. Distribuidores: Son los encargados de entregar el producto (llantas), además de colaborar con la recepción y almacenamiento temporal del residuo mientras se entregan a una empresa aprovechadora. Algunos actores que pertenecen a esta categoría en la ciudad de Ibagué son las servitecas (Servicio técnico automotriz), energitecas y montallantas. En el **Anexo 1** se realiza una breve descripción de los siguientes actores que se encuentran presentes en la ciudad de Ibagué y generan la comercialización directa de llantas ya sea nuevas o reutilizadas:

- Tullanta Ibagué.
- Coéxito Ibagué.
- Alillantas.
- SuCampo-Sullanta S.A.S.

1.2. Generadores: Este grupo está conformado por los transportadores grandes tales como: el transporte público colectivo e individual, de carga y turismo, también están involucrados los generadores pequeños, integrado por los propietarios de vehículos tipo particular, en el **Anexo 2** se realiza una breve descripción de los siguientes actores que lo comprenden:

- SITSA (Sistema integrado de transporte S.A.)
- Servitaxi S.A.
- Tu Taxi
- Radio Taxi Tolima LTDA.

A continuación, en la **tabla 1** según la Secretaria distrial de ambiente Bogotá, se muestran las estadísticas tomadas en la ciudad de Bogotá acerca del manejo de llantas usadas.

Tabla 1. Manejo de llantas usadas en Bogotá.

Acción	Servicio		Total
	Particular	Público	
Deja en el sitio de cambio	72,4%	67,8%	72%
Las saca a la basura	12,1%	11,6%	12%
Reencauche, reconstruida	3,3%	9,4%	3,8%
Las vende	0,6%	1,3%	0,7%
Se las lleva y las guarda	3,2%	5,7%	3,4%
Regala a los recicladores	3,9%	2,3%	3,7%
Sin información	4,5%	1,9%	4,3%

Fuente: (Secretaria distrial de ambiente Bogotá, 2006).

Cabe mencionar que según las estadísticas de la tabla 2 el 72% de los generadores del residuo deja las llantas en los sitios de cambio y solo el 3,8% reintegra la llanta al proceso de reencauche que corresponde al cambio de la banda de rodamiento.

En el caso de la ciudad de Ibagué, la situación no cambia mucho, ya que los lugares más comunes donde se abandonan las llantas después del reemplazo de estas también son en su mayoría sitios de cambio, como segunda opción se sacan a la basura o se destinan para reencauche, cabe mencionar, que el reencauche se hace generalmente para llantas de camión. Según El Tiempo, La industria nacional del reencauche procesa anualmente 600.000 llantas de buses y camiones, una cifra baja si se le compara con otros países que ven este proceso como una fórmula eficaz y segura para bajar los costos de operación de las empresas transportadoras de carga y pasajeros.

También, esta industria tiene un aporte en la reducción del impacto ambiental debido a que, mediante el proceso de renovación de la banda de rodamiento, se evita el desecho de la llanta en un 60% y se ahorra un 68% en la fabricación de una nueva (El Tiempo, 2019). Adicionalmente, los lugares comunes para realizar el cambio de las llantas en la ciudad de Ibagué son las servitecas y montallantas, siendo sitios clave para la cadena de suministro inversa de las llantas usadas. Según la cámara de comercio en la ciudad de Ibagué hay 525 empresas registradas mediante el código 4520 " Mantenimiento y reparación de vehículos automotores" (Ver Anexo 3).

- 2.1 Empresas de aprovechamiento:** Son empresas dedicadas a la elaboración de nuevos productos a partir de las llantas usadas, estas empresas reciben las llantas ya sea de los distribuidores o los generadores. Actualmente la ciudad de Ibagué no cuenta con empresas que cumplan la misión de darle un aprovechamiento a las llantas usadas, pero si hay algunas que se encargan de la recolección de este residuo y otras que las



utilizan para usos artesanales en el **Anexo 4** se encuentra una breve descripción de las siguientes empresas con las que cuenta la capital tolimense:

- INTERASEO S.A.S E.S.P
- SENA
- CORTOLIMA

Como lo muestra el modelo de la cadena de gestión del residuo en la **figura 2**, las empresas distribuidoras son las que comercializan las llantas, los grandes y pequeños generadores las utilizan hasta llegar al fin de su vida útil y posteriormente las empresas de recolección las recogen, a algunas les realizan diferentes procesos para alargar su vida útil y las que no, son abandonadas en centros de acopio y enterradas o utilizadas en empresas como el SENA quienes les dan un uso netamente artesanal.



Figura 2. Cadena de gestión de las llantas usadas en la ciudad de Ibagué.

2. Operaciones logísticas

2.1 Estrategias de recolección, controles y medidas de las llantas

Las estrategias de recolección de las llantas usadas, según los establecimientos que disponen de puntos autorizados, tales como Rueda Verde se hacen a través del contacto del cliente con la empresa, quien es el que debe manifestar su interés en hacer entrega de sus llantas usadas.

En empresas como Rueda Verde, los mecanismos de entrega se dividen en dos modalidades, RESIDENCIAL o DOMÉSTICO e INSTITUCIONAL o EMPRESARIAL, esta clasificación se da de acuerdo con la cantidad de llantas que el cliente vaya a entregar, por ejemplo:

Residencial o doméstico: Los clientes pueden entregar de 1 a 5 llantas de vehículos

Institucional o empresarial: Las empresas públicas o privadas pueden llevar a partir de 6 llantas de vehículos. Adicionalmente, antes de entregar las llantas al centro de acopio, se debe tener en cuenta los siguientes controles y medidas:

En primer lugar, se debe revisar que las llantas se encuentren limpias y no estén mezcladas con elementos extraños en su interior u otros residuos que puedan alterar la limpieza de la llanta. En segundo lugar, cada llanta debe estar seca y no encontrarse húmeda, ya que, el agua es generadora de malos olores y de reproducción de los mosquitos transmisores de dengue.

Por otro lado, según el personal de los establecimientos grandes ubicados en la ciudad de Ibagué, cuya actividad económica es la comercialización de llantas usadas, es decir llantas a mitad de uso, las estrategias de recolección utilizadas se basan en la visita por parte de la persona encargada de la recolección a establecimientos que manejan llantas tales como servitecas, incluso casas, estando en el lugar, se debe seleccionar las llantas para luego llevarlas directamente a los montallantas con el fin de ser tratadas y vendidas.

En cuanto a montallantas de menor capacidad, las llantas usadas que ya no tienen otro provecho para las personas son recogidas por la empresa autorizada para el Plan Posconsumo, llamada INTERASEO S.A.S E.S.P., la cual, les da una disposición que aún se desconoce. El servicio que presta la empresa para la recolección de residuos especiales está dirigido a la comunidad en general, ya sea a grandes generadores o usuarios particulares que hagan un requerimiento especial. Otras tantas empresas de capacidad menor, deciden donarlas a instituciones como el SENA para darle un uso netamente artesanal.

Existen otras, tales como las empresas que participan en la recolección Selectiva y Gestión Ambiental de llantas usadas que también son receptoras de acuerdo a la decisión del cliente, falta recalcar que estas empresas están comprometidas con el medio ambiente y su único propósito está enfocado en una buena disposición final de las llantas debidamente recicladas y recuperadas.

A continuación, en la **figura 3** se presenta la cadena o estructura para el aprovechamiento de las llantas usadas, iniciando desde el momento en el que los generadores deciden que ha terminado la vida útil del producto.

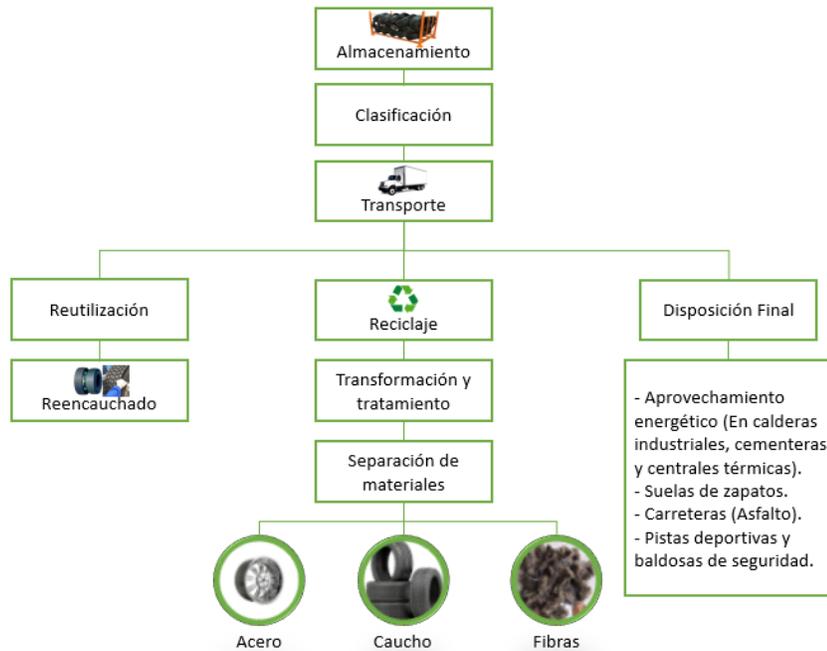


Figura 3. Cadena para el aprovechamiento de las llantas usadas.

Fuente: Guía para el manejo de llantas usadas (2006).

2.2 Almacenamiento

El almacenamiento de llantas usadas en el punto de acopio está asociado al número de llantas que se reciben mensualmente. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible las condiciones de almacenamiento de las llantas usadas deben minimizar los impactos paisajísticos y los riesgos asociados a emergencias que pueden generar incendios u otras situaciones de riesgo. A continuación, se presentan tres formas de almacenar las llantas usadas: almacenamiento en contenedores (Containers), almacenamiento en bodegas cubiertas y almacenamiento a cielo abierto. (Resolución 1326, 2017, anexo I).

2.2.1 Almacenamiento en contenedores (Containers)

Este tipo de almacenamiento es apropiado para acopios temporales y de inventarios de bajo volumen, estos espacios no podrán superar los 18 meses de almacenamiento, algunos beneficios de esta modalidad están relacionados con la manera organizada como se lleva el almacenamiento,

- El impacto visual y paisajístico es mínimo.
- El sistema es móvil, modular y expandible.
- Se reduce considerablemente el riesgo por incendio.
- Las llantas no están expuestas a la intemperie, vectores o plagas. (Resolución 1326, 2017, anexo I)

2.2.2 Almacenamiento en Bodegas Cubiertas

Esta modalidad de almacenamiento y acopio es una de las más utilizadas ya que trae beneficios en cuanto a condiciones de manejo, disminución de riesgos asociados a la generación de vectores, disminución del impacto paisajístico, entre otros. En especial, es recomendable para inventarios de altos volúmenes y su duración no podrá exceder de 12 meses, es necesario tener en cuenta ciertos aspectos, como los siguientes:

- El acceso al sitio de almacenamiento debe ser restringido y, por tanto, estará vallado o cerrado en todo su perímetro.
- La instalación estará dotada de accesos adecuados para permitir la circulación de vehículos pesados. (montacargas, entre otros).
- El sitio de almacenamiento estará dividido en celdas o módulos independientes para evitar la propagación del fuego en caso de incendio y contar con viales internos que permitan el acceso de los medios mecánicos y de extinción.
- El lugar debe contar con condiciones adecuadas de ventilación.
- Almacenar las llantas fuera de superficies que absorben calor, tales como el asfalto.
- Las llantas usadas deben estar alejadas de cualquier sustancia química, disolvente o hidrocarburo, capaz de reaccionar con los materiales componentes de la llanta usada.
- Almacenar lejos de fuentes de calor y equipos que puedan provocar chispas o descargas eléctricas (cargador de batería, aparatos de soldar, motores eléctricos). (Resolución 1326, 2017, anexo I)



Almacenamiento apilado



Almacenamiento entrelazado



Almacenamiento sobre la cinta de rodamiento

Figura 4. Métodos para almacenar llantas.

Fuente: (Martins Industries, 2019).



2.2.3 Almacenamiento a cielo abierto

El almacenamiento de las llantas a cielo abierto es de carácter transitorio y no podrá superar los 3 meses. Además, el almacenamiento a cielo abierto deberá cumplir las siguientes especificaciones:

- El acceso al sitio de almacenamiento deberá ser restringido y, por lo tanto, estará vallado o cerrado en todo su perímetro, para mitigar el impacto paisajístico.
- La instalación estará dotada de accesos adecuados para permitir la circulación de vehículos pesados (montacargas, entre otros).
- El sitio de almacenamiento de llantas usadas estará dividido en módulos independientes para evitar la propagación del fuego en caso de incendio y contará con viales internos que permitan el acceso de los medios mecánicos y de extinción.
- Se deberá establecer estrategias para evitar el almacenamiento de agua al interior de las llantas usadas (rompimiento de la llanta, cobertura con material impermeable, entre otros), con el fin de prevenir la propagación de zancudos e insectos.
- Las llantas usadas deben estar alejadas de cualquier sustancia química, disolvente o hidrocarburo, capaz de reaccionar con los materiales componentes de la llanta usada y producir eventos de riesgo.
- Almacenar las llantas fuera de superficies que absorben calor, tales como asfalto. (Resolución 1326, 2017, anexo I).

2.3 Transporte

Las empresas encargadas del transporte y manejo de residuos especiales deberán contar con las autorizaciones vigentes. Esto incluye su registro ante las autoridades ambientales de la zona. En empresas como Rueda Verde, el transporte de las llantas domésticas o provenientes de empresas están a cargo del cliente, es decir, cada cliente debe transportar las llantas a donar hasta los centros de acopio distribuidos en las grandes ciudades de Colombia. Según la información recopilada de entrevistas en la ciudad de Ibagué, la Energiteca Co-éxito S.A. transporta un aproximado de 300 a 400 llantas mensuales a Bogotá donde se encuentra el centro de acopio más cercano a la presente ciudad, allí, Rueda Verde queda encargada de la disposición final.

Adicionalmente, Rueda Verde transporta las llantas a las ciudades donde se encuentran las plantas procesadoras con el fin de transformarlas en polvo de caucho, el cual es exportado a países que lo utilizan para mejorar las capas asfálticas de sus carreteras. Por otro lado, según el Gerente Comercial Javier Plaza de la empresa SuCampo – Sullanta S.A.S., las llantas usadas son entregadas a la empresa autorizada INTERASEO S.A.S E.S.P. quien es la encargada del transporte cada 8 o 15 días, antes de que el carro recolector ingrese a la empresa se almacenan bajo techo y aproximadamente se entregan 600 llantas mensuales.

3. Tratamiento del residuo

3.1 Gestión del residuo

El manejo del residuo comprende la gestión realizada a partir de la recogida, el transporte y el almacenamiento. Cuando se habla de recolección o recogida del residuo se hace referencia a la forma como el residuo en este caso las llantas usadas son sacadas de los sitios de generación para ser transportadas a un lugar de acopio o directamente al lugar de aprovechamiento o disposición final.

Para la recuperación de las llantas usadas se recurre a medios de transporte terrestre como camiones y volquetas, estos para el caso de volúmenes grandes que vienen de empresas o instituciones y para volúmenes pequeños de residuos se utilizan camionetas o automóviles familiares, siendo de tipo residencial o doméstico la procedencia de las llantas usadas.

El almacenamiento o acopio de las llantas usadas lo realiza el personal encargado de la recepción del residuo que proviene de la gestión realizada por los recuperadores. En Ibagué, los encargados del acopio reciben las llantas y las almacenan para la comercialización también se destinan para realizar algún tipo de proceso, como el reencauche de las llantas.

3.2 Aprovechamiento del residuo

Las llantas usadas en Colombia tienen tres formas de aprovechamiento final, que son: **reencauche, uso como energético y uso de la llanta como materia prima**. El aprovechamiento como uso energético con un 71,9% es el que representa un mayor porcentaje de aprovechamiento en la cadena de gestión, seguidamente se encuentra el reencauche aproximadamente el 17,2%, tal como se ilustra en la **figura 5** (Secretaría Distrital de Ambiente, 2006).



Figura 5. Distribución del uso de las llantas usadas en Bogotá.

Fuente: Guía para el manejo de llantas usadas (2006).

Según la Secretaria Distrital de Ambiente (2006), el mayor volumen de llantas usadas se destina como combustible para los hornos de producción de panela en el nor-occidente de Cundinamarca, actividad que genera impactos ambientales y de salud pública, debido a las emisiones de COV (Compuestos Orgánicos Volátiles) y HAP (Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares), contaminantes carcinogénicos, mutagénicos y otros que causan afecciones al sistema respiratorio y circulatorio.

Por otro lado, en la ciudad de Bogotá, los neumáticos usados están siendo destinados como combustible en dos hornos de la empresa de cemento Argos ubicados en Medellín y Cartagena. También se aprovecha para hacer, por ejemplo, parques y canchas sintéticas, cintas de caucho para soporte de sillas, entre otros usos. Las llantas usadas que están siendo llevadas desde Bogotá a la planta de tratamiento ubicada a las afueras de la Ciudad, en primer lugar, son clasificadas por su tamaño, después se parten en dos y se les retira el alambre que tienen, para finalmente triturarlas y enviarlas a los hornos (El Tiempo, 2018). Algunas de las empresas referentes al aprovechamiento en Colombia son:

- **Mundo Limpio**

Empresa constituida en el 2007, ubicada en el municipio de Carmen de Viboral en Antioquia, comprometida con el medio ambiente, consciente del daño ambiental generado por la mala disposición de las llantas usadas y especialista en el aprovechamiento responsable de las mismas, generando subproductos como el caucho, acero y fibra.

Esta empresa procesa alrededor de 1.000 toneladas de GCR (Gránulo de Caucho Reciclado) al mes para producir materias primas para el asfalto de alta calidad, que ayuda a reducir la contaminación auditiva, canchas sintéticas, pisos de seguridad para parques infantiles e inclusive para gimnasios, adicionalmente, el GCR también

sirve como combustible alternativo que reemplaza al carbón y los recursos naturales no renovables.

- **Ecology Rubber**

Empresa ubicada en la ciudad de Medellín, creada en el año 2009, enfocada en el sector de caucho, generan subproductos como superficies amortiguadoras de impactos, restauración de superficies, es decir tapetes de seguridad, parques infantiles, gimnasios de fácil instalación y mantenimiento a partir de neumáticos fuera de uso (Ecology Rubber, 2019).

- **Rueda Verde**

Empresa del Grupo Retorna sin ánimo de lucro que está a favor de la gestión ambiental, su principal objetivo es prevenir y controlar la degradación del ambiente en especial del daño causado por las llantas en desuso que han sido desechadas. Es catalogado como el primer programa de postconsumo del Gobierno Nacional, actualmente participan en el mercado de llantas usadas en casi el 80% en 70 empresas asociadas.

Esta empresa realiza jornadas de recolección en puntos estratégicos de llantas usadas con la ayuda de autoridades ambientales regionales en todo el país, estas son donadas por personas o empresas las cuales obtienen una certificación ambiental y valorizaciones.

Posteriormente, las llantas donadas son transportadas a plantas procesadoras de llantas ubicadas en Medellín, Bogotá, Bucaramanga y Cali (Rueda verde, 2017).

- **Grupo Renova**

Compañía ubicada en la ciudad de Bogotá, dedicada a la trituración, destrucción y correcto manejo ambiental de las llantas usadas. Producen y comercializan caucho, como materia prima para la fabricación de: Losas en caucho, caucho granulado para canchas sintéticas, caucho pulverizado para aplicaciones asfálticas y caucho granulado para alcorques (Grupo Renova, 2019).

Falta mencionar, que gracias a los movimientos que han generado estas organizaciones y al uso potencial de las llantas usadas, según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el capítulo IV del artículo 22 de la Resolución No 1326 de 06 de julio de 2017, se han establecido algunas prohibiciones para las personas y empresas que manejan llantas tales como:

1. El abandono o eliminación de llantas usadas.
2. Enterrar llantas Usadas.
3. Disponer de llantas en los rellenos sanitarios.
4. Acumular llantas usadas a cielo abierto, salvo para el caso de un almacenamiento temporal únicamente para facilitar la logística en los sitios de aprovechamiento



(hornos cementeros, plantas de aprovechamiento de llantas usadas y plantas procesadoras de asfalto modificado con Granulo de Caucho Reciclado (GCR)).

5. Abandonar llantas usadas en el espacio público.
6. Quemar llantas usadas.
7. Utilizar las llantas usadas como combustible sin el cumplimiento de los establecido en las normas ambientales que rigen la materia, como se menciona en el artículo 3 de la Resolución 1488 de 2003, las llantas usadas y nuevas con desviación de calidad, podrán ser eliminadas en hornos de producción de Clinker de plantas cementeras, reemplazando el combustible tradicional en proporciones hasta del 20% (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2017).

Esta normativa no se está cumpliendo en la ciudad de Ibagué puesto que cientos de llantas mensualmente son recogidas por entes y llevadas con el fin de ser enterradas en rellenos sanitarios o abandonadas en bodegas, por tal razón, es necesario crear alternativas de aprovechamiento, no solo para ciudades como Ibagué, sino para las demás ciudades de Colombia que quieran erradicar el problema ambiental que cada día crece por no aprovechar productos que tienen más oportunidades en el mercado. Dadas las prohibiciones, la Secretaria Distrital de ambiente creó un programa posconsumo que promueve la gestión adecuada de las llantas usadas en cumplimiento de la resolución 1326 de 2017.

El programa maneja un sistema de logística inversa, mediante el cual los ciudadanos llevan sus llantas usadas a los puntos de recolección, allí son recogidas por los operarios para ser procesadas técnicamente, convirtiéndolas en materia prima para otros procesos. A continuación, en la **figura 6** se ilustra los productores que deben dar cumplimiento a la Resolución 1326 de 2017 y en la **figura 7** las modalidades de los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de las Llantas Usadas.



Figura 6. Productores que deben dar cumplimiento a la Resolución 1326 de 2017.
Fuente: (Secretaria Distrital de ambiente , s.f.).

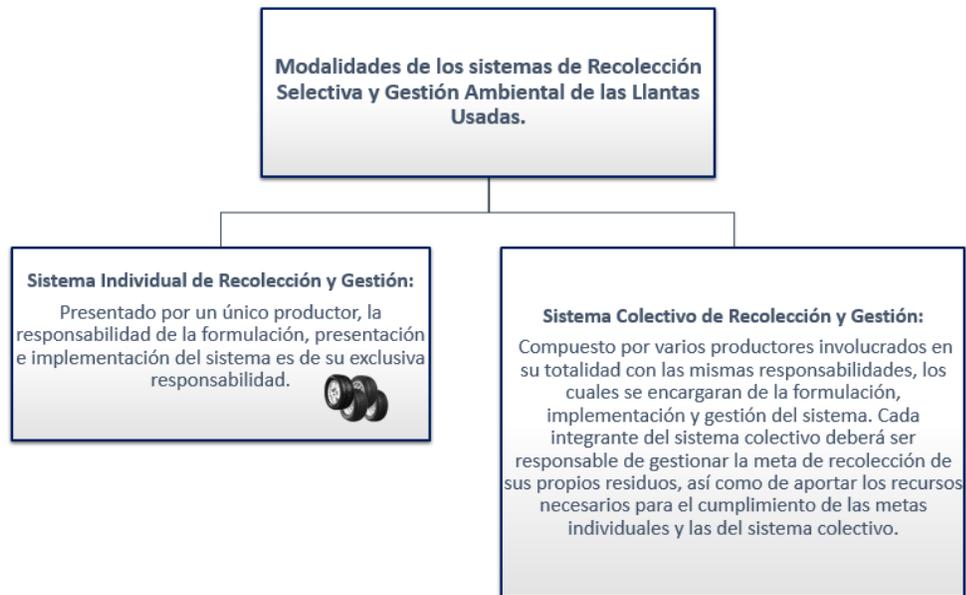


Figura 7. Modalidades de los sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de las Llantas Usadas.
Fuente: (Secretaria Distrital de ambiente , s.f.).

Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el **Anexo 5** se encuentran algunas de las más grandes empresas que participan en la recolección Selectiva y Gestión Ambiental de llantas usadas:



- Corporación Posconsumo de llantas Rueda Verde
- Importadora de llantas especiales
- Regigantes S.A.
- Sistema Verde S.A.S
- INTERASEO S.A.S. E.S.P

4. Disposición final y usos potenciales

Actualmente, se pueden utilizar distintos métodos para la recuperación de las llantas o para la eliminación controlada, esto con el propósito de minimizar los impactos al medio ambiente debido a la inadecuada disposición del residuo, gracias a los materiales por los que están compuestos los neumáticos algunos de sus potenciales usos son los siguientes:



Figura 8. Productos a base de llanta reciclada.

Fuente: Propia.

En Colombia ya existen empresas que elaboran productos a base de llantas usadas, aportando así al desarrollo económico, generación de empleo y el aspecto más importante el aprovechamiento las materias primas extraídas de llantas en desuso, algunas empresas promotoras y conscientes del daño ambiental y que tienen esta idea de proyecto son:

- **Huella Urbana:** Empresa ubicada en el departamento de Cundinamarca, interesada en preservar el medio ambiente y aportar a la industria productos a base de materiales que se puedan reutilizar, Huella Urbana ha desarrollado una estrategia innovadora la cual es producir pisos y baldosas de caucho proveniente de llantas reciclables de mucha mejor calidad que satisface plenamente a los clientes.

Esta empresa tiene diferentes tipos de productos como lo son:

Insitu-Flex, pisos de uso peatonal de pavimentos continuos como parques.

Baldosa-Flex, baldosas de usos interiores y exteriores con caucho reciclado generalmente para gimnasios y parques.

Anti-Shock, Baldosas anti shock para parqueaderos.

Tope Flex, Topes para parqueaderos.

Sus principales clientes son de empresas como: Bodytech, Universidad de los Andes, Marval, Cyclo, Convinort, Alcabama, entre otros. (Urbana, s.f.).

- **ENVÉS:** Empresa ubicada en Bogotá dedicada a diseñar productos eco-innovadores cuidando cada detalle y aspecto del diseño, con altos estándares de calidad y comprometidos con el desarrollo sostenible. Aprovechan y transforman residuos sólidos post industriales como materia prima incluyendo a la comunidad como promotora de iniciativa.

Entre los productos a base de caucho de llantas usadas se encuentran los siguientes:

Maletines, estuches, cartucheras, neceser, libretas: Cuentan con materiales de alta resistencia y fácil limpieza, micromallas y lonas de textiles recuperados como neumáticos y carpa de camión, tiene una marcación personalizada y su calidad es 100% garantizada. (ENVES, s.f.).

- **CYCLUS:** Empresa ubicada en Bogotá, enfocada en satisfacer necesidades de clientes y preservar el medio ambiente junto con algunos principios básicos como: la reutilización de materiales urbanos, el reciclaje de materias primas y la reducción de consumo de recursos y generación de desperdicios.

En su proceso de manufactura están involucradas madres cabeza de familia, quienes transmiten todo su amor y su pasión por lo que hacen en cada pieza a procesar.

Cuentan con productos hechos a base del emblemático neumático reciclado, algodón y cuero natural como bolsas de mano, morrales, bolsos de hombro, totes, mochilas, cinturones entre otros. (CYCLUS, s.f.).

- **MUNDO LIMPIO:** Empresa ubicada en El Carmen de Viboral, enfocada en la conservación del medio ambiente, en especial comprometida con el aprovechamiento responsable a las llantas usadas y desechadas. Esta empresa cuenta con una planta procesadora de llantas creando así subproductos a base de caucho, fibras y acero proveniente de los neumáticos como lo son:

Mezclas asfálticas, de la mejor calidad, que generan un menor desgaste a las llantas de los automóviles, además reduce la contaminación auditiva, con el fin de colaborar a la disminución del calentamiento global

Pisos de seguridad, como parques y gimnasios a base de gránulos de cauchos provenientes del caucho extraído de la llanta.



Combustible alternativo, Utilizado principalmente para calderas, hornos cementeros, siendo así una de las más grandes competencias del carbón. Sus mayores ventas están dadas por clientes como: ARGOS, MPI, Sistema Verde, Marketing Deportivo, entre otros. (Mundo Limpio, s.f.).

- **EKO GROUP COLOMBIA S.A.S:** La empresa Eko Group Colombia S.A.S se encuentra ubicada en la localidad de Copacabana, en el departamento de Antioquia, su principal actividad es la recuperación de materiales, la empresa transforma los Neumáticos Fuera de Uso en productos amigables para el planeta, mediante procesos, personas, recursos, tecnología, conocimiento e infraestructura enfocada en brindar resultados satisfactorios paros clientes, la empresa se encarga de dar una disposición adecuada a las llantas y comercializar el caucho. (Eko Group, s.f.).

5. Cadena de Suministro Inversa de las llantas

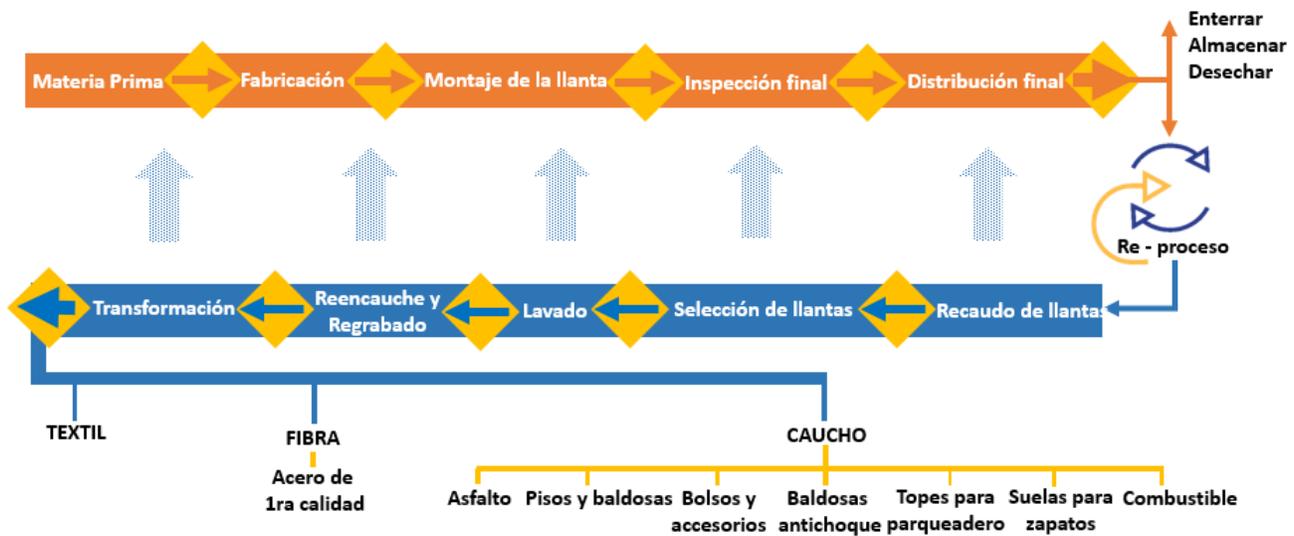


Figura 9. Cadena de suministro inversa de las llantas.

Fuente: Propia

En la **figura 9** se puede observar el flujo que debería llevar los neumáticos para lograr una logística inversa perfecta, pero desafortunadamente en la ciudad de Ibagué solamente llegan hasta enterrar, almacenar y desechar los neumáticos. Ahora bien, con las nuevas alternativas y el nuevo conocimiento adquirido por investigaciones, es posible realizar una transformación de los neumáticos y aprovechar sus materias primas, con las que se obtendrían, además de utilidad monetaria, beneficios como generación de empleo, mitigación del impacto ambiental, entre otros factores benéficos para la ciudad y la economía de esta. El proceso logístico de aprovechamiento de las llantas usadas se muestra en la **figura 10** como bien lo muestra para el aprovechamiento

de las llantas usadas hay muchos métodos, puesto que en el mejor de los casos se pueden reutilizar, reciclar y transformar, en el peor de los casos deberían ser trituradas y ser utilizadas como combustible o depositadas en vertederos no controlados.



Figura 10. Proceso logístico del aprovechamiento de las llantas.

Fuente: Propia.

Capítulo 2: Determinar el potencial de generación de valor a partir de la recolección de residuos de llantas usadas en Ibagué

Según las encuestas y entrevistas realizadas por la zona de la calle 25 hasta la calle 20 en Ibagué (zona de servitecas) el mercado de llantas va en aumento, esto debido a que el parque automotor tiene un alto crecimiento cada año. Según Javier Plaza gerente comercial de SuCampo-Sullanta S.A.S., en Colombia gran parte de llantas comercializadas son importadas, provenientes principalmente de China, Perú, Brasil y Ecuador, pero acerca de este tema no existen cifras oficiales. (**Anexo 6**, encuestas realizadas).

La ciudad de Ibagué cuenta con pocas servitecas, y la mayoría hacen parte de la empresa líder del mercado mundial Michelin, organización que cuenta con presencia comercial en más de 170 países y su especialidad se encuentra en la fabricación de neumáticos para automóviles, motocicletas, aviones, camiones, buses, tractores y bicicletas (Michelin, 2019).

En dichas servitecas se presta el servicio de instalación, alineación y balanceo de llantas, y en las energitecas, la venta e instalación de llantas y baterías para vehículos. Las llantas que son reemplazadas, es decir, que han terminado su vida útil son almacenadas y puestas a disposición de empresas como INTERASEO S.A.S y otras son entregadas a integrantes del SENA y grupos de comunidades que les dan un valor agregado y las comercializan como productos artesanales. A continuación, en la **figura 11**, se presentan las empresas dedicadas a la recolección de llantas usadas, esta información se obtuvo gracias a encuestas realizadas en algunas empresas distribuidoras, cabe resaltar que la Energiteca COÉXITO S.A.S, entrega sus llantas a Rueda Verde para un adecuado aprovechamiento y valorización de este residuo.



EMPRESAS DEDICADAS A LA RECOLECCIÓN DE LLANTAS USADAS EN IBAGUÉ

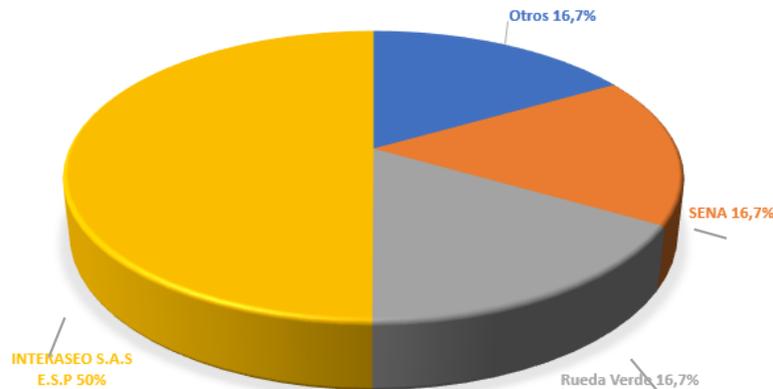


Figura 11. Empresas dedicadas a la recolección de llantas usadas en la ciudad de Ibagué.
Fuente: Encuestas a empresas distribuidoras (**Anexo 6**).

En el caso de la Energiteca COÉXITO S.A.S, mensualmente desechan entre 250 a 300 llantas, las cuales transportan a la ciudad de Bogotá para ser entregadas a la empresa Rueda Verde quienes realizan aprovechamientos y transformaciones para venderlas como subproductos. Otras empresas como SuCampo - Sullanta S.A.S. están distribuyendo aproximadamente 800 unidades al mes, de las cuales 600 terminan su vida útil y son entregadas a la empresa autorizada INTERASEO S.A.S E.S.P.

De igual forma, es común encontrarse con montallantas, establecimientos pequeños donde se realiza la compra y venta de neumáticos, consecuentemente el cambio. Allí, las llantas usadas son puestas a disposición de recolectores y de otros establecimientos dedicados a la recuperación del neumático, que comprende el reencauche generalmente para llantas de tamaño mediano como las de camión o bus, debido a que no es un procedimiento rentable para las llantas nuevas de automóviles y camionetas, también se encuentra el proceso de reesculturado.

No se debe confundir el reencauche con el reesculturado. La técnica del reencauche consiste en cambiar la capa superior a las llantas de maquinaria pesada que conservan su casco interior en buen estado, esta técnica se le debe hacer a las llantas que tiene grabada la R de reencauche (López, 2016), proporcionando mucha más durabilidad y aprovechamiento total del potencial de la carcasa (MICHELIN, 2019). A diferencia del reesculturado que según MICHELIN es la operación que tiene como objetivo profundizar los surcos originales de las llantas ya usadas, para aumentar hasta el 25% del rendimiento kilométrico, recuperar el nivel de adherencia, principalmente en suelo mojado, y por consiguiente mejorar en temas de seguridad, además de reducir el consumo de combustible asegurando una resistencia al rodaje baja. (MICHELIN, 2019).



En algunos de los establecimientos dedicados a la venta de llantas a las cuales les han prolongado su vida útil, las llantas que por segunda vez son desechadas son destinadas a Bogotá y Venezuela con disposiciones finales diferentes a las que actualmente se realizan en Ibagué.

Estas disposiciones finales se basan en la reutilización de las llantas en otras actividades distintas a las que habitualmente está diseñada una llanta, y el aprovechamiento representa una alternativa para disminuir la contaminación y los posibles riesgos por el abandono, teniendo en cuenta que el parque automotor y número de llantas va en aumento, en el presente capítulo se tomó como base el trabajo de grado Caracterización de la cadena de recuperación de las llantas usadas en Ibagué realizado por los estudiantes John Alexander Pérez Gutiérrez y Jorge Luis Basto Murillo del programa de ingeniería industrial de la Universidad de Ibagué, (Perez Gutierrez & Basto Murillo, 2019), esto con el fin de obtener la generación de llantas usadas por el parque automotor de Ibagué esto por tipo de vehículo, para lograr obtener el número de llantas usadas, en primer lugar, se consultó la página web de la Secretaría de Tránsito y Transportes de la ciudad de Ibagué, en esta se tiene un reporte de la cantidad de vehículos matriculados desde el 2010 al 2017 según el tipo de vehículo, entre estos: vehículos de pasajeros, volquetas, buses, taxis, camionetas, de acuerdo a la cifra entregada por la secretaria y teniendo en cuenta el desgaste de las llantas se obtuvo un estimado de las llantas desechadas de acuerdo al tipo de vehículo que transita. A continuación, en la **tabla 2** se presenta la cantidad de vehículos matriculados en Ibagué 2010 – 2017 según el tipo.

Tabla 2. Parque automotor según tipo de vehículo, Ibagué 2010-2017.

Tipo de vehículo	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Automóviles	26.670	29.938	32.660	35.634	38.964	42.277	44.637	50.601
Buses	617	631	638	643	671	716	730	847
Busetas	1.384	1.386	1.389	1.393	1.395	1.396	1.396	1.751
Camiones	1.770	1.971	2.157	2.278	2.422	2.565	2.638	3.017
Camionetas	5.614	6.457	7.428	8.858	10.538	12.193	13.381	15.800
Camperos	4.296	4.569	4.860	5.132	5.453	5.743	5.954	6.509
Cuatrimotos	51	65	79	103	108	114	114	123
Microbuses	765	806	848	889	1.079	1.093	1.097	1.098
Motocarros	73	97	97	216	310	385	415	466
Motocicletas	50.236	56.617	62.938	73.575	82.590	93.036	100.649	108.525
Tractocamiones	290	323	341	343	343	345	345	419
Volquetas	153	180	196	216	243	259	266	298
TOTAL	91.919	103.040	113.631	129.280	143.952	159.957	171.457	189.454



Fuente: (Secretaría de Tránsito y Transporte, 2017).

Teniendo en cuenta las cifras consultadas, se determinó la tendencia de los datos mediante una gráfica de Excel (**Excel Hoja: “Anexos 2”**) en la cual se evidencio un comportamiento lineal, es decir tienen un crecimiento constante cada año por tipo de vehículo. Adicionalmente se utilizó la ecuación de la línea recta generada por Excel para llevar una proyección del 2018-2023, cabe mencionar que según (Perez Gutierrez & Basto Murillo, 2019) la cantidad de taxis para el 2017 fue de 3.065, cifra que permaneció constante hasta el año 2023, ya que no se contaba con datos históricos de este tipo de vehículo, estos se encontraban dentro de la categoría de automóviles. También para los pronósticos se trabajó con llantas tipo automóvil en promedio de rin 15.

Tabla 3. Proyección del parque automotor según tipo de vehículo, Ibagué 2018-2023.

Tipo de vehículo	Pronostico					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Automóviles/taxis	52.308	55.560	58.812	65.317	68.569	71.822
Automóviles	49.243	52.495	55.747	62.252	65.504	68.757
Taxis	3.065	3.065	3.065	3.065	3.065	3.065
Buses	813	842	870	926	954	983
Busetas	1.578	1.609	1.641	1.704	1.735	1.766
Camiones	3.072	3.232	3.392	3.552	3.711	3.871
Camionetas	16.564	18.015	19.467	22.369	23.820	25.271
Camperos	6.674	6.977	7.279	7.883	8.185	8.488
Microbuses	1.212	1.268	1.324	1.436	1.492	1.548
TOTAL	82.221	87.502	92.784	103.186	108.468	113.749

Fuente: (Secretaría de Tránsito y Transporte, 2017)

Seguidamente, según (Perez Gutierrez & Basto Murillo, 2019), a través de entrevistas a conductores y propietarios de vehículos se recolecto información acerca del tiempo promedio de duración en meses de las llantas por tipo de vehículo (vida útil) y con ello calcular la cantidad de llantas desgastadas por año. A continuación, en la **tabla 4** se muestran las proyecciones 2017 – 2023.

**Tabla 4.** Proyecciones de llantas usadas en la ciudad de Ibagué 2017-2023.

Proyecciones de llantas usadas en la ciudad de Ibagué		
Año	N° Vehículos	N° Llantas promedio
2017	79.623	222.100
2018	82.221	227.459
2019	87.502	240.098
2020	92.784	252.737
2021	103.186	277.083
2022	108.468	289.722
2023	113.749	302.361

Fuente (Perez Gutierrez & Basto Murillo, 2019).

Según la **tabla 4**, se puede deducir que el número de vehículos al igual que el número de llantas tiene un crecimiento ascendente, es decir, aproximadamente cada año son matriculados 95.362 vehículos de todos los tipos y de esa cantidad finalizan la vida útil 258.794 llantas las cuales son destinadas a bodegas donde son almacenadas y de estas un porcentaje las recogen entes reguladores en el caso de Ibagué empresas como INTERASEO S.A.S E.S.P, otra parte las desechan en lugares abandonados, y, por ende, incrementan la contaminación en el ambiente, algunos otros neumáticos son transportados a diferentes ciudades para realizar el aprovechamiento y extracción de materias primas que sirven para la fabricación de subproductos. Realizar una planta procesadora de llantas en Ibagué para aprovechar los materiales que las componen, daría como resultado economía, empleo y muchos otros factores que generarán rentabilidad para la ciudad.

Capítulo 3: Selección de la alternativa

La reutilización y transformación de las llantas usadas contribuye a disminuir la contaminación ambiental, teniendo en cuenta que el caucho que compone las llantas tiene adicionados elementos como compuestos de azufre, selenio, cloruros, zinc, óxido de magnesio, arcillas, sílice, alquitrán y resinas entre otros. Todos ellos producen en la combustión gases como monóxido de carbono y dióxido de carbono. Este último se queda en la atmósfera y no permite la salida de calor al espacio, lo cual hace que la temperatura de la tierra aumente (El Tiempo , 1996).

En la actualidad, tanto en Colombia como a nivel mundial, se han implementado distintas alternativas para la reutilización de los materiales que componen las llantas usadas, en el presente capítulo se seleccionaron cuatro alternativas para ser valoradas, para ello se tuvieron en cuenta distintos trabajos de investigación, que se enfocaran en el aprovechamiento y buena gestión del residuo, además del análisis de factores sociales, económicos y ambientales, ya consultadas las posibles opciones se realizó la elección de cuatro alternativas que por medio del método multicriterio AHP acompañado de una consulta de expertos de las cuatro se seleccionó la mejor alternativa para diseñar en la ciudad de Ibagué. A continuación, se presentan las alternativas según la capacidad con la que cuenta la ciudad:

1. Planta de trituración:

Empresas como Polambiente en Chile inaugurada en 2010 puede procesar neumáticos de hasta 1.400 milímetros de diámetro hacia abajo, es decir, de auto, camión, camioneta y buses. La planta recicla entre 6.500 a 7.000 toneladas al año de NFU (neumáticos fuera de uso) (Olivares Carmona, 2016).

Además, cumplen con altos estándares de certificación de calidad, puesto que no generan desechos peligrosos y tampoco su producto final es mezclado con ningún tipo de químico que afecte la salud humana ni aumente la contaminación ambiental, esta, es una de sus principales ventajas.

La producción de GCR se basa en los requerimientos del cliente, puesto que es posible obtenerlo en distintas presentaciones una de ellas es el triturado de tamaños entre 50 y 350 mm, el reducido a granulo que son partículas de tamaño $10\text{ mm} > \varnothing > 1\text{ mm}$ y el polvo de caucho que son partículas de $\varnothing < 1\text{ mm}$ (Sistema Integrado de Gestión de Neumáticos Usados (SIGNUS), S.F.). Ahora bien, si se habla de producción, las plantas trituradoras de



llantas son capaces de procesar entre 200-1000 kg / h de acuerdo a la capacidad de la maquinaria escogida.

1.1 Línea principal de trituración y separación de llantas

Para la producción del GCR es necesario una máquina trituradora de neumáticos, la cual re-procesa la llanta en migas de goma de aproximadamente 50-80mm, con ayuda de una máquina desmetalizadora o separadora de cables de acero, las migas de goma quedan convertidas en virutas de 20 mm y el 96% de los alambres de acero son separados durante el recorrido por el separador magnético que alcanza el 99,7% de demolición del metal, posteriormente es necesario volver a triturar las virutas convirtiéndose en partículas de goma de 2-7mm, en este proceso el nylon y las fibras textiles son eliminadas y finalmente con ayuda de máquinas de reciclaje de neumáticos y emparadoras, el producto saliente es empaquetado en bolsas de papel de 25-50kg para envío posterior al cliente final (Olivares Carmona, 2016).



Figura 12. Proceso de trituración de neumáticos.

Fuente: (Discovery, 2010).

En Colombia, ya existen plantas procesadoras de llantas, las cuales se dedican a generar GCR y, algunas a la venta a países extranjeros, con el fin de usarlo como materia prima para la realización de nuevos proyectos como:

- Proyectos deportivos: Sub-productos como canchas de pasto sintético, pistas de equitación o pistas de recortán¹.
- Proyectos paisajísticos: Sub-productos como chips en jardines, pisos de caucho, pisos en parques, moldeados de colores.
- Proyectos mineros y/o industriales: Sub-productos como gradas diamantadas, cuñas de vehículos, topes de estacionamientos, aserrín, combustible.

¹ Material sintético empleado para pistas de atletismo

- Proyectos de modificación de asfalto: Sub-productos como asfalto modificado y durable.

- **Plantas trituradoras de llantas en Colombia**
 - **MUNDO LIMPIO** - Carmen de Viboral Antioquia
 - **CORPAUL** - Yumbo - Valle del Cauca.
 - **RECICLAIR** - Mosquera - Cundinamarca
 - **SISTEMA VERDE** - Madrid - Cundinamarca. Y Medellín – Antioquia

De acuerdo a la estimación de tres investigaciones recientemente realizadas en Colombia en la ciudad de Bogotá, se presenta en la siguiente tabla las inversiones que se deben realizar para la puesta en marcha de la planta trituradora de llantas, partiendo del hecho que todas deben contar con un área de producción, zona administrativa, zona de recepción, despacho y espacios para los trabajadores, las tres empresas presentadas a continuación laboran 8 horas al día y 5 días a la semana:

Tabla 5. Inversión promedio para la puesta en marcha de una Planta Trituradora en Colombia.

Planta	Ubicación de la planta	Producción por hora	Inversión Inicial	Referencia
Planta 1	Bogotá	0,5 ton x hora	\$750.200.000,00	(Mesa Trujillo & Patarroyo Díaz, 2016)
Planta 2	Bogotá	0,5 ton x hora	\$1'181.426.095,93	(Pinilla Quiroga & Torres Rojas, 2015)
Planta 3	Bogotá	0,5 ton x hora	\$725.600.000,00	(Pérez Martínez & Malagón Bernal, 2017)
INVERSIÓN PROMEDIO			\$885.675.365,00	

Fuente: Propia

2. Planta de modificación de Asfalto:

El cemento asfáltico modificado con GCR se ha usado ampliamente como ligante² en la reparación de grietas y sello de juntas, tratamientos superficiales, membranas retardantes de fisuras, y posteriormente en la elaboración de mezclas asfálticas (Ramirez Villamizar , Ladino Rubio , & Rosas Ramirez, 2014). De esta manera, tras varios ensayos y

² Sustancia química que se aplica a un sustrato adecuado para crear una capa entre éste y el subsiguiente, o entre la superficie y el yeso que se le aplica.



experimentos se ha probado que la adición del polvo de llantas mejora el comportamiento físico-mecánico del asfalto convencional, y por ende el uso del GCR en la mezcla asfáltica hace que el punto de ablandamiento aumente y que el asfalto tenga un buen desempeño trabajando a altas temperaturas y a periodos de tiempo. Aunque las plantas de modificación de asfalto con GCR contribuyen con la sostenibilidad del planeta utilizando un producto reciclado como las llantas se ha descubierto que su procesamiento genera un impacto ambiental, nocivo y peligroso no solo para el medio ambiente si no para la humanidad misma. El procesamiento de modificación de asfalto con GCR hace que aumente la viscosidad del ligante, y esto genera que cuando la mezcla pasa por la línea de proceso se deba someter a temperaturas altas, por lo cual, es necesario más consumo de combustibles para obtener la energía necesaria, cabe recordar, que el uso de combustibles generan a la atmosfera elementos tóxicos como arsénico y mercurio, lo que provoca además lluvia acida y enfermedades respiratorias para el ser humano, según el departamento de transporte de EU el Asfalto está categorizado en el nivel 3, es decir, es un componente altamente inflamable que produce gases tóxicos e incendios (Departamento de Transporte de los Estados Unidos Sistema de identificación de los materiales peligrosos, 2007) .

2.1 Línea principal de modificación de asfalto

Existen dos procesos para la producción de Asfalto con GCR:

Proceso por vía seca: Según Ramírez Villamizar, Ladino Rubio, & Rosas Ramírez (2014), en el procesamiento de las llantas para generar asfalto por vía seca se requiere un proceso anterior, en el cual se obtienen GCR (gránulos de caucho reciclados) de contextura fina de tamaños aproximadamente de 6.3 mm ($\frac{1}{4}$ "), posterior a esto, es requerido un equipo en la planta procesadora para el mezclado y almacenamiento de asfalto - caucho, también cambio de bombas y tuberías que sean más resistentes a la transformación, mayor energía para calentar la mezcla a mayor temperatura por periodos determinados.

Falta recalcar que el componente que se adiciona al asfalto proveniente del GCR contribuye al mejor desempeño del asfalto, como lo es el humo de antioxidante, aminas y elastómeros SBS (estireno-butadieno-estireno) o caucho termoplástico y SBR (caucho de estireno-butadieno) para la modificación de asfalto (Ramírez Villamizar, Ladino Rubio, & Rosas Ramírez, 2014).

Proceso Adición Polvo NFU al Asfalto por Via Seca



Figura 13. Proceso adición polvo NFU (Neumáticos fuera de uso) al asfalto por vía seca.
Fuente: (Fajardo Cuchay & Vergaray Huamán, 2014).

Proceso por vía húmeda: En este proceso el GCR (gránulo de caucho reciclado) es mezclado con el ligante para producir una mezcla asfalto-caucho. La proporción de GCR se encuentra alrededor del 14% y 20% dependiendo el ligante. Cuando el cemento y el GCR se encuentran mezclados, el GCR reacciona ante el ligante, por lo que se hincha y se ablanda gracias a la absorción de aceites aromáticos (Ramírez Villamizar, Ladino Rubio, & Rosas Ramírez, 2014).

Proceso Adición Polvo NFU al Asfalto por Via Húmeda



Figura 14. Proceso adición polvo NFU al asfalto por vía húmeda.
Fuente: (Ramírez Villamizar, Ladino Rubio, & Rosas Ramírez, 2014).

Hasta el momento en Colombia se escucha muy explorado el tema de modificación de Asfalto, pero como tal, empresas con planta productora de asfalto con NFU y dedicadas únicamente a la fabricación y venta de Asfalto son:



- **INCOASFALTOS** – Cajicá - Chía
- **EL CERREJÓN** – Albania - La Guajira

De acuerdo a la estimación de tres investigaciones recientemente realizadas en diferentes ciudades de Colombia, se presenta en la siguiente tabla las inversiones que se deben realizar para la puesta en marcha de la planta de modificación de Asfalto NFU o GCR, partiendo del hecho que todas deben contar con un área de producción, zona administrativa, zona de recepción y despacho y espacios para los trabajadores, las tres empresas presentadas a continuación laboran 8 horas al día y 5 días a la semana:

Tabla 6. Inversión promedio para la puesta en marcha de una Planta Modificadora de Asfalto en Colombia.

Planta	Ubicación de la planta	Producción por hora	Inversión Inicial	Referencia
Planta 1	Bogotá	0,5 ton x hora	\$566.875.000,00	(Ortiz Casas & Tribilcock, 2014)
Planta 2	Bucaramanga	0,5 ton x hora	\$2'767.000.000,00	(Villamizar Roa, 2016)
Planta 3	Albania La Guajira	0,5 ton x hora	\$2'496.000.000,00	(Tiempo, 2016)
PROMEDIO			\$1'943.291.666,67	

3. Planta de fabricación de pisos y baldosas de caucho:

Otro de los productos más generados en Colombia que se produce a base del GCR son las baldosas y pisos de caucho, puesto que brindan infinidad de ventajas como: una máxima protección contra las caídas y las lesiones, son antideslizantes, alta resistencia a condiciones climáticas, fácil instalación y limpieza, absorción de ruidos, vibraciones y la más importante, es amigable con el medio ambiente (Huella Urbana , 2019). Según Luis German Giraldo gerente de Gicomer el grano de caucho negro es muy difícil de pigmentar. Importantes empresas ya están generando la pigmentación del caucho con el fin de darle una mejor estética y agrado al cliente como es el caso de Huella Urbana y Gicomer, el problema es que los tintes y colorantes de poliuretano que son los utilizados, según la

escala DOT³ son altamente inflamables y radioactivos y esto genera que el procesamiento del producto se convierta en tóxico y peligroso para la vida humana y el medio ambiente (Departamento de Transporte de los Estados Unidos Sistema de Identificación de los materiales peligrosos, 2007).

El proceso para la fabricación de baldosas con caucho reciclado utiliza aproximadamente el 90% de caucho de las llantas usadas que se trituran y seleccionan para darles un aprovechamiento, antes de la producción del producto se debe definir cuál va a ser el uso final, con el propósito de definir el tamaño y espesor.

3.1 Línea principal de fabricación de pisos y baldosas de caucho.

Trituración

En primer lugar, las llantas se introducen en una máquina desfibradora la cual corta la llanta en partes, estas partes tienen un tamaño considerable y con la ayuda de un imán se separa el metal, el material de caucho resultante pasa por un tamiz que se encarga de separar el caucho de los otros componentes como el nylon y la fibra de vidrio.

La maquinaria necesaria para este proceso es compleja y de alto costo, por lo que es recomendable obtener el triturado por medio de empresas con la infraestructura adecuada para la trituración mecánica (Cardona Gómez & Sanchez Montoya , 2011).

Moldeado y prensado

El moldeado depende de la geometría que se le vaya a dar a la baldosa, el material con la resina se vierte en el molde, este producto se obtiene por compresión y se puede pintar para agregar color a la baldosa. Este proceso requiere de prensas que sometan el material a la compactación requerida para un óptimo funcionamiento.

³ Departamento de Transporte de los Estados Unidos: Sistema de identificación de los materiales peligrosos

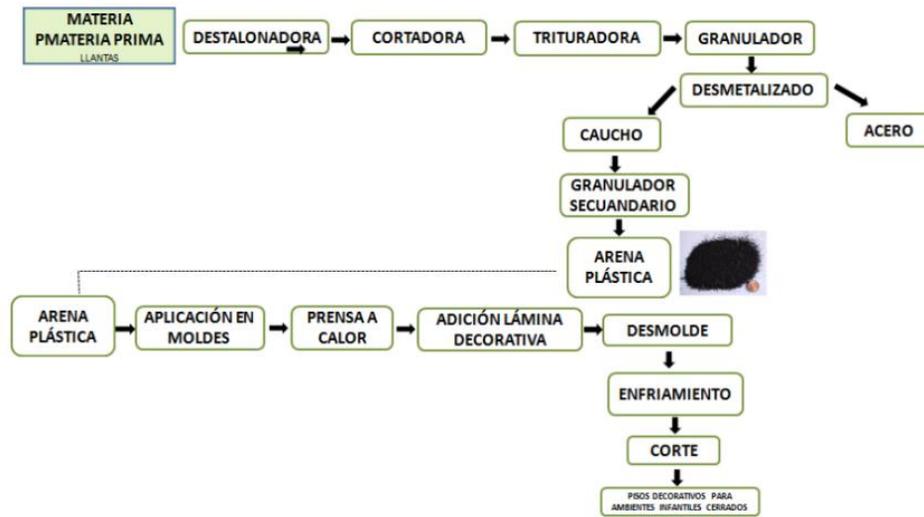


Figura 15. Proceso para la obtención de pisos decorativos a partir de arena plástica.

Fuente: (Cardona Gómez & Sanchez Montoya , 2011).

En Colombia, la venta de baldosas y pisos de caucho se ha extendido demasiado bien, además porque es un producto agradable al cliente, la mayoría de baldosas son utilizadas en gimnasios, parques infantiles, tapetes publicitarios, salas de belleza, ascensores, almacenes, bodegas, talleres, baños, áreas de trabajo pesado, discotecas e infinidad de lugares más, algunas de las empresas que están actualmente comercializando estos productos son:

- **ECOLOGY RUBBER**- Medellín Antioquia.
- **HULEX** – Bogotá
- **BLUE DROP COLOMBIA** – Bogotá
- **HUELLA URBANA** – Bogotá

Aunque existen muchas empresas dedicadas a la fabricación de este producto, la información a la que se puede tener acceso es muy reducida en Colombia, es por esto que se escogió una investigación realizada en Bogotá con el fin de saber una aproximación de inversión para la puesta en marcha de la planta de fabricación de pisos y baldosas, partiendo del hecho que la siguiente cuenta con un área de producción, zona administrativa, zona de recepción y despacho y una jornada laboral de 8 horas al día y 5 días a la semana:

Tabla 7. Inversión promedio para la puesta en marcha de una Planta de Fabricación de Pisos y Baldosas de Caucho en Colombia.

Planta	Ubicación de la planta	Producción por hora	Inversión Inicial	Referencia
Planta 3	Bogotá	0,5 ton x hora	\$1'500.000.000,00	(Pérez Martínez & Malagón Bernal, 2017)
INVERSIÓN PROMEDIO			\$1'500.000.000	

4. Planta de fabricación de tapetes decorativos:

Los tapetes o comúnmente llamados “Alfombras de Goma” son fabricados en una planta procesadora de llantas especial, con acabados de alfombras, aunque no es un producto muy conocido y hasta ahora no se encuentra ninguna empresa realizándolo en Colombia, según Sanmiguel León, Montaña Ordoñez, & Chiripua Yule, 2018, en un estudio realizado a 40 personas el 83% está de acuerdo con la compra de tapetes decorativos a base de llanta recicladas, es por esto que la idea de negocio y ayuda ambiental que representa la fabricación de tapetes es muy buena y garantizada.

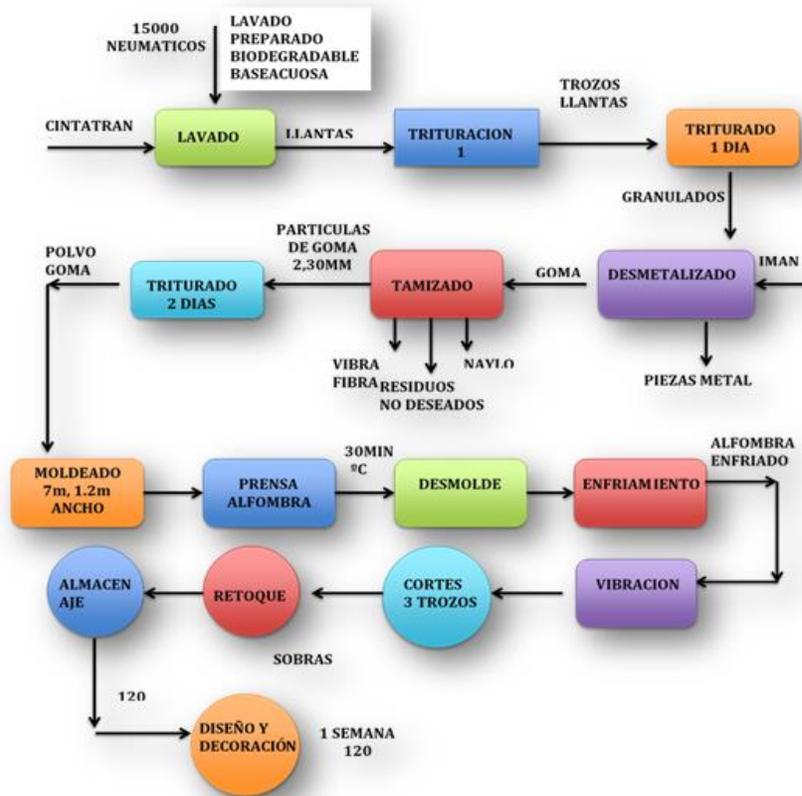


Figura 16. Proceso para la obtención de tapetes de caucho.
Fuente: (Sanmiguel León, Montaña Ordoñez, & Chiripua Yule, 2018).



Teniendo en cuenta que la fabricación de tapetes decorativos a base de llantas no es un negocio explorado en Colombia, se escogió una investigación realizada en Ibagué con el fin de saber una aproximación de inversión para la puesta en marcha de la planta de fabricación de tapetes decorativos, partiendo del hecho que la siguiente cuenta con un área de producción, zona administrativa, zona de recepción, despacho y una jornada laboral de 8 horas al día y 5 días a la semana:

Tabla 8. Inversión promedio para la puesta en marcha de una Planta Fabricadora de Tapetes de Caucho en Colombia

Planta	Ubicación de la planta	Producción por hora	Inversión Inicial	Referencia
Planta 1	Ibagué	0,5 ton x hora	\$1'219.600.725,95	(Sanmiguel León, Montaña Ordoñez & Chiripua Yule, 2018)
PROMEDIO			\$1'219.600.725,95	

Para realizar la consulta a expertos se escogieron ocho criterios, esto con el fin de evaluar las alternativas desde distintas perspectivas, la información consultada de fuentes secundarias se organizó en una matriz, una por cada criterio, en el anexo 7 (Ver anexo 7), se presenta las alternativas con la respectiva explicación. A continuación, se presentan los criterios a evaluar en la consulta a expertos:

Impacto Ambiental: Nivel de peligrosidad de las sustancias utilizadas para la transformación de la materia y la afectación para la salud humana según la escala DOT (Departamento de Salud y Servicios para Personas Mayores de New Jersey), se tuvo en cuenta un factor ambiental con el fin de que la alternativa fuera amigable con el medio ambiente, y no generara impactos como la contaminación a los suelos o fuentes hídricas.

Inversión Inicial: Inversión promedio resultado de proyectos que han realizado una investigación de la inversión inicial que se debe realizar para la materialización de la idea a seleccionar, este factor se tuvo en cuenta con el fin de seleccionar una alternativa que fuera atractiva económicamente para inversionistas y accesible para los socios del proyecto,

Tecnología y Maquinaria: Maquinaria necesaria para la generación de los sub productos, se evalúa el criterio con el fin de conocer el tipo de maquinaria y tecnología requerida para el aprovechamiento de las llantas.

Empresas Competidoras: Empresas competidoras dedicadas a la fabricación de productos que pueden reemplazar el producto a elaborar, se tiene en cuenta este factor

con el fin conocer las barreras de acceso en el mercado dirigido al mismo tipo de clientes de conocer el mercado considerando aquellas empresas que operan en el mismo sector y se dirigen a los mismos clientes.

Productos Sustitutos: Productos que pueden reemplazar el producto a elaborar debido a que cumplen la misma función, esto con el propósito de evitar tener tantas barreras para ingresar al mercado.

Mercadotecnia: Técnicas y planta física necesaria para la comercialización del producto, esto con el fin de identificar las necesidades de áreas para la comercialización de los productos.

Venta: Comercialización del tipo de producto, esto con el objetivo de definir los posibles lugares de distribución que permiten que el producto llegue al cliente final.

Complejidad del proceso: Proceso para la creación del producto a elaborar, este criterio se evalúa con el objetivo de identificar las diferentes operaciones y complejidad de estas para la elaboración del producto a seleccionar.

Para encontrar la alternativa más adecuada se propuso realizar una comparación, dónde se realizó una evaluación a expertos por medio de la escala de 1 a 10, siendo 1 poco importante y 10 muy importante, en la siguiente tabla se muestran los resultados de la consulta de expertos:

Tabla 9. Resultados de la consulta de expertos

EXPERTOS / ALTERNATIVAS	PLANTA DE TRITURACIÓN	PLANTA DE FABRICACIÓN DE ASFALTO	PLANTA DE FABRICACIÓN DE PISOS Y BALDOSAS DE CAUCHO	PLANTA DE FABRICACIÓN DE TAPETES
Maria Paila Susunaga- Investigadora de la facultad Ing. Civil. Experiencia en modificación de asfaltos con caucho de llantas, refuerzo de suelos con geoceldas fabricadas con llanta reciclada	51	33	26	26
Julio Cesar Calderón - Coordinador de proyectos CEMEX Colombia Experiencia en la utilización de GCR como combustible	58	33	32	43
Juan Gabriel García- Coordinador de proyectos CEMEX Colombia Experiencia en la utilización de GCR como combustible	64	45	43	58
Mónica Gonzalez - Experiencia en manejo de residuos sólidos	53	34	35	52
Robinson Beltrán Varón - Experiencia en la recuperación de llantas usadas	42	29	26	41

Seguidamente, con la ayuda del Software AHP Online System que sirve para resolver problemas complejos de criterios múltiples, se introdujeron primeramente para cada uno de los criterios, las puntuaciones de acuerdo a la información recaudada y el software jerarquizó las prioridades para mostrar los pesos ponderados de cada criterio,



posteriormente se realizó el mismo proceso de jerarquización para las alternativas según cada criterio y finalmente, se pudo concluir cuál de las alternativas tuvo mejor puntuación (Ver Anexo 8), las cuales fueron las siguientes:

Tabla 10. Resultados del método AHP

Criterio/Alternativa	Impacto Ambiental	Inversión Inicial	Tecnología y maquinaria	Empresas Competidoras	Productos sustitutos	Mercadotecnia	Ventas	Complejidad del proceso	Total	Lugar
Planta de trituración	0,63	0,58	0,67	0,47	0,47	0,64	0,10	0,64	0,57	1
Planta de asfalto	0,04	0,13	0,09	0,07	0,24	0,24	0,21	0,08	0,10	4
Planta de pisos y baldosas	0,10	0,06	0,06	0,20	0,18	0,06	0,43	0,07	0,12	3
Planta de tapetes	0,23	0,24	0,18	0,26	0,11	0,06	0,27	0,21	0,22	2
Ponderación	0,33	0,23	0,03	0,04	0,02	0,02	0,09	0,24		

Según la consulta de expertos acompañado de los resultados que arrojó el método AHP, se puede concluir que las dos alternativas coinciden con la jerarquización dada para las alternativas. Las dos primeras opciones son: la planta de trituración y la planta de fabricación de tapetes, alternativas que reúnen todas las características para poner en marcha en Ibagué.

Capítulo 4: Propuesta operativa

Los tapetes son productos que la mayoría de casas colombianas adquieren para darle un diseño más agradable a la vista de las personas. Según Green Mats Tapetes y Pisos (2017) en México la base de tapetes para barco usualmente son elaboradas a base de caucho de llanta reciclada con el fin de mitigar el impacto que estas generan en el ambiente y de proporcionar beneficios como seguridad para los pasajeros a bordo, pues absorbe el exceso de humedad y elimina la suciedad de los zapatos, además de muchas más ventajas que proporciona este material. Es por esto, que se propone en la ciudad de Ibagué realizar la planta de fabricación de llantas para darle un valor agregado a los tapetes comunes que adornan el hogar colombiano.

1. Diseño de los tapetes

Los tapetes decorativos estarán fabricados con medidas de 2.00 x 1.20mts, contarán con una capa de caucho reciclado a base de llantas la cual generará una mayor resistencia a los tapetes, permitirá soportar severas condiciones de uso además de proporcionar otras ventajas como ser aislantes eléctricos y térmicos. Su diseño será agradablemente notorio, puesto que se diseñarán de todos los colores. Se esperan obtener tapetes con diseño similar al siguiente:



Figura 17. Modelo de tapetes decorativos

Fuente: Homecenter

El tapete tendrá una base de caucho reciclado y la parte superior estará diseñada con hilo industrial o con yute para efectos de diseño. En cuanto a las medidas, inicialmente se fabricaran de 2,0 x 1,20 mts pero podrá variar cuando la demanda aumente y se cree una nueva sección de personalización de tapetes.

Ficha técnica



FICHA TÉCNICA	
Material	Hilo Industrial, yute, caucho reciclado
Uso	Tapetes ideales para decoración de hogares, oficinas, interiores o sitios que requieran decoración, limpieza y elegancia.
Procedencia	Hecho en Colombia
Color	Al gusto del cliente
Tipo	Tapetes de área
Medidas	2 m x 1,20 m
Características	Tapete decorativo con texturas suaves, ideales para habitaciones.
Sugerencias	Los tapetes son antideslizantes por lo cual no es necesario utilizar ningún tipo de antideslizante.

Figura 18. Ficha técnica del tapete a fabricar
Fuente: Propia

2. Proceso de fabricación

En el proceso de fabricación de materia prima se puede observar que hasta la segunda trituración es posible obtener polvo de goma, la cual, es comúnmente comercializada en kg para usos posteriores y diferentes al producto seleccionado (tapetes). Para producir dichos productos a continuación se explica el proceso unitario de acuerdo a un vídeo documental de Discovery Channel (2009):

- 2.1 Destalonado:** Proceso por el cual las llantas deben pasar una vez se encuentren aptas para transformarse en GCR, la máquina destalonadora es capaz de aflojar el talón del neumático de la llanta con apalancamientos, es decir, deja la llanta sólo con la parte de caucho y retira el metal. (JBM, 2019)
- 2.2 Secado:** Una vez las llantas se lavan y desinfectan con químicos especiales, deben dejarse secar para que las máquinas puedan procesarlas con facilidad.
- 2.3 Primera trituración:** Las llantas son transportadas hasta llegar a la máquina de trituración que tiene dos filas de dientes largos que Trituran los neumáticos, cuando salen las piezas aún tienen un tamaño considerable, es por esto que más adelante deben ser trituradas nuevamente; El tamaño del GCR saliente depende de la máquina trituradora.
- 2.4 Desmetalizado:** Con ayuda de una hoja magnética el metal es separado de la goma y las piezas metálicas son el sub-producto saliente que puede ser aprovechado en otras fábricas.
- 2.5 Tamizado:** En el proceso de tamizado se usa un tamiz para separar residuos no deseados para el proceso de fabricación de GCR o cualquier otro producto a

fabricar, algunos de estos residuos son: fibra de vidrio y nylon. De este proceso salen partículas de caucho que aún son muy grandes para comercializar por GCR.

2.6 Segunda Trituración: En la segunda trituración, las llantas deben quedar como polvo de goma, para así, poderse usar en nuevos productos, es decir que en este momento del proceso es posible comercializar el GCR fino.

2.7 Moldeado: Para la fabricación de tapetes decorativos, es necesario continuar el proceso con el GCR fino y extenderlo en moldes según las dimensiones a diseñar, el grosor también varía según el producto a fabricar.

2.8 Prensado: Los moldes llenos de polvo de goma son guardados en la zona de carga de la prensa, una vez llenos, los moldes se envían a la prensa de alfombras de goma, donde el polvo se cuece⁴ a una temperatura muy alta en 30 minutos para tapetes. Para otros productos, el tiempo de cocción es variable.

2.9 Enfriamiento: Una vez las alfombras están cocidas, deben dejarse enfriar por varios minutos para poder continuar con el proceso de transformación.

2.10 Vibración: Una vez las alfombras estén frías, deben ser pasadas a la máquina de vibración, donde por medio de una cinta las alfombras son acomodadas en la máquina y son sometidas a una vibración, para eliminar el agua sobrante.

2.11 Corte: En el proceso de corte, como se tienen solo placas de alfombras deben ser cortadas en trozos según el diseño a fabricar.

2.12 Retoque: Una vez la alfombra enfriada en agua, pero aún templada es necesario remover la goma sobrante manualmente.

2.13 Almacenaje: Las alfombras retocadas son almacenadas en una bodega listas para empezar el proceso de decoración con hilo industrial o en su defecto yute.

2.14 Diseño y decoración: El proceso de decoración contempla pegar manualmente el hilo o yute con pegamento industrial para posteriormente ser comercializado.

Teniendo en cuenta que una llanta de vehículo de pasajeros según Castro (2008) pesa aproximadamente 8,6 kg y por composición porcentual cuenta con 48% de cauchos, es posible obtener de una llanta cuatro kilogramos de GCR.

Por otro lado, añadiendo un valor agregado y utilizando una parte del GCR a producir, se continuará con un proceso de fabricación de tapetes para comercializar igualmente, obtener mayores ganancias, reutilizar más neumáticos desechados y generar un producto totalmente nuevo en Colombia como lo serán los tapetes decorativos.

⁴ Fermentar un líquido o hervir sin calor.

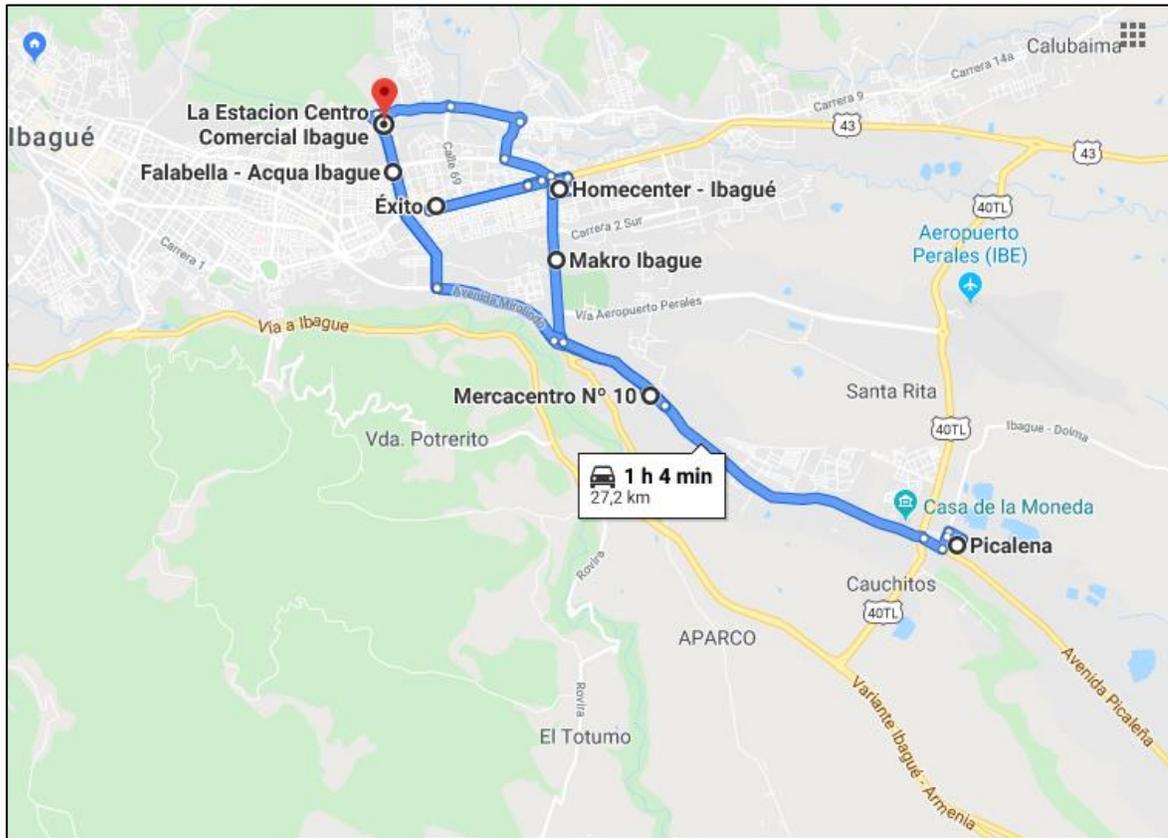


Figura 20. Almacenes de cadena en la ciudad de Ibagué.

Fuente: (Google maps, 2019).

Inicialmente, el proyecto tiene un enfoque en el mercado local como se mostro en la **figura 20**, los almacenes expuestos todos se encuentran en la ciudad de Ibagué, la estrategia comercial para la distribución se basa en el contacto directo con los clientes, esto mediante visitas programas para dar a conocer los productos. Otra de las estrategias es por medio de una página web en la cual se mostrarán los diferentes diseños y tamaños de tapetes, así como de las especificaciones del granulo de caucho (GCR), además de los precios por unidad de tapete y en el caso del GCR por kilogramo, además de contener información para que el cliente establezca contacto.

Por otro lado, para la obtención de la materia prima, es decir, las llantas usadas, según la Cámara de Comercio de Ibagué (2019), en el corte del 31 de agosto de 2019 se encontraban registradas 525 empresas con el código de Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU) 4520 que corresponde a mantenimiento y reparación de vehículos automotores, en este caso dentro de esta actividad económica se encuentran las servitecas y montallantas que son nuestros principales proveedores, para la adquisición del residuo, se realizaran visitas con el propósito de hacer la recolección y transporte del material a la planta de procesamiento, se espera que estas llantas sean donadas por los propietarios de los establecimientos, ya que según la resolución 1326 de 2017 como se



mención en el capítulo 1, los productores tienen la obligación de formular, presentar e implementar y mantener los Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental esto con el fin de prevenir y controlar la degradación del medio ambiente, mediante el aprovechamiento de las llantas usadas como materias prima en otros procesos industriales.

4. Estudio de localización

La localización de la planta para el aprovechamiento de las llantas usadas es un factor fundamental para evaluar, ya que se centra en determinar el lugar en el cual el proyecto alcanzara la máxima utilidad o el mínimo costo.

En este estudio se toman en cuenta dos aspectos la macro y la micro localización, pero a su vez se deben analizar otros factores, tales como: medios y costos de transporte, disponibilidad y costo de mano de obra, cercanía de las fuentes de abastecimiento, factores ambientales, cercanía del mercado, costo y disponibilidad de terrenos, estructura legal, disponibilidad de agua, energía y otros suministros, comunicaciones (Cordoba Padilla, 2006).

4.1 Macro localización

La macro localización del proyecto hace referencia a la ubicación de la macrozona dentro de la cual se establecerá la planta para el tratamiento de las llantas usadas. Ésta tiene en cuenta aspectos sociales y nacionales de la planeación basándose en las condiciones regionales de la oferta, la demanda y en la infraestructura existente.

Según los aspectos anteriormente nombrados se ha predeterminado localizar la planta para la fabricación de tapetes en la ciudad de Ibagué que está ubicada en el centro-occidente de Colombia sobre la Cordillera Central de los Andes entre el Cañón del Combeima y el Valle del Magdalena, en cercanías del Nevado del Tolima (Gobernación del Tolima , 2014).

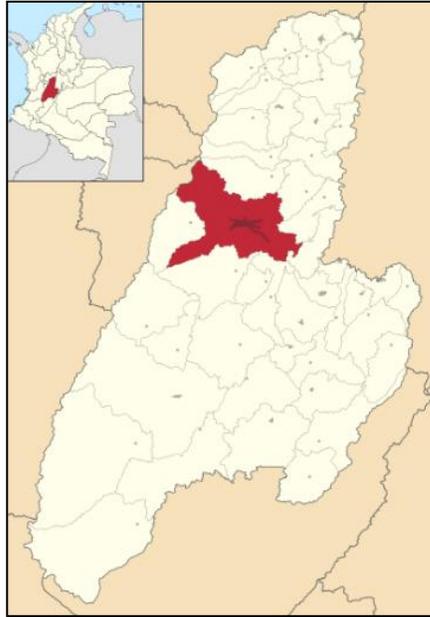


Figura 21. Mapa del Tolima
Fuente: Google Imágenes

Se elige Ibagué ya que en la ciudad no existen plantas dedicadas a brindar un aprovechamiento a las llantas usadas, además de contribuir paralelamente a la generación de empleo, teniendo en cuenta que, según el DANE, Ibagué es la séptima ciudad con mayor tasa de desempleo (DANE, 2019). Adicionalmente, Ibagué es un punto central, estratégico y equidistante hacia muchos destinos, esto si se piensa en extender el servicio hacia otras regiones del país (Alcaldía de Ibagué, 2014).

4.2 Micro localización

La micro localización consiste en la determinación del punto preciso donde se ubicará la planta para la fabricación de tapetes, se indicará cuál es la mejor alternativa de instalación dentro de la ciudad de Ibagué. Para este caso se definieron tres alternativas las cuales son:

- **Hacienda la Miel vía Picaleña.**
- **Zona rural vía Picaleña.**
- **Vereda aparco vía variante de Ibagué.**

5. Método cualitativo por puntos

Ya definidas las alternativas se procedió a utilizar el método cualitativo por puntos, este método consiste en definir los principales factores determinantes para la elección de la localización, seguidamente se asignó valores ponderados de peso relativo, de acuerdo con



la importancia que se les atribuye (Cordoba Padilla, 2006). A continuación, se describen los factores determinantes que inciden en la selección de la alternativa de localización:

- ✓ **Cercanía al mercado:** Se busca que la empresa esté ubicada cerca a los posibles clientes potenciales, este factor es importante debido a razones de carácter competitivo, además de obtener un mayor reconocimiento.
- ✓ **Vías de acceso:** Tener adecuados accesos y sistemas de comunicación terrestres para el transporte del producto, ya que es un factor importante para los proveedores y recolectores tener un fácil acceso a la empresa.
- ✓ **Costos y disponibilidad de terrenos:** Los costos de servicios públicos, arrendamiento, impuestos y demás costos operativos sean favorables para el desarrollo del proyecto, es importante tener en cuenta que la zona no se exceda del presupuesto viable de compra porque se podrían generar posibles inconvenientes monetarios para dar inicio al proyecto.
- ✓ **Topografía y tipo de suelos:** Este factor es importante ya que la empresa cuenta con maquinaria pesada y hay que realizar algunos estudios previos de capacidad portante del suelo para no tener inconvenientes con la aprobación de la planta por parte de la curaduría.
- ✓ **Fuentes de abastecimiento de materia prima:** Para el análisis de las fuentes de abastecimiento y disponibilidad de materias primas se considera el grado de dispersión y alejamiento de las fuentes (montallantas, servitecas).

A continuación, se explica cada uno de los factores de acuerdo a las alternativas, esto con el fin de llevar a cabo la selección de la micro localización por medio del método cualitativo por puntos.

1. Hacienda la Miel vía Picalaña.

El terreno consultado para el diseño de la planta se encuentra ubicado en la zona rural de Ibagué cerca a la hacienda la Miel, vereda Buenos Aires, a 18 Km, por la vía que de Ibagué conduce a Bogotá D.C., a 5 minutos del Barrio Picalaña (Alcaldía de Ibagué, S.F.).



Figura 22. Terreno cerca a la Hacienda la Miel.

Fuente: (Finca Raíz, 2019).

A continuación, se presentan los factores a tener en cuenta para la alternativa 1. Hacienda la Miel vía Picaleña:

- ✓ **Cercanía al mercado:** La zona rural cerca a la Hacienda la Miel, se encuentra en promedio a 1 hora y 8 minutos, con un recorrido de 32,6 Km si se piensa en realizar una distribución de los productos en cada punto de venta (Ver Imagen 21).

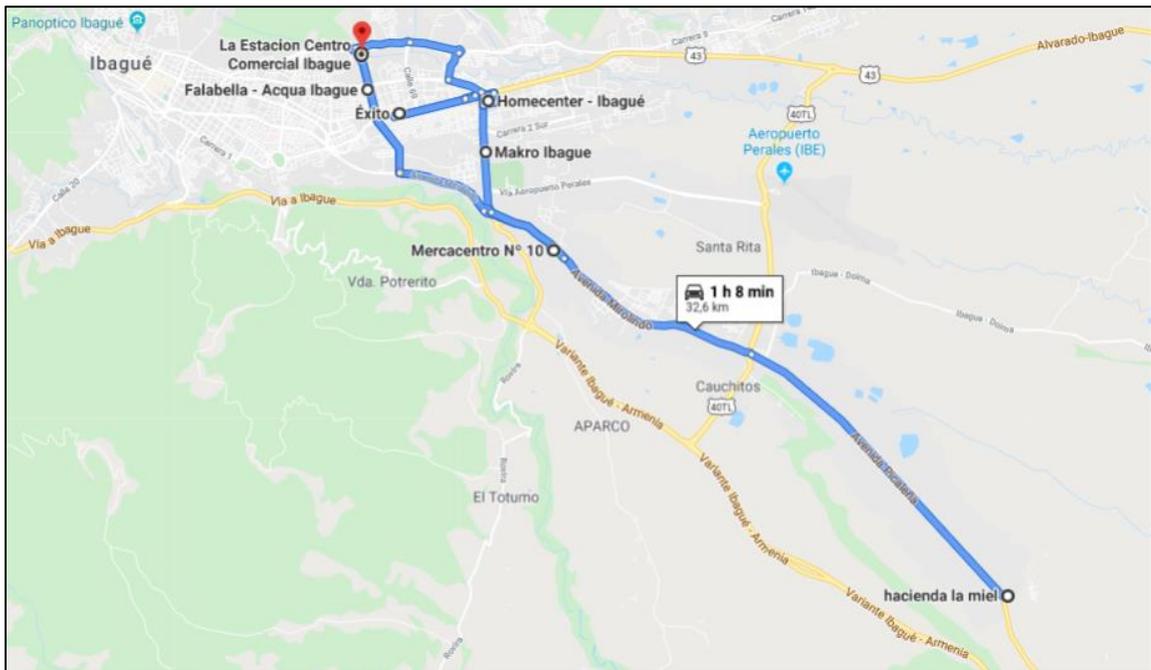


Figura 23. Distancia al mercado con la alternativa 1.

Fuente: (Google maps, 2019).

- ✓ **Vías de acceso:** La vía de acceso al lote el cual se encuentra cerca a la hacienda la Miel no cuenta con una vía pavimentada en concreto o asfalto (Ver Imagen 22), sin embargo, se encuentra a tan solo 3 minutos de la avenida Picafeña.



Figura 24. Vías de acceso Hacienda la Miel.

Fuente: (Google maps, 2019).

- ✓ **Costos y disponibilidad de terrenos:** El terreno tiene 1000 m² ideal para múltiples usos de tipo industrial con disponibilidad de redes eléctricas de alta

tensión y vía pavimentada a tan solo 3 Km de distancia de la avenida Picaleña (Google maps, 2019), el costo del terreno es de 150.000/m², es decir \$150.000.000. Si se requiere los 200 m², se estaría invirtiendo \$30.000.000. la zona es de estrato 2, que según CELSIA TOLIMA S.A. E.S.P, la tarifa de energía eléctrica para el sector se encuentra a un costo unitario de \$308,4906 /Kwh y por consumo de agua a un valor de \$1.804,972/m³.

Tabla 11. Costos micro localización alternativa 1.

Costos (Estrato 2)		Referencias
Terreno	\$150.000/m ²	(Finca Raíz, 2019).
Energía eléctrica	\$308,4906 /Kwh.	(ENERTOLIMA, 2019)
Agua	\$1.804,972/m ³ .	(Alcaldia de Ibagué, 2017)
Total	\$152.113,4626	

- ✓ **Topografía y tipo de suelos:** La zona donde se encuentra ubicado el terreno este compuesto por gravas volcánicas o grava puzolana y niveles de arena y finos intercalados, adicionalmente, presenta una amenaza baja por remoción de masas, es decir derrumbes (Alcaldia de Ibagué, S.F.).
- ✓ **Fuentes de abastecimiento de materia prima:** Algunas principales fuentes de abastecimiento, tales como: montallantas y servitecas de la ciudad se encuentran en promedio a 35 minutos y 18,5 Km.

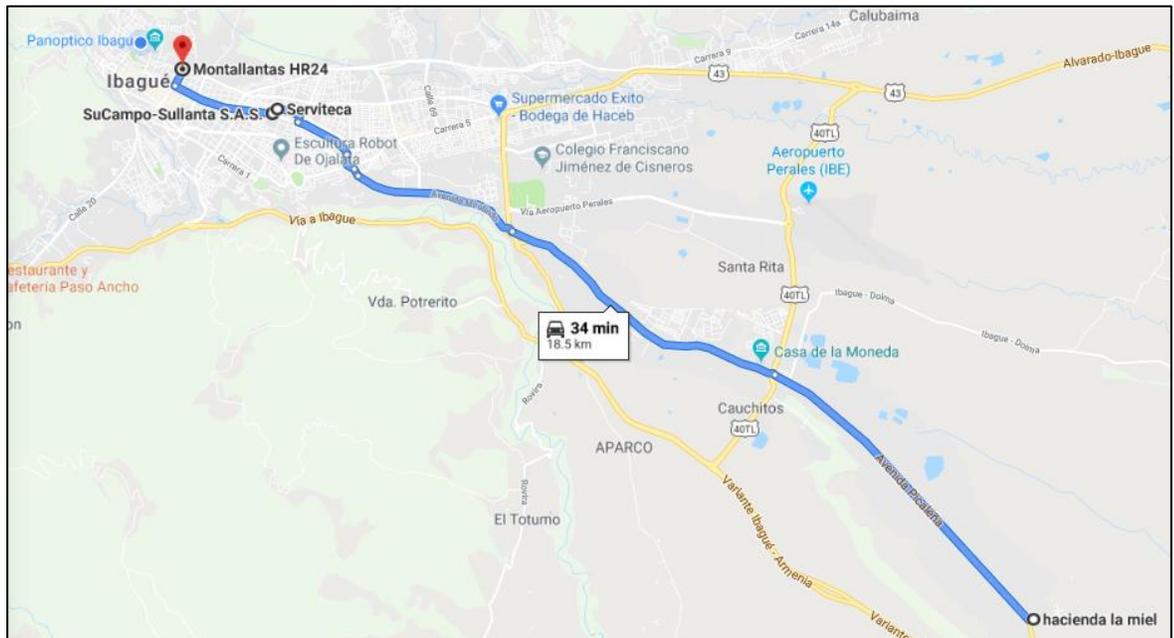


Figura 25. Distancia entre Hacienda la Miel y servitecas y montallantas.

Fuente: (Google maps, 2019).



2. Zona rural vía Picaleña.

El lote está ubicado en la zona rural de Ibagué a tan solo 6 minutos de la glorieta Picaleña.



Figura 26. Zona industrial Picaleña.
Fuente: (Finca Raiz, 2019).

A continuación, se presentan los factores a tener en cuenta para la alternativa 2. Zona rural vía Picaleña:

- ✓ **Cercanía al mercado:** La zona rural por la vía Picaleña, se encuentra en promedio a 1 hora y 5 minutos, esto hasta la avenida Picaleña, a este tiempo se le suma 6 minutos que se demora en llegar al terreno es decir en total es 1h 11 minutos, si se piensa en realizar una distribución de los productos en cada punto de venta.

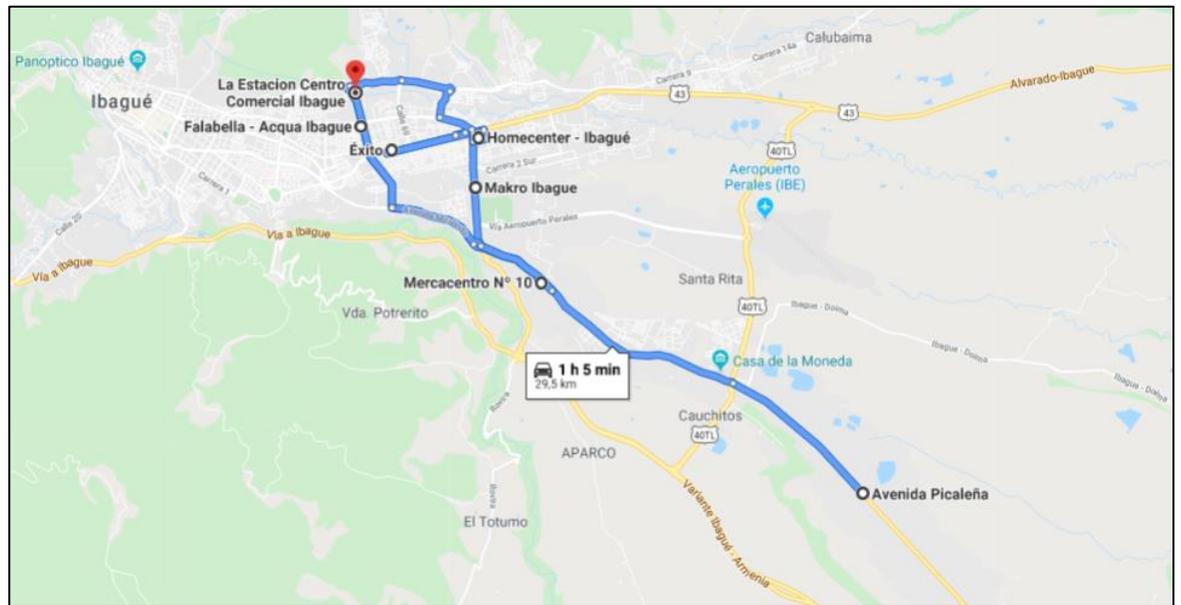


Figura 27. Distancia al mercado con la alternativa 2.

Fuente: (Google maps, 2019).

- ✓ **Vías de acceso:** La vía de acceso al lote no se encuentra pavimentada sin embargo, se encuentra a 6 minutos de la glorieta Picalaña.



Figura 28. Vías de acceso zona rural vía Picalaña.

Fuente: (Finca Raíz, 2019).

- ✓ **Costos y disponibilidad de terrenos:** el terreno tiene un área de 200 m² y un costo de 235.000/m², es decir para un total de \$47.000.000, está clasificado con estrato 1, que según CELSIA TOLIMA S.A. E.S.P, la tarifa para la energía eléctrica para este sector se encuentra a un costo unitario de \$246,7925/Kwh. y por consumo de agua a un valor de \$955,276/m³.



Tabla 12. Costos micro localización alternativa 2.

Costos (Estrato 1)		Referencias
Terreno	\$235.000/m ²	(Finca Raíz, 2019).
Energía eléctrica	\$246,7925 /Kwh.	(ENERTOLIMA, 2019)
Agua	\$955,276/m ³ .	(Alcaldía de Ibagué, 2017)
Total	\$236.202,0685	

- ✓ **Topografía y tipo de suelos:** Según la secretaria de planeación municipal y el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), en su artículo 24, se encuentran los suelos de expansión en el municipio de Ibagué, en este caso el sector de Picalaña cuenta con 7793 m².
- ✓ **Fuentes de abastecimiento de materia prima:** Algunas principales fuentes de abastecimiento tales como montallantas y servitecas de la ciudad se encuentran en promedio a 31 minutos esto hasta la avenida Picalaña, a este tiempo se le suma 6 minutos que se demora en llegar al terreno es decir en total son 37 minutos.

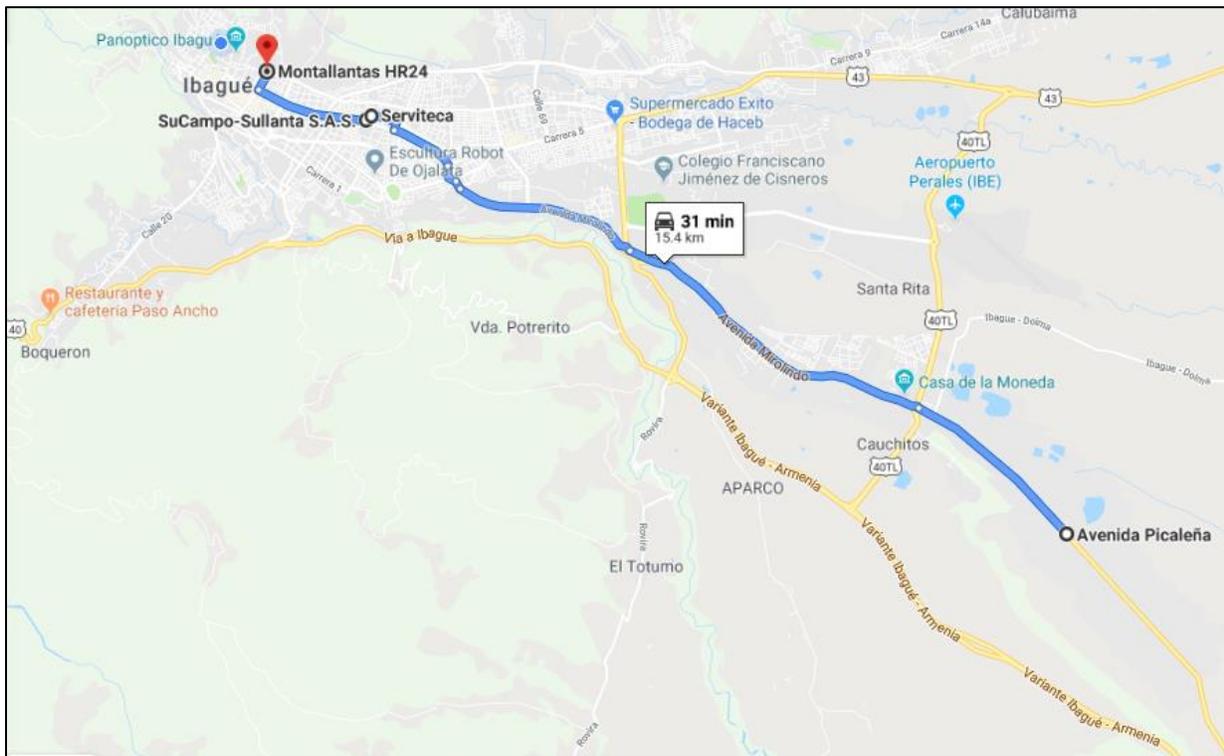


Figura 29. Distancia entre zona rural vía Picalaña a montallantas y servitecas de Ibagué.

Fuente: (Google maps, 2019).

3. Vereda Aparco vía variante de Ibagué.

El lote está ubicado en Vereda Aparco a 6 Km de la glorieta de Mirolindo en Ibagué, (Ver figura 28).



Figura 30. Vereda Aparco.

Fuente: (Finca Raiz, 2019).

A continuación, se presentan los factores a tener en cuenta para la alternativa 3. Vereda Aparco vía variante Ibagué que conduce a Bogotá:

- ✓ **Cercanía al mercado:** La vereda Aparco, se encuentra en promedio a 1 hora y 5 minutos y a una distancia de 29,5 Km si se piensa en realizar una distribución de los productos en cada punto de venta.



Figura 31. Distancia al mercado con la alternativa 3.

Fuente: (Google maps, 2019).

- ✓ **Vías de acceso:** La vía de acceso al lote no se encuentra pavimentada (Ver figura 30), se debe tomar la ruta para ir a la variante de Ibagué (por detrás de la discoteca Tereque). Y realizar un desvío a la izquierda (hacia la calle despavimentada como se muestra en la, antes de llegar a la Y para salir a la variante, desde ahí son aproximadamente 2 km hacia la vereda (Aparco, 2019).



Figura 32. Vías de acceso vereda aparco vía variante de Bogotá.

Fuente: (Aparco, 2019).

- ✓ **Costos y disponibilidad de terrenos:** el terreno tiene un área de 200 m² y un costo de \$ 425.000/m², es decir para un total de \$85.000.000, está clasificado con estrato 2, que según CELSIA TOLIMA S.A. E.S.P, la tarifa para la energía eléctrica se encuentra a un costo unitario de \$308,4906 /Kwh y por consumo de agua a un valor de \$1.804,972/m³.

Tabla 13. Costos micro localización alternativa 3.

Costos (Estrato 2)	Referencias
Terreno	\$425.000/m ² (Finca Raíz, 2019).
Energía eléctrica	\$308,4906 /Kwh. (ENERTOLIMA, 2019)
Agua	\$1.804,972/m ³ . (Alcaldía de Ibagué, 2017)
Total	\$427.113,4626

- ✓ **Topografía y tipo de suelos:** El terreno está conformado por bloques y gravas volcánicas, y niveles de arenas y finos intercalados, con un espesor de varias decenas de metros y tiene una amenaza media por remociones en masas (derrumbes) (Alcaldía de Ibagué, S.F.).
- ✓ **Fuentes de abastecimiento de materia prima:** Algunas principales fuentes de abastecimiento tales como: montallantas y servitecas de la ciudad se encuentran en promedio a 31 minutos y 11,5 Km (Ver Figura 31).

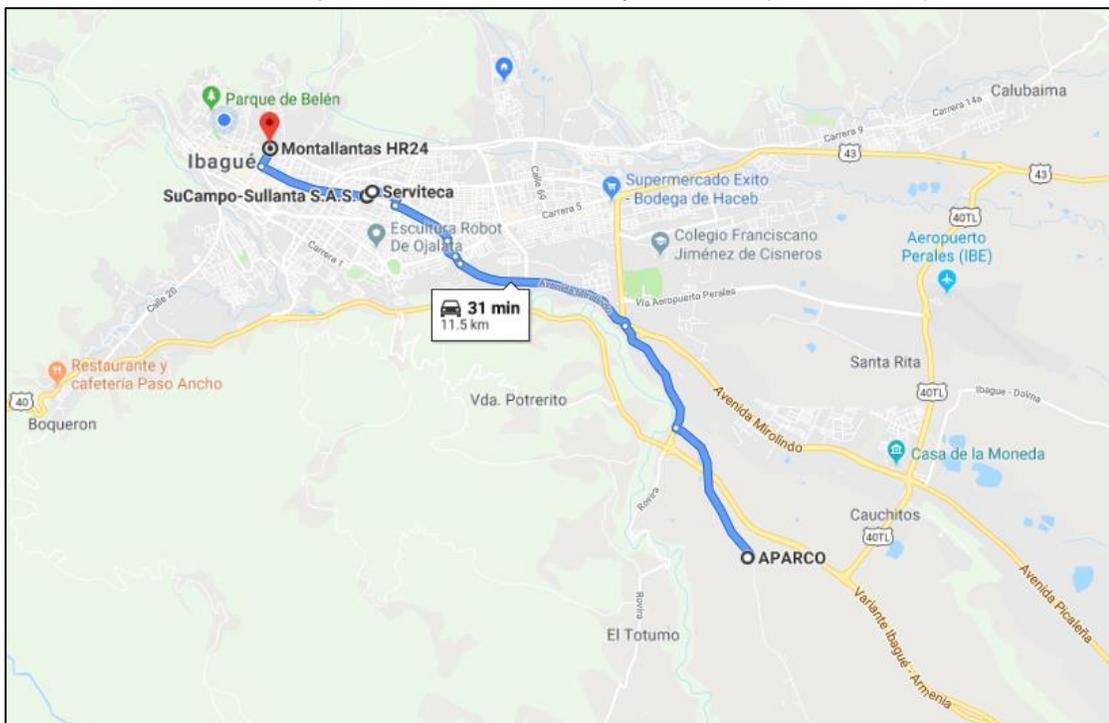


Figura 33. Distancia entre vereda Aparco a montallantas y servitecas de Ibagué. Fuente: (Google maps, 2019).



Tabla 14. Resultados de las alternativas de micro localización de acuerdo a cada factor.

Factores / Alternativas	Hacienda la Miel Vía Picalaña	Zona rural vía Picalaña	Vereda Aparco vía variante de Ibagué
Cercanía al mercado	1 h 8 min / 32,6 Km	1 h 11 min	1 h 5 min / 29,5 Km
Vías de acceso	No pavimentada/3 min/3 Km vía Picalaña.	No pavimentada/6 min/glorieta Picalaña.	No pavimentada/2 min/vía variante Ibagué.
Costos y disponibilidad de terrenos	\$ 152.113,46	\$ 236.202,07	\$ 427.113,46
Topografía y tipo de suelos	Amenaza baja por remoción de masas	Suelos de expansión, cuenta con 7793 m ² .	Amenaza media por remoción de masas
Fuentes de abastecimiento de materia prima	35 min / 18,5 Km	37 min	31 min / 11,5 Km

Ya definidos los principales factores determinantes para la micro localización se asignó los valores ponderados de peso relativo según la importancia de la creación de negocio en la ciudad de Ibagué, estos pesos fueron asignados de acuerdo a nuestro criterio, teniendo en cuenta que el factor fuentes de abastecimiento de materia prima se le asignó el mayor peso, siendo el más importante en este estudio, esto debido a que, si no se tiene fácil acceso a las llantas usadas que son el principal insumo, la planta no podría funcionar, por otro lado, la cercanía al mercado genera ventajas competitivas tener la capacidad de llegar primero y en las mejores condiciones al mercado que se ataca, también, se encuentran otros factores como los costos y disponibilidad de terrenos, este no se le asignó mucha importancia, ya que, en temas de inversión si se realiza una adecuada gestión es posible recuperar el capital. A continuación, en la **tabla 15** se muestra la ponderación de factores para la micro localización.

Tabla 15. Factores determinantes para la micro localización.

Factores determinantes	Peso asignado
1.Fuentes de abastecimiento de materia prima.	0,34
2.Cercanía al mercado.	0,28
3.Costos y disponibilidad de terrenos	0,20
4.Vías de acceso.	0,12
5.Topografía y tipo de suelo	0,06
TOTAL	1

Fuente: Propia.

Seguidamente, según la **tabla 16**, se procedió a asignar una calificación en una escala de uno a diez a cada factor esto de acuerdo con la localización que se estaba evaluando, después se multiplico el peso con la calificación y la suma de estas calificaciones ponderadas permitió seleccionar la localización de mayor puntaje.

Tabla 16. Asignación de puntos para la selección de lugar.

Factor	Peso	Hacienda la Miel Vía Picalaña		Zona rural vía Picalaña		Vereda Aparco vía variante de Ibagué	
		Calif. 1-10	Calif. Prom	Calif. 1-10	Calif. Prom	Calif. 1-10	Calif. Prom
1.Fuentes de abastecimiento de materia prima.	0,34	8	2,04	2	0,68	10	3,4
2.Cercanía al mercado.	0,28	8	1,68	3	0,84	9	2,52
3.Costos y disponibilidad de terrenos	0,20	10	2	6	1,2	2	0,4
4.Vías de acceso.	0,12	8	0,96	5	0,6	5	0,6
5.Topografía y tipo de suelo	0,08	7	0,42	7	0,42	4	0,24
TOTAL	1,00		7,1		3,74		7,16

Fuente: Propia.

SELECCIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DE LA EMPRESA

La planta procesadora de tapetes a base de llantas, debido al estudio de micro localización que se realizó por medio del método cualitativo por puntos estará ubicada en la vereda Aparco vía variante Ibagué (Ver tabla 16), ya que esta zona cumple con la mayoría de los requerimientos necesarios para el correcto funcionamiento de planta de aprovechamiento.



6. ESTUDIO TÉCNICO

6.1 Análisis de la función de producción

La Tabla 17 (Ver Excel, Hoja "PROYEC") muestra la cantidad de tapetes y los kg de GCR a producir en 5 años, además del Índice de Precios al Consumidor del año 2018, el Índice de Precios del Productor, el Salario Mínimo Vigente para el año 2019 y la Reserva anual de capital de trabajo, los cuales, ayudarán para la proyección de costos y gastos de los 5 años siguientes al año 0 (Año de materialización de la idea).

Tabla 17. Pronóstico de productos a fabricar en los próximos 5 años.

PROYECCIONES GENERALES						
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	Reserva anual de capital de trabajo
Tapetes a producir	11.520	11.664	12.096	12.240	12.960	25%
Kg GCR a producir	436.992	471.600	540.096	539.376	571.104	
IPC 2018	3,18%	3,18%	3,18%	3,18%	3,18%	
IPP 2018	2,31%	2,31%	2,31%	2,31%	2,31%	
SMLV 2019	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%	

Fuente: Propia.

La cantidad de tapetes a producir está dado gracias al trabajo de formulación de proyectos Sanmiguel León, Montaña Ordoñez, & Chiripua Yule (2018) el cual, seleccionó la población realizando un marketing estratégico que incluía la segmentación geográfica dónde se consideró escoger a los ciudadanos de Ibagué ubicados en los límites urbanos y rurales de la ciudad, en cuanto a la segmentación demográfica, se utilizó el género puesto que la necesidad encontrada en la población no discrimina sexos, se seleccionaron personas entre los 25 y 54 años y que además cuenten con ingresos mensuales de más de 3 salarios mínimos, en cuanto a la segmentación psicográfica se estableció que estará sujeto a personas de estratos 3,4 y 5, de lo anterior se generó una tabla de la población escogida, que dio como resultado:

Tabla 18. Población Objetivo

Edad / Población	Año 0 2017	Año 1 2018	Año 2 2019
20 - 24 años	49.003	49.269	49.501
25 - 29 años	46.470	47.025	47.230
30 - 34 años	37.166	38.858	40.855
35 - 39 años	33.847	33.764	33.662
40 - 44 años	31.192	31.606	32.225
45 - 49 años	32.846	32.120	31.475
SUBTOTAL	230.524	232.642	234.948
ESTRATIFICACIÓN	81,70%	81,70%	81,70%
TOTAL	188.338	190.069	191.953

Fuente: (Sanmiguel León, Montaña Ordoñez, & Chiripua Yule, 2018)

Y por consiguiente, se realizó una proyección del Demandante Potencial(D.P), Grado de Aceptación (G.A) para conocer la cantidad de tapetes a producir, lo que dio la siguiente tabla:

Tabla 19. Proyección del demandante potencial

Periodo	P.O	G.A	D.P
Año 1	15.893	80%	12714
Año 2	16.018	81%	12975
Año 3	16.138	84%	13556
Año 4	16.263	87%	14149
Año 5	16.406	90%	14765

Fuente: (Sanmiguel León, Montaña Ordoñez, & Chiripua Yule, 2018)

Para conocer el grado de aceptación del producto a fabricar el proyecto de Sanmiguel León, Montaña Ordoñez, & Chiripua Yule (2018) realizaron 40 encuestas a personas con las características de la población objetivo, las cuales arrojaron los siguientes resultados:

- Al 90% de las personas encuestadas les gusta reciclar.
- El 90% de personas encuestadas no disponen de campañas ambientales en el barrio donde residen.
- El 62% de personas encuestadas se encuentran insatisfechas con el proceso de reciclaje y campañas ambientales que se desarrollan en la ciudad de Ibagué.
- El 90% de personas encuestadas indicaron que si ayudarían a la recolección de llantas para la producción de nuevos productos.
- El 55% de personas encuestadas no saben qué proceso tienen las llantas después de haber terminado su vida útil en la ciudad de Ibagué. El 39% de personas encuestadas dicen que las llantas son desechadas, el 33% dicen que se les da uso artesanal y el 28% dicen que las llantas son incineradas, es decir, el 45% de las personas encuestadas saben que proceso tiene las llantas después de haber terminado su uso en la ciudad de Ibagué.
- El 63% de personas encuestadas no conocen productos para el hogar a base de llantas que ya han terminado su vida útil. El 37% si conocen productos para el hogar a base de llantas que ya han terminado su vida útil.
- El 90% de personas encuestadas indican que están de acuerdo con que las llantas que son desechadas en la ciudad sean recogidas y reutilizadas en la elaboración de alfombras.
- El 83% de las personas encuestadas están dispuestas a pagar por una alfombra en material (llantas) entre \$60.000 – \$100.000 y el 17% están dispuestos a pagar por una alfombra en material (llantas) entre \$100.000 – \$200.000

Luego, según la capacidad instalada de la planta y evaluando la demanda, se pudo encontrar cuantos tapetes son posibles fabricar:

Teniendo en cuenta que las máquinas tienen una capacidad de producción de 0,88 T/H dado a que la tamizadora es la máquina cuello de botella, se pudo establecer que:

$$1 \text{ llanta} = 6,8 \text{ kg} = 0,00948 \text{ ton}$$



$$\frac{0,88\text{ton}}{x} * \frac{1 \text{ llanta}}{0,00948 \text{ ton}} = 92,827 = 92 \frac{\text{llantas}}{\text{hora}}$$

$$\frac{1 \text{ llanta}}{0,8 \text{ tapetes}} * \frac{x}{92 \text{ llantas}} = 73,6 \text{ tapetes} = 73 \frac{\text{tapetes}}{\text{hora}}$$

$$\frac{73 \text{ tapetes}}{\text{hora}} * \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}} * \frac{5 \text{ días}}{1 \text{ semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{1 \text{ mes}} * 12 \frac{\text{meses}}{1 \text{ año}} = 140.160 \frac{\text{tapetes}}{\text{año}}$$

$$140.160 \frac{\text{tapetes}}{\text{año}}$$

Tabla 20. Cantidad de tapetes a fabricar en 5 años

Año	DP	Capacidad	Porcentaje	Total
AÑO 1	12.714	14.400	80%	11.520
AÑO 2	12.975	14.400	81%	11.664
AÑO 3	13.556	14.400	84%	12.096
AÑO 4	14.149	14.400	85%	12.240
AÑO 5	14.765	14.400	90%	12.960

Fuente: (Sanmiguel León, Montaña Ordoñez, & Chiripua Yule, 2018)

Gracias a la demanda y capacidad instalada se pudo hallar la cantidad de tapetes a producir en 5 años.

La cantidad de GCR a producir está dada por la capacidad de procesamiento de llantas que tiene la planta, es decir, la planta tiene capacidad de procesar 176.640 llantas anuales, pero se plantea año tras año no utilizar la capacidad al 100%, si no establecer unos porcentajes menores para reducir costos en los primeros años. En el año 1 se plantea utilizar el 70% de la capacidad, la cual, estará distribuida de la siguiente manera:

- El 12% será para la producción de tapetes.
- El 88% restante será para la producción de GCR.

Esto, con el fin de aprovechar que el GCR es una materia prima muy comercializada y que puede generar mayores ingresos que si la planta se dedicara estrictamente a comercializar tapetes, por otro lado, la comercialización de tapetes tendrá una capacidad menor, pero año tras año incrementará según el crecimiento de la población objetivo y la capacidad a utilizar. **(Ver Excel, Hoja "Anexos 1" Capacidad de la planta)**

Tabla 21. Cantidad de tapetes y GCR a fabricar en 5 años

CAPACIDAD DE LA PLANTA	100%				
	176.640	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
Capacidad a utilizar	70%	75%	85%	85%	90%
Llantas a procesar	123.648	132.480	150.144	150.144	158.976
Tapetes a fabricar	11.520	11.664	12.096	12.240	12.960
Porcentaje de producción tapete	12%	11%	10%	10%	10%
Llantas para tapetes	14.400	14.580	15.120	15.300	16.200
Llantas para GCR	109.248	117.900	135.024	134.844	142.776
GCR a fabricar	436.992	471.600	540.096	539.376	571.104
Porcentaje de producción GCR	88%	89%	90%	90%	90%

Fuente: Propia

Las máquinas con las que cuenta la planta tienen una capacidad de:

Tabla 22. Capacidad de procesamiento de toneladas de llantas.

Maquina	Capacidad
Trituradora doble Shredder	1-2T/H
Destalonadora G-90	1-1,5 T/H
Maquina Tamizadora XKP-400	0,88 T/H
Hoja magnetica	
Maquina de prensado	
Maquina de vibración YA1548	50-200T/H
Maquina de corte	100 unid/H
Bandas transportadoras DY400	

*La capacidad de la planta está dada por el cuello de botella que es la máquina tamizadora

Fuente: Propia.

Teniendo en cuenta que:

$$\frac{907.185 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} * \frac{0,88 \frac{\text{ton}}{\text{h}}}{X} = 798.3228 \text{ kg/h}$$

$$\frac{798,3228 \text{ kg}}{X} * \frac{1 \text{ llanta}}{8,6 \text{ kg}} = 92,82 \text{ llantas} = 92 \text{ llantas/h}$$

La capacidad de procesar la planta anual es de:

$$92 \frac{\text{llantas}}{1 \text{ hora}} * \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}} * \frac{20 \text{ días}}{1 \text{ mes}} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 176.640 \text{ llantas/año}$$

6.2 Requerimientos de materia prima:

Para producir y comercializar tapetes como el diseño preestablecido y GCR son necesarios los siguientes materiales (**Ver Excel, Hoja "MP"**) En el Excel adjunto se



encuentra la materia prima y los costos de insumos de la fabricación de tapetes y GCR en os próximos 5 años:

Tabla 23. Requerimientos de materia prima para la elaboración de un tapete decorativo y 1kg de GCR.

REQUERIMIENTOS DE MATERIA PRIMA	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR	Tapete x unidad (2.30m x 1.20m)
Llanta desechada	1,25	Una	\$ -	1
Fibras sintéticas	2,5	Rollos	\$ 7.500	
Yute	6	mtrs2	\$ 6.000	
Hilo Industrial	1,5	Rollos	\$ 8.400	
Pegamento Industrial	0,5	Ltr	\$ 12.000	

REQUERIMIENTOS DE MATERIA PRIMA	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR	GCR (kg)
Llanta desechada	0,25	Una	\$ -	1

Fuente: Propia.

Se deberá tener en cuenta que las llantas serán donadas de forma voluntaria, puesto que actualmente es la modalidad de recolección voluntaria que utiliza la empresa Rueda Verde, primer programa de posconsumo de llantas aprobado por el Gobierno Nacional de Colombia, el resto de insumos deberán ser comprados para efectos de diseño del producto.

Dado a que se hizo un pronóstico de 5 años para la planta, se realizó una estimación del costo de insumos para la fabricación de tapetes anualmente según la tabla 15:

Tabla 24. Costo de insumos para la fabricación de tapetes decorativos en 5 años.

COSTOS INSUMOS	
AÑOS	COSTOS
Año 1	\$ 232.611.600
Año 2	\$ 246.457.114
Año 3	\$ 326.861.465
Año 4	\$ 560.538.151
Año 5	\$ 782.027.158

Fuente: Propia.

6.3 Recursos necesarios para el proyecto

Para la puesta en marcha de la planta de fabricación de tapetes es necesario contabilizar los requerimientos que harán posible la producción año tras año, para el caso de los activos fijos (**Ver Excel, Hoja "Act"**) se encuentra la maquinaria, equipo de cómputo, muebles y enseres, equipo de oficina, equipo de transporte y otros activos requeridos para el montaje de la planta, su depreciación y cada cuanto se debe hacer una recompra por obsolescencia de activos. Gracias a la recopilación de estos, se puede asumir el costo de producción de los productos (**Ver Excel, Hoja "ESTCOST"**) donde se conocerá el precio de venta según los costos que incurren la fabricación.

- Maquinaria de la planta

Tabla 25. Maquinaria necesaria para la fabricación de productos en la planta.

MAQUINARIA		
MÁQUINAS	CANTIDAD	COSTOS
Trituradora	1	\$ 26.966.840,00
Desatalonadora	1	\$ 42.353.412,00
Hoja magnética	1	\$ 104.000,00
Maquina Tamizadora	1	\$ 36.933.600,00
Maquina de prensa	1	\$ 3.357.600,00
Maquina de vibración	1	\$ 30.218.400,00
Maquina de cortes	1	\$ 34.563.828,00
Banda transportadora	10	\$ 40.291.200,00
Máquina tapetera	1	\$ 1.347.600,00
TOTAL		\$216.136.480,00

Fuente: Propia.

- Ficha técnica de las maquinarias

Tabla 26. Ficha técnica de la maquinaria necesaria.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA A COMPRAR								
Maquina	Capacidad	Motor(Kw)	Precio	Tamaño salida	Peso (Ton)	Consumo de energia/mes	Links	Costo de Energia Kw/h
Trituradora doble Shredder	1-2T/H	2*22	\$ 26.966.840	50-150mm	8	\$ 3.783.648	ment-Tire-Shredd	\$ 537,45
Destalonadora G-90	1-1,5 T/H	90	\$ 42.353.412	10-30mm	4,63	\$ 7.739.280	ment-Tire-Shredd	-
Maquina Tamizadora XKP-400	0,88 T/H	55	\$ 36.933.600		12,12	\$ 4.729.560	r-rubber-granules	-
Hoja magnetica			\$ 104.000			\$ -	ge-strong-magnet	-
Maquina de prensado		5,5	\$ 3.357.600	1000*1000 mm		\$ 472.956	ress-for-rubber-n	-
Maquina de vibración YA1548	50-200T/H	11	\$ 30.218.400			\$ 945.912	screen-With 6072	-
Maquina de corte	100 unid/H	220	\$ 34.563.828			\$18.918.240	na-corte-tapete-c	-
Bandas transportadoras DY400			\$ 4.029.120			\$ -		-
Máquina fileteadora		2,2	\$ 1.347.600			\$ 189.182		-
TOTAL			\$178.526.800	TOTAL		\$36.778.778		-

Fuente: Propia.



- Equipo de oficina

Tabla 27. Activos fijos necesarios para la puesta en marcha de la planta.

EQUIPO DE OFICINA		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTOS
Sillas reclinables	7	\$ 769.300,00
Sillas oficinas	16	\$ 2.304.000,00
Mesa sala de juntas	1	\$ 950.000,00
Televisores	2	\$ 1.358.000,00
Telefonos	6	\$ 480.000,00
Mesones	3	\$ 450.000,00
Escritorios para PC	7	\$ 1.400.000,00
Computadores	7	\$ 8.400.000,00
Impresoras	3	\$ 1.200.000,00
Estantes	4	\$ 1.396.000,00
Muebles	2	\$ 157.800,00
TOTAL	58	\$ 18.865.100,00

Fuente: Propia.

- Otros

Tabla 28. Otros Activos fijos necesarios para la puesta en marcha de la planta.

OTROS		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTOS
Terreno	1	\$ 164.500.000,00
Construcción	1	\$ 330.000.000,00
Camiones	2	\$ 171.980.000,00
Elementos decorativos	10	\$ 800.000,00
Botiquin	1	\$ 50.000,00
Extintores	4	\$ 219.600,00
Cafeteria	1	\$ 15.000.000,00
TOTAL	19	\$ 682.549.600,00
TOTAL ACTIVOS	\$	916.203.580

Fuente: Propia.

- **Costos Indirectos y gastos**

Para el cálculo de los costos y los gastos (Ver Excel, Hoja "CIF, G"), se tuvieron en cuenta los rubros compartidos, los cuales son rubros que se comparte tanto en la parte administrativa como en la operativa, algunos de ellos son:

- **Servicios Públicos:** En el caso de los servicios públicos que incluyen: agua, luz, internet y gas se decidió estimarlos de acuerdo a la capacidad de la planta, para el caso de la luz teniendo en cuenta

los kw/h que consume cada máquina y un estimado más de lo que se consumirá en la parte administrativa, se multiplicó por el costo del kw/h que Enertolima (Enertolima, 2019) presenta para el estrato 1 en el 2019 (Estratificación donde se encuentra la planta) y de esta manera se pudo deducir lo que se consumirá para la fabricación de GCR y la fabricación de tapetes año tras año.

Consumo de Energía para tapetes y GCR

Tabla 29. Consumo de energía necesaria para la fabricación de tapetes y GCR.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA TOTAL								
Maquina	Capacidad	Motor(Kw)	Precio	Tamaño salida	Peso (Ton)	Consumo de energía/mes	Links	Costo de Energía Kw/h
Trituradora doble Shredder	1-2T/H	2*22	\$ 26.966.840	50-150mm	8	\$ 3.783.648	ment-Tire-Shredder	\$ 537,45
Destalonadora G-90	1-1,5 T/H	90	\$ 42.353.412	10-30mm	4,63	\$ 7.739.280	ment-Tire-Shredder	-
Maquina Tamizadora XKP-400	0,88 T/H	55	\$ 36.933.600		12,12	\$ 4.729.560	r-rubber-granules	-
Hoja magnetica			\$ 104.000			\$ -	te-strong-magnet	-
Maquina de prensado		5,5	\$ 3.357.600	1000*1000 mm		\$ 472.956	ress-for-rubber-m	-
Maquina de vibración YA1548	50-200T/H	11	\$ 30.218.400			\$ 945.912	screen-With 6072	-
Maquina de corte	100 unid/H	220	\$ 34.563.828			\$18.918.240	na-corte-tapete-c	-
Bandas transportadoras DY400			\$ 4.029.120			\$ -		-
Máquina fileteadora		2,2	\$ 1.347.600			\$ 189.182		-
TOTAL			\$178.526.800	TOTAL		\$36.778.778		-
						TOTAL ENERGÍA TAPETES	\$ 4.283.243	
						TOTAL ENERGÍA GCR	\$32.495.536	

Fuente: Propia.

Teniendo en cuenta la Tabla 21 se pudo estimar el gasto de energía por parte de cada producto, es decir:

- Para el caso de los tapetes, en el año 1 el porcentaje de producción de tapetes es del 12% por lo cual, el 12% de toda la energía de la planta estará a cargo de los tapetes.
- Para el caso del GCR, en el año 1 el porcentaje de producción de GCR es del 88% por lo cual, el 88% de toda la energía de la planta estará a cargo del GCR.
 - **Seguro de la planta:** Se estimó el seguro de la planta por Seguros MAPRE (MAPRE, 2019), que incluye: daños electrónicos, robos atracos, incendios y explosiones, actos de vandalismo, fenómenos atmosféricos, daños por agua, inundación, humo de origen accidental, caída o impacto de aeronaves, choque de vehículos terrestres, daños eléctricos.
 - **Seguro de vida de los empleados:** Con la misma empresa Seguros MAPRE (MAPRE, 2019), se estima el Seguro para PYMES, que incluye: cobertura para la protección de los empleados, acceso a tratamientos de servicios especiales, asistencia primaria y especializada.
 - **Vigilancia:** Incluye todo el sistema de vigilancia para una planta de aproximadamente entre 400 a 600 mts2 (PROSEGUR, 2019)



- **Personal del aseo:** Incluye el personal de aseo que mantendrá en condiciones de higiene la planta.
- **Útiles de cafetería:** La planta contará con una cafetería para el descanso y horas necesaria para la distracción de los trabajadores.

Tabla 30. Presupuesto de los costos indirectos fijos.

PRESUPUESTO DE LOS COSTOS INDIRECTOS FIJOS					
Rubros Compartidos	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Servicios Públicos	\$ 292.752.000,00	\$ 292.752.000,00	\$ 310.317.120,00	\$ 328.936.147,20	\$ 348.672.316,03
Seguro Planta	\$ 25.200.000,00	\$ 28.001.360,00	\$ 28.828.203,25	\$ 27.681.340,11	\$ 28.561.606,73
Seguro de Vida	\$ 3.240.000,00	\$ 3.343.032,00	\$ 3.449.340,42	\$ 3.559.029,44	\$ 3.672.206,58
Vigilancia	\$ 24.000.000,00	\$ 24.763.200,00	\$ 25.550.669,76	\$ 26.363.181,06	\$ 27.201.530,22
Persona de Aseo	\$ 5.428.994,40	\$ 5.601.636,42	\$ 5.779.768,46	\$ 5.963.565,10	\$ 6.153.206,47
Útiles de cafetería	\$ 3.600.000,00	\$ 3.714.480,00	\$ 3.832.600,46	\$ 3.954.477,16	\$ 4.080.229,53
Útiles de Aseo	\$ 2.400.000,00	\$ 2.476.320,00	\$ 2.555.066,98	\$ 2.636.318,11	\$ 2.720.153,02
Útiles de Papelería	\$ 600.000,00	\$ 619.080,00	\$ 638.766,74	\$ 659.079,53	\$ 680.038,26
Capacitación de Operarios	\$ 450.000,00	\$ 464.310,00	\$ 479.075,06	\$ 494.309,64	\$ 510.028,69
Dotación Operarios	\$ 2.493.000,00	\$ 2.572.277,40	\$ 2.654.075,82	\$ 2.738.475,43	\$ 2.825.558,95
Desinfección de Bodegas	\$ 800.000,00	\$ 825.440,00	\$ 851.688,99	\$ 878.772,70	\$ 906.717,67
Insumos Proceso de Lavado	\$ 2.000.000,00	\$ 2.063.600,00	\$ 2.129.222,48	\$ 2.196.931,75	\$ 2.266.794,18
Materiales Indirectos	\$ 600.000,00	\$ 619.080,00	\$ 638.766,74	\$ 659.079,53	\$ 680.038,26
Fletes de Compra de Materiales	\$ 1.440.000,00	\$ 1.485.792,00	\$ 1.533.040,19	\$ 1.581.790,86	\$ 1.632.091,81
Repuestos	\$ 300.000,00	\$ 309.540,00	\$ 319.383,37	\$ 329.539,76	\$ 340.019,13
Herramientas	\$ 200.000,00	\$ 206.360,00	\$ 212.922,25	\$ 219.693,18	\$ 226.679,42
Gasolina	\$ 12.000.000,00	\$ 12.381.600,00	\$ 12.775.334,88	\$ 13.181.590,53	\$ 13.600.765,11
Recarga Extintor		\$ 60.000,00	\$ 61.908,00	\$ 63.876,67	\$ 65.907,95
Recarga Botiquín		\$ 40.000,00	\$ 41.272,00	\$ 42.584,45	\$ 43.938,64
Total	\$ 377.503.994,40	\$ 380.299.107,82	\$ 400.648.225,85	\$ 422.139.782,22	\$ 444.839.826,64

Fuente: Propia.

En el archivo de Excel (Ver Excel, Hoja "CIF&G") se separaron los costos de producción de cada uno de los productos, puesto que para fabricar los kg de GCR a producir, los costos son diferentes a la fabricación de tapetes y de dejarse igual, el kg de GCR saldría más costoso de lo normal. En la actualidad, al año 2019 el kg de GCR está siendo vendido a \$1.100 pesos. (MercadoLibre Colombia, 2019)

Tabla 31. Presupuesto de gastos generales.

Presupuesto del Gasto General					
Rubros Compartidos	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Servicios Publicos	\$ 195.168.000,00	\$ 195.168.000,00	\$ 206.878.080,00	\$ 219.290.764,80	\$ 232.448.210,69
Seguro Planta	\$ 16.800.000,00	\$ 17.334.240,00	\$ 17.885.468,83	\$ 18.454.226,74	\$ 19.041.071,15
Seguro de Vida	\$ 2.160.000,00	\$ 2.228.688,00	\$ 2.299.560,28	\$ 2.372.686,30	\$ 2.448.137,72
Vigilancia	\$ 16.000.000,00	\$ 16.508.800,00	\$ 17.033.779,84	\$ 17.575.454,04	\$ 18.134.353,48
Persona de Aseo	\$ 3.619.329,60	\$ 3.734.424,28	\$ 3.853.178,97	\$ 3.975.710,06	\$ 4.102.137,64
Útiles de cafetería	\$ 2.400.000,00	\$ 2.476.320,00	\$ 2.555.066,98	\$ 2.636.318,11	\$ 2.720.153,02
Publicidad de la Empresa	\$ 5.000.000,00	\$ 5.159.000,00	\$ 5.323.056,20	\$ 5.492.329,39	\$ 5.666.985,46
Renovación de servicio de Telefonía	\$ 200.000,00	\$ 206.360,00	\$ 212.922,25	\$ 219.693,18	\$ 226.679,42
Inyección de Tintas	\$ 1.400.000,00	\$ 1.444.520,00	\$ 1.490.455,74	\$ 1.537.852,23	\$ 1.586.755,93
Útiles de Papelería	\$ 2.400.000,00	\$ 2.476.320,00	\$ 2.555.066,98	\$ 2.636.318,11	\$ 2.720.153,02
Insumos de Jardinería	\$ 400.000,00	\$ 412.720,00	\$ 425.844,50	\$ 439.386,35	\$ 453.358,84
Útiles de Aseo	\$ 1.800.000,00	\$ 1.857.240,00	\$ 1.916.300,23	\$ 1.977.238,58	\$ 2.040.114,77
Capacitación Empleados	\$ 200.000,00	\$ 206.360,00	\$ 212.922,25	\$ 219.693,18	\$ 226.679,42
Dotacion Secretaria	\$ 810.000,00	\$ 835.758,00	\$ 862.335,10	\$ 889.757,36	\$ 918.051,64
Licencia Software	\$ 1.000.000,00	\$ 1.031.800,00	\$ 1.064.611,24	\$ 1.098.465,88	\$ 1.133.397,09
Mantenimiento Computadores	\$ 360.000,00	\$ 371.448,00	\$ 383.260,05	\$ 395.447,72	\$ 408.022,95
Materiales Indirectos	\$ 300.000,00	\$ 309.540,00	\$ 319.383,37	\$ 329.539,76	\$ 340.019,13
Daños Administrativos	\$ 200.000,00	\$ 206.360,00	\$ 212.922,25	\$ 219.693,18	\$ 226.679,42
Impuestos	\$ 10.000.000,00	\$ 10.318.000,00	\$ 10.646.112,40	\$ 10.984.658,77	\$ 11.333.970,92
Total	\$ 260.217.329,60	\$ 262.285.898,28	\$ 276.130.327,45	\$ 290.745.233,72	\$ 306.174.931,71

Fuente: Propia.



6.4 ESTUDIO ADMINISTRATIVO

6.4.1 Estructura organizacional

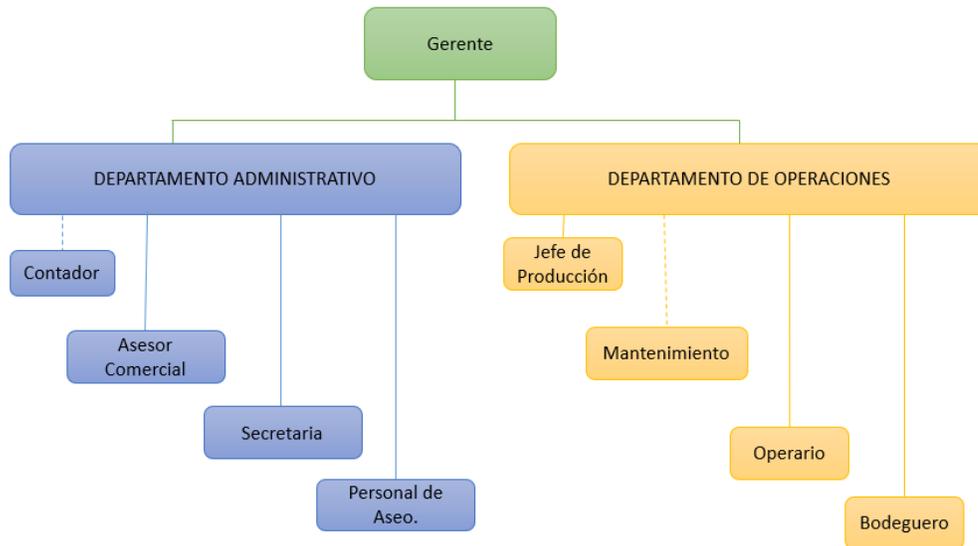


Figura 34. Estructura organizacional de la planta procesadora de llantas.

Fuente: Propia

Como se puede observar en la anterior Figura 25 (Ver Excel, Hoja “NOM”) la planta contará con un Departamento Administrativo y otro de operaciones, los cargos que tienen línea punteada como el auditor, contador y de mantenimiento serán cargos a los cuales se les pagará por prestación de servicios dado a que no deberán cumplir con una jornada laboral establecida y tendrán pagos diferidos por meses a un año, términos que se reflejarán más adelante en la nómina.

- El contador vendrá 4 veces por mes, con pago único de \$ 7.200.000 el primer año.
- El de mantenimiento vendrá 2 veces por mes, con pago único de \$ 6.000.000 el primer año.
- El resto de personal tendrá una jornada laboral de 8 horas, 5 días a la semana 20 al mes.
- En la zona operativa se estima la siguiente distribución de operarios por máquina, vale la pena resaltar que luego de ser montada la planta se podría modificar esta distribución inicial con un estudio detallado de métodos, tiempos y movimientos y el balanceo de línea correspondiente:
 - La línea de producción contará con 6 operarios que cumplirán las siguientes obligaciones:

- Operario 1 y 2: Se encargarán del destalonado, recepción y lavado de llantas para que posteriormente inicie con el proceso de producción de GCR.
- Operario 3: Se encargará de supervisar que la línea de producción se encuentre en su debido funcionamiento y además de asegurar que la producción sea eficiente y se cumpla con el número estimado de productos salientes.
- Operario 4: Se encargará de realizar los retoques al final de la línea de producción para posteriormente continuar con el diseño y distribución de los tapetes.
- Operario 5 y 6: Se encargarán de realizar el diseño del tapete en las máquinas fileteadoras, el cual constará de hilarlo según la preferencia de color de cada cliente.

Para poder asumir los costos de producción es necesario saber el costo de los operarios que se encargarán de la línea de producción del GCR, que se podrán encontrar en la Hoja "Nom" del Excel adjunto. De esta manera se pudieron establecer los precios de venta para cada producto a comercializar y teniendo en cuenta la proyección a 5 años (Ver Excel, Hoja "ESTCOST") quedó de la siguiente manera:

Figura 32. Precio de venta de los productos a fabricar a 5 años

PRESUPUESTO DE INGRESOS					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
UNIDADES TAPETES	11.520	11.664	12.096	12.240	12.960
PRECIO DE VENTA	108.768	112.227	115.795	119.478	123.277
KG DE GCR	436.992	471.600	540.096	539.376	571.104
PRECIO DE VENTA	1.251	1.201	1.646	1.742	1.740
TOTAL ING. VENTA	1.799.615.181	1.875.184.948	2.289.587.681	2.401.731.731	2.591.630.426

Fuente: Propia



6.4.2 Nómina

Tabla 33. Nómina presupuestada para la planta.

NÓMINA ADMINISTRATIVA	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Gerente Administrativo	\$ 60.000.000	\$ 63.600.000	\$ 67.416.000	\$ 71.460.960	\$ 75.748.618
Asesor Comercial	\$ 24.000.000	\$ 25.440.000	\$ 26.966.400	\$ 28.584.384	\$ 30.299.447
Secretaria	\$ 14.400.000	\$ 15.264.000	\$ 16.179.840	\$ 17.150.630	\$ 18.179.668
Aseadora	\$ 10.800.000	\$ 11.448.000	\$ 12.134.880	\$ 12.862.973	\$ 13.634.751
Contador	\$ 7.200.000	\$ 7.632.000	\$ 8.089.920	\$ 8.575.315	\$ 9.089.834
TOTAL	\$ 116.400.000,00	\$ 123.384.000,00	\$ 130.787.040,00	\$ 138.634.262,40	\$ 146.952.318,14

NÓMINA OPERATIVA	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Jefe de Produccion	\$ 48.000.000	\$ 50.880.000	\$ 53.932.800	\$ 57.168.768	\$ 60.598.894
Operario 1	\$ 10.800.000	\$ 11.448.000	\$ 12.134.880	\$ 12.862.973	\$ 13.634.751
Operario 2	\$ 10.800.000	\$ 11.448.000	\$ 12.134.880	\$ 12.862.973	\$ 13.634.751
Operario 3	\$ 10.800.000	\$ 11.448.000	\$ 12.134.880	\$ 12.862.973	\$ 13.634.751
Operario 4	\$ 10.800.000	\$ 11.448.000	\$ 12.134.880	\$ 12.862.973	\$ 13.634.751
Operario 5	\$ 10.800.000	\$ 11.448.000	\$ 12.134.880	\$ 12.862.973	\$ 13.634.751
Operario 6	\$ 10.800.000	\$ 11.448.000	\$ 12.134.880	\$ 12.862.973	\$ 13.634.751
Auxiliar de bodega	\$ 10.800.000	\$ 11.448.000	\$ 12.134.880	\$ 12.862.973	\$ 13.634.751
Mantenimiento	\$ 6.000.000	\$ 6.360.000	\$ 6.741.600	\$ 7.146.096	\$ 7.574.862
TOTAL	\$ 129.600.000,00	\$ 137.376.000,00	\$ 145.618.560,00	\$ 154.355.673,60	\$ 163.617.014,02

Fuente: Propia

6.4.3 Requisitos Legales

Tabla 34. Requisitos legales vigentes para procesar llantas.

NORMA	TÍTULO	APLICACIÓN
CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA DE 1991	Artículo 79	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano.
	Artículo 80	El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.
LEYES	Ley 1333 de 2009	Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.
	Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
DECRETOS LEY	Decreto ley 2811 de	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
DECRETOS	Decreto 1505 de 2003	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
	Resolución 2309 de	Por la cual se regula lo relacionado con el manejo, uso, disposición y transporte de los residuos sólidos con características especiales.
	Resolución 1488 de	Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS), y se toman otras determinaciones.
	Resolución 3841 de	Por la cual se establece la especificación técnica para la aplicación del grano de caucho reciclado (GCR) en mezclas asfálticas en caliente por vía húmeda.

Fuente: (Tribilock & Ortiz Casas, 2014)

7. FUENTE DE FINANCIAMIENTO

Para la puesta en marcha de la planta, se estimó un préstamo con la entidad financiera Bancolombia por un monto de \$800.000.000 pesos (ochocientos millones de pesos colombianos) con una tasa de interés del 29,04% EA en un plazo de 3 años.

Se estableció una cuota fija en el año 1, 2 y 3 de \$434'568.387 (cuatrocientos treinta y cuatro millones quinientos sesenta y ocho mil trescientos ochenta y siete pesos colombianos) anuales en las que incluye abono a capital y pago de interés (Ver Excel, Hoja "FC") El pago de los intereses se ve reflejado en los egresos (Gasto Financiero) cada año y el abono a capital se encuentra en la parte inferior del flujo de caja. Teniendo en cuenta que el interés más el abono a capital da como resultado la cuota fija, se puede concluir que cada año se está pagando a cabalidad el crédito.



INFORMACION DEL CREDITO	
Entidad Financiera	Bancolombia
Tamaño de la empresa	Empresa
Destino de credito	Capital de Trabajo
Actividad Empresarial	Mercado Nacional
Plazo (Anual)	5 años
Periodo de gracia	0
Moneda	Pesos colombianos
Monto Credito	800.000.000
Modalidad	Capital de Trabajo
Margen adicional a la tasa de redescuento	0
Periodicidad de capital (amortización)	Anual
Periodicidad de interes	Anual
Interes	29,04% EA

CREDITO	800.000.000
INTERES	29,04%
PERIODOS	3 AÑO
CUOTA	434.568.387

PERIODOS	CUOTA	INTERES	ABONO CAPITAL	SALDO A CAPITAL
0	-	-	-	800.000.000
1	\$ 434.568.387,23	232.320.000	202.248.387	597.751.613
2	\$ 434.568.387,23	173.587.068	260.981.319	336.770.294
3	\$ 434.568.387,23	97.798.093	336.770.294	0

Figura 35. Fuente de financiamiento para la puesta en marca de la planta procesadora de llantas.

Fuente: Propia

Para realizar el flujo de caja, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- **Ingreso por ventas:** Ventas en pesos generadas por la comercialización de los productos a fabricar considerando que se escogió un margen de utilidad para los tapetes del 40% puesto que se fabricarán pocos y para el GCR del 20% para poder apuntar con la competencia que lo comercializa a precios muy bajos. (Ver Excel, Hoja "ESTCOST")
- **MP:** Costo de la materia prima total necesaria para la fabricación de tapetes y kg de GCR (Ver Excel, Hoja "MP")
- **MOD:** Costo de la mano de obra directa, es decir, los costos de la mano de obra de los operarios, jefe de producción, auxiliar de bodega y el de mantenimiento, los cuales son los involucrados de forma directa en la fabricación de los productos. (Ver Excel, Hoja "NOM")
- **CIF:** Costos Indirectos Fijos, son los costos de producción totales. En la hoja de Excel también se encuentran los costos para la fabricación de tapetes aparte de los costos para la fabricación de GCR porque la cantidad a demandar no es igual. (Ver Excel, Hoja "CIF")
- **Gasto General:** Son los gastos que la empresa incurre para la fabricación de productos. En la hoja de Excel también se encuentran los gastos para la fabricación

de tapetes aparte de los gastos para la fabricación de GCR, porque la cantidad a demandar no es igual. **(Ver Excel, Hoja "G")**

- **Gasto Financiero:** El gasto financiero es el pago de los intereses del préstamo que se tiene con Bancolombia. **(Ver Excel, Hoja "FC")**
- **Depreciación:** Costo de la disminución del valor de los activos que tiene la planta año tras año, teniendo en cuenta que algunos pierden totalmente su valor, se debe realizar al año siguiente una recompra, como es el caso de los computadores y las impresoras en el año 4, puesto que son objetos que quedan obsoletos y pueden generar retrasos administrativos. **(Ver Excel, Hoja "ACT")**.
- **Amortización:** Este rubro comprende la distribución de gastos preoperativos dividido a 5 años en el cual incurren gastos como: Estudio de localización, Investigación de mercados, requisitos legales (curaduría), licencias, gastos de montaje, adecuación e instalaciones locativas, capacitación de empleados, software contable. **(Ver Excel, Hoja "PREOP")**.
- **Impuestos:** Sabiendo que la utilidad antes de impuesto es igual a la diferencia entre total de entradas y total de salidas, se puede evidenciar que en el año 1 es menor que 0, por lo tanto no se incurre en impuestos. En los siguientes años las entradas son mayores a las salidas, por lo que se le aplica el impuesto de renta que es del 30% a la utilidad antes de impuesto. **(Ver Excel, Hoja "FC")**.
- **Inversiones en Activos Fijos:** Los Activos fijos son los costos totales de los recursos necesarios para poner en marcha la planta tanto la parte operativa y la parte administrativa, entre estas se encuentran: Terreno, construcción, maquinaria, equipo de cómputo, muebles y enseres, equipo de oficina, equipo de transporte y otros. **(Ver Excel, Hoja "ACT")**.
- **Inversión Capital de Trabajo:** Costos de los recursos que requiere la empresa para poder operar, en este rubro se reúnen los costos de las nóminas tanto administrativa como operativa, el costo de materiales para la fabricación de productos, los costos indirectos fijos de fabricación y gastos generales, los cuales se ven afectados por el 25% que es la reserva anual del capital de trabajo. **(Ver Excel, Hoja "KW")**.
- **Inversión en pre operativos:** Este rubro comprende la distribución de gastos pre operativos totales en el cual incurren gastos como: Estudio de localización, Investigación de mercados, requisitos legales (curaduría), licencias, gastos de montaje, adecuación e instalaciones locativas, capacitación de empleados, software contable. **(Ver Excel, Hoja "PREOP")**.
- **Abono a capital:** Este rubro comprende parte de la cuota a pagar en los 3 años de crédito, dado por la tabla de amortización. **(Ver Excel, Hoja "FC")**.



FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA						
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS						
Inq x Ventas		1.799.615.181	1.875.184.948	2.289.587.681	2.401.731.731	2.591.630.426
TOTAL ENTRADAS		1.799.615.181	1.875.184.948	2.289.587.681	2.401.731.731	2.591.630.426
SALIDAS						
MP		844.992.000	875.317.707	928.705.603	961.470.115	1.041.543.609
MOD		183.288.414	199.726.724	211.749.171	222.940.073	237.168.125
CIF		438.972.989	380.299.108	400.648.226	422.139.782	444.839.827
Gasto General		301.196.659	304.568.371	319.757.382	335.759.629	352.620.795
GASTO FINANCIERO		232.320.000	173.587.068	97.798.093	0	0
Depreciación		74.761.241	57.563.241	57.563.241	60.656.779	60.656.779
Amortización		6.660.000	6.660.000	6.660.000	6.660.000	6.660.000
TOTAL SALIDAS		2.082.191.303	1.997.722.218	2.022.881.717	2.009.626.378	2.143.489.124
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO		-282.576.122	-122.537.270	266.705.964	392.105.353	448.141.302
IMPUESTO		0	0	88.012.968	129.394.767	147.886.630
UTILIDAD NETA		-282.576.122	-122.537.270	178.692.996	262.710.587	300.254.672
Depreciación		74.761.241	57.563.241	57.563.241	60.656.779	60.656.779
Amortización		6.660.000	6.660.000	6.660.000	6.660.000	6.660.000
INVERSIONES						
Inversiones Activos Fijos	-918.898.780					
Inversión Capital de Trabajo	-483.557.654					
Inversión en Preoperativos	-16.650.000					
ABONO A CAPITAL		202.248.387	260.981.319	336.770.294	0	0
CREDITO	800.000.000					
Valor Residual						1.201.916.260

Figura 36. Flujo de caja del inversionista de la planta procesadora de llantas.

Fuente: Propia

Conclusiones y recomendaciones

1. Conclusiones

- Después de evaluar el proyecto se puede concluir que es rentable instalar una planta para el aprovechamiento de llantas usadas en Ibagué donde se fabrique kg de GCR y tapetes decorativos, ya que cuenta con una TIR (Tasa interna de retorno) del 44% y el VPN es positivo.
- Las llantas usadas a pesar de ser consideradas residuos peligrosos, con el presente trabajo queda comprobado que si se les da un manejo especial y un uso posterior al fin de su vida útil genera utilidad y disminuye la contaminación, las enfermedades y demás perjuicios que genera la acumulación de estos residuos.
- La cadena de suministro inversa de llantas usadas en la ciudad de Ibagué inicia con las empresas distribuidoras, los generadores y finalmente las empresas dedicadas al aprovechamiento de estos residuos, actualmente en la ciudad no existen empresas dedicadas a la fabricación.
- El número de vehículos al igual que el número de llantas en Ibagué tiene un crecimiento ascendente, es decir, aproximadamente cada año son matriculados 95.362 vehículos de todos los tipos y de esa cantidad finalizan la vida útil 258.794 llantas las cuales son destinadas a bodegas donde son almacenadas y de estas un porcentaje las recogen entes reguladores en el caso de Ibagué empresas como INTERASEO S.A.S E.S.P, otra parte las desechan en lugares abandonados, y, por ende, incrementan la contaminación en el ambiente, algunos otros neumáticos son transportados a diferentes ciudades para realizar el aprovechamiento y extracción de materias primas que sirven para la fabricación de subproductos. Realizar una planta procesadora de llantas en Ibagué para aprovechar los materiales que las componen, daría como resultado economía, empleo y muchos otros factores que generarán rentabilidad para la ciudad.
- La planta de fabricación de GCR y tapetes decorativos es una solución que disminuye la contaminación y el impacto nocivo que genera la acumulación de las llantas usadas, además de las muchas ventajas que proporciona la comercialización del GCR, puesto que con esta materia prima se pueden fabricar otros sub productos que se acomodan muy bien en el mercado como los tapetes decorativos, producto completamente nuevo y económico que será de gran utilidad en los hogares colombianos y que servirá para mitigar el impacto ambiental que están generando estos residuos sólidos.



2. Recomendaciones

- Para la puesta en marcha de la planta procesadora de llantas, se propone aumentar la producción de tapetes para obtener mayores ganancias.
- La producción de GCR es muy rentable cuando se realiza sola, en el caso del presente trabajo en la misma planta se realizaban dos productos: tapetes y kg de GCR, por lo que fue un poco difícil diferenciar los costos para la producción de cada producto ya que hay una gran diferencia en su precio de su venta.
- Se propone realizar más métodos de logística inversa para las llantas usadas, ya que con la planta anteriormente estimada sólo se está utilizando en promedio el 44% de todas las llantas desechadas en la ciudad de Ibagué. **(Ver Excel Hoja "Anexos 2")**
- La tecnología y maquinaria necesaria para el montaje de la planta es demasiado costosa y no se encuentra en Colombia, proceso que puede ser complicado para poder realizar del montaje de una planta como esta y similares.



Referencias

- ATOX Sistemas de Almacenaje. (2015). Obtenido de <http://www.atoxgrupo.com/website/noticias/logistica-inversa#que-es-la-logisitca-inversa>
- Caracol, N. (7 de Noviembre de 2014). *Noticias Caracol*. Obtenido de incendio de bodega de llantas en Fontibón, una emergencia anunciada: <https://noticias.caracoltv.com/colombia/incendio-de-bodega-de-llantas-en-fontibon-una-emergencia-anunciada>
- Cardona Gómez , L., & Sanchez Montoya , L. (2011). *Aprovechamiento de llantas usadas para la fabricación de pisos decorativos*. Obtenido de <https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/375/Aprovechamiento%20de%20llantas%20usadas%20para%20la%20fabricaci%C3%B3n%20de%20pisos%20decorativos.pdf?sequence=1>
- Castro, G. (Diciembre de 2008). *Materiales y compuestos para la industrial del neumático*. Buenos Aires, Argentina.
- Centro de informacion municipal para la planeación participativa [CIMPP]. (S.f.). *Demografía*. Obtenido de <https://cimpp.ibague.gov.co/demografia/#1539092389753-d052b62c-126d>
- Centro de informacion municipal para la planeación participativa [CIMPP]. (S.f.). *Vías y Movilidad*. Obtenido de <https://cimpp.ibague.gov.co/vias-y-movilidad/>
- Coéxito. (s.f.). *Energiteca*. Obtenido de <https://www.ibague.net/empresas/energiteca/>
- Cordoba Padilla , M. (2006). Obtenido de Formulación y evaluación de proyectos: https://kupdf.net/download/libro-formulacion-y-evaluacion-de-proyectos-marcial-coacute-rdoba-padilla-pdf_58d5f9cfdc0d608405c3464e_pdf
- Cordoba Padilla , M. (2006). *Formulación y evaluación de proyectos*. Obtenido de https://kupdf.net/download/libro-formulacion-y-evaluacion-de-proyectos-marcial-coacute-rdoba-padilla-pdf_58d5f9cfdc0d608405c3464e_pdf
- Cordoba Padilla , M. (s.f.). Formulación y evaluación de proyectos. En M. Cordoba Padilla , *Formulación y evaluación de proyectos*. Eco Ediciones .
- Cordoba Padilla, M. (2006). *Formulación y evaluación de proyectos*. Obtenido de https://kupdf.net/download/libro-formulacion-y-evaluacion-de-proyectos-marcial-coacute-rdoba-padilla-pdf_58d5f9cfdc0d608405c3464e_pdf



- CORTOLIMA . (8 de Febrero de 2017). *Ministerio de ambiente emite nueva norma que amplía la disposición final de llantas usadas en el país*. Obtenido de <https://cortolima.gov.co/boletines-prensa/ministerio-ambiente-emite-nueva-norma-ampl-disposici-n-final-llantas-usadas-pa-s>
- CYCLUS. (s.f.). Obtenido de CYCLUS: <https://www.cyclus.com.co/>
- DANE. (Julio de 2019). *Principales indicadores del mercado laboral*. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ech/ech/bol_empleo_jul_19.pdf
- Departamento administrativo nacional de estadística [DANE]. (2018). *Principales indicadores del mercado laboral, Octubre de 2018*. Bogotá. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ech/ech/bol_empleo_oct_18.pdf
- Departamento de Transporte de los Estados Unidos Sistema de identificación de los materiales peligrosos. (2007). *Asfalto*. New Jersey.
- Discovery. (25 de Junio de 2010). *Asi se hace "alfombras de goma"*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=vYRdpWDI28w>
- Ecology Rubber. (2019). *Ecology Rubber*. Obtenido de <https://ecologyrubber.webnode.com.co>
- Eko Group. (s.f.). *Eko Group*. Obtenido de <http://www.ekogroup.co/>
- El Tiempo . (07 de Diciembre de 1996). *QUEMA DE LLANTAS: PELIGRO POR TODO LADO*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-626837>
- Enertolima*. (2019). Obtenido de <http://www.enertolima.com/index.php/todo-sobre-su-factura>
- ENVES. (s.f.). *ENVES*. Obtenido de <https://enves.com.co/>
- Fajardo Cuchay , L., & Vergaray Huamán, D. (2014). *Efecto de la incorporación por vía seca, del polvo de neumático reciclado, como agregado fino en mezclas asfálticas*. Obtenido de <https://docplayer.es/46524140-Efecto-de-la-incorporacion-por-via-seca-del-polvo-de-neumatico-reciclado-como-agregado-fino-en-mezclas-asfalticas.html>
- Finca Raiz. (2019). *Lote en Venta Ibagué avenida picalena*. Obtenido de https://www.fincaraiz.com.co/lote-en-venta/ibague/avenida_picalena-det-4759229.aspx



- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2018). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill. Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Huella Urbana . (2019). *Huella Urbana*. Obtenido de <http://www.huellaurbana.com/vaciado-en-sitio-insitu-flex/>
- IncoAsfaltos. (2019). Obtenido de Industria Colombiana de Asfaltos S.A.S. Diseño, Producción, Aplicación, Comercialización y Transporte.: <http://www.incoasfaltos.com/>
- Instituto Nacional de Salud. (2018). *Informe de evento dengue, Colombia, 2017*. Obtenido de <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informesdeevento/DENGUE%202017.pdf>
- INTERASEO S.A.S E.S.P. (s.f.). *INTERASEO S.A.S E.S.P. IBAGUÉ*. Obtenido de <http://www.interaseo.com.co/places/ibague/index.html>
- JBM. (2019). Obtenido de <https://www.jbmcamp.com/es/products/53542-destalonador-de-llantas-neumatico>
- MAPRE. (2019). Obtenido de <https://www.mapfre.es/seguros/empresas/empleados/seguros-de-salud/>
- Martins Industries. (2019). *LOS 3 METODOS DE ALMACENAR LLANTAS*. Obtenido de <https://martinsindustries.com/es/?microsite=los-3-metodos-de-almacenar-llantas>
- MercadoLibre Colombia. (2019). Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-454809208-granulo-de-caucho-_JM#position=7&type=item&tracking_id=b68f734e-6b66-4a2f-ac22-fe9073e19f94
- Mesa Trujillo, M. I., & Patarroyo Díaz, S. (2016). *PLAN DE NEGOCIO DIRIGIDO A LA RECUPERACIÓN DE NEUMÁTICOS USADOS Y COMERCIALIZACIÓN DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO (GCR) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (06 de 07 de 2017). *Resolución No 1326 capítulo IV del artículo 22*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d9-res%201326%20de%202017.pdf>
- Mundo Limpio. (s.f.). *Mundo Limpio*. Obtenido de <https://www.mundolimpio.com.co/>
- Olivares Carmona, D. (Junio de 2016). *Planta de reciclaje de neumáticos de caucho Comercialización de miga de caucho*. Obtenido de



<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140906/Olivares%20Carmona%20Daniel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ortiz Casas, A. P., & Tribilcock, A. M. (2014). *Propuesta de un plan de empresa para el diseño y la fabricación de productos a partir del reciclaje de llantas, de acuerdo a las disposiciones normadas de los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas en Bogotá*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Osorio Gómez, J. C., & Orjuela Cabrera, J. P. (2008). *EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) Y LA TOMA DE DECISIONES*. Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920503044>

Parra Márquez, C. A., & Crespo Márquez, A. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos*. Sevilla, España. Obtenido de <https://es.calameo.com/read/000929310981eabd52cf8>

Perez Gutierrez , J. A., & Basto Murillo, J. L. (2019). *Caracterización de la cadena de recuperación de las llantas usadas en Ibagué*. Trabajo de grado, Universidad de Ibagué, Ibagué.

Pérez Martínez, W., & Malagón Bernal, C. (2016). *Plan de negocio para la creación de una empresa de reciclaje de llantas en Bogotá para la producción de materia prima para asfalto y baldosas de caucho*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.

Pinilla Quiroga, C., & Torres Rojas, D. (2015). *Plan de negocio de una empresa trituradora de llantas usadas para la industrial asfaltera en Bogotá*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.

PROSEGUR. (2019). Obtenido de <https://www.prosegur.com.co/empresas-instituciones/servicios/servicios-de-prevencion/vigilancia>

Ramirez Villamizar , A., Ladino Rubio , I., & Rosas Ramirez, J. (2014). *DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON ASFALTO CAUCHO TECNOLOGÍA GAP GRADED PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1743/1/Dise%C3%B1o-mezcla-asf%C3%A1ltica-asfalto-caucho-tecnolog%C3%ADa-Gap-Grade.pdf>

Ramírez Villamizar, A., Ladino Rubio, I. L., & Rosas Ramírez, J. P. (2014). *Diseño de mezcla asfáltica con asfalto de caucho tecnología Gap Graded para la ciudad de Bogotá*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Redacción Bogotá. (12 de Abril de 2016). *Llantas usadas en Bogota seran utilizadas como combustible alternativo*. *El espectador*. Obtenido de <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/llantas-usadas-bogota-seran-utilizadas-combustible-alte-articulo-626626>



- Reguant Álvarez, M., & Torrado Fonseca, M. (2016). *El método Delphi*. Obtenido de <http://revistes.ub.edu/index.php/REIRE/article/download/reire2016.9.1916/18093>
- Rueda verde. (2017). *Rueda verde*. Obtenido de <https://www.ruedaverde.com.co>
- Sanmiguel León, M. A., Montaña Ordoñez, C. A., & Chiripua Yule, Y. K. (2018). *Formulación y evaluación de proyectos Bio Tap*. Ibagué.
- Secretaría de Tránsito y Transporte. (2017). *Vías y Movilidad*. Obtenido de <https://cimpp.ibague.gov.co/vias-y-movilidad/#1508959807853-2db79bc3-3037>
- Secretaria distrial de ambiente Bogotá. (2006). *Guía para el manejo de llantas usadas*. Obtenido de http://ambientebogota.gov.co/documents/21288/0/guia_llantas.pdf
- Secretaria Distrital de ambiente. (s.f.). *El programa posconsumo promueve la gestión adecuada de las llantas usadas*. Obtenido de <http://ambientebogota.gov.co/llantas-usadas>
- SENA. (s.f.). *SENA Tolima*. Obtenido de http://www.sena.edu.co/es-co/regionales/zonaAndina/Paginas/_Tolima.aspx
- Sistema Integrado de Gestión de Neumáticos Usados (SIGNUS). (S.F.). *Hacia una nueva rodadura*. Obtenido de http://www.arc.cat/ca/publicacions/pdf/agencia/xcr_281010/pon_a.pdf
- Sucampo-Sullanta S.A.S. (s.f.). *Sucampo-Sullanta S.A.S*. Obtenido de <https://www.sucamposullanta.com>
- TOLIMAPS. (s.f.). *DIRECTORIO DIGITAL IBAGUÉ*. Obtenido de <https://tolimaps.wordpress.com/2016/03/23/alillantas/>
- Toskano Hurtado, G. B. (2005). El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. Lima, Peru. Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano_hg/toskano_hg.pdf
- Tribilock, A. M., & Ortiz Casas, A. P. (2014). *Propuesta de un plan de empresa para el diseño y la fabricación de productos a partir del reciclaje de llantas de acuerdo a las disposiciones normadas de los sistemas recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas en Ibagué*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Tullanta. (2019). *Servitecas*. Obtenido de <https://www.tullanta.com/servitecas/ibague>
- Urbana, H. (s.f.). *Huella Urbana*. Obtenido de <http://www.huellaurbana.com/>



Villamizar Roa, J. J. (2016). *Estudio de prefactibilidad técnica y financiera para la creación de una empresa dedicada a la producción de mezcla asfáltica 60-70 con GCR (Goma de caucho reciclado)*. Bucaramanga: Universidad Industrial De Santander.



Anexos

Anexo 1. Distribuidores de la cadena de gestión de las llantas usadas en la ciudad de Ibagué.

	Nombre	Descripción
1	<p>Tullanta Ibagué</p>  <p>Imagen tomada de: https://www.tullanta.com/servitecas/ibague</p>	<p>Serviteca que Se encuentra en la AV. AMBALÁ # 60 C. C. LA ESTACIÓN LOCAL P001 Y P002, ofrece servicios de alineación: para optimizar el área de contacto que deben tener las 4 llantas del vehículo con el fin de evitar vibraciones, desgastes irregulares y optimizar el frenado en momentos de emergencia, balanceo ajustan los pesos de la llanta con el rin para mantener el equilibrio correcto entre ambos y montaje que consiste en la instalación de la llanta en el rin de manera homogénea para que gire en forma óptima y no genere desgaste irregular (Tullanta, 2019).</p>
2	<p>Coéxito S.A.S.</p>  <p>Imagen tomada de: https://www.coexito.com.co</p>	<p>Ubicada en la Cra. 5 # 23-45, se prestan servicios de mecánica automotriz, la comercialización de baterías, llantas, lubricantes (Coéxito, s.f.).</p>
3	<p>Alillantas</p>	<p>Ubicada en la Carrera 6 # 24-45 B/Carmen, Ibagué, Tolima, servicio de montallantas, venta de llantas y rines de carro y moto usados (TOLIMAPS, s.f.).</p>



	 <p>Imagen tomada de: https://tolimaps.wordpress.com/2016/03/23/alillantas/</p>	
4	<p>SuCampo-Sullanta S.A.S.</p> <p>SuCampo-Sullanta S.A.S. Compromiso y Desarrollo desde 1956.</p>   <p>SuCampo-Sullanta S.A.S. Parqueadero Centro Comercial Multicentro - Tel. 2745860 Ibagué - Tolima</p>	<p>La sede principal se encuentra ubicada en la Carrera 5 # 30-43 Local 5, es una empresa Tolimense que trabaja en el sector automotriz y agrícola, distribuye llantas de las mejores marcas del mercado y una gama completa de lubricantes para cualquier necesidad o aplicación. Además de contar con 3 centros de servicio, uno de ellos está ubicado en la carrera sexta – No 30-88, otro en el parqueadero del centro comercial multicentro y en la carrera 5 No 77-20 barrio El Jardín, estos centros brindan servicios de alineación digital, balanceo electrónico, rotación de llantas, Inflada de Llantas con Nitrógeno, reparación de llantas, rectificación de rines, revisión de frenos, cambios de aceites y filtros. (Sucampo-Sullanta S.A.S., s.f.).</p>



Anexo 2. Generadores de la cadena de gestión de las llantas usadas en la ciudad de Ibagué.

	Nombre	Descripción
1	SITSA (Sistema integrado de transporte S.A.) 	Empresa de transporte público colectivo Las oficinas se encuentran en la carrera 5 No 25-77,
2	Servitaxi S.A 	Empresa de transporte público individual, servicio de taxi
3	Tu taxi	Empresa de transporte público individual, servicio de taxi, ubicada en la carrera. 1 No 26 - 40, Ibagué, Tolima



		
4	<p data-bbox="431 625 764 657">Radio taxi Tolima LTDA</p>  <p data-bbox="431 951 760 982">RADIO TAXI TOLIMA</p>	<p data-bbox="883 625 1419 737">Empresa de transporte publico individual, servicio de taxi, ubicada en la carrera. 5 No 26-70, Ibagué, Tolima</p>



Anexo 3. Número de empresas registradas según la Cámara de Comercio de Ibagué bajo el código CIIU 4520 "Mantenimiento y reparación de vehículos automotores"



Ibagué, 9 de septiembre de 2019

Señora
MAYRA ALEJANDRA SANMIGUEL LEON
Estudiante Ingeniería Industrial
Universidad de Ibagué
Correo: 2320151023@estudiantesunibague.edu.co
Ciudad

Asunto: Respuesta solicitud de información (Radicado CCI – 01E19 – 9730)

Respetada Señorita Mayra Alejandra,

En atención a su solicitud de información de fecha 3 de septiembre del presente año, relacionada con la cantidad de montallantas y servitecas en la ciudad de Ibagué, atentamente me permito darle respuesta en los siguientes términos:

- Los medios de los cuales nos valemos principalmente para identificar las actividades realizadas por una empresa y/o establecimiento son los códigos de Clasificación de Actividades Económicas – CIIU, los cuales contemplan actividades económicas generales y no permiten detallar a profundidad a que se dedica una empresa, en este caso, los montallantas y servitecas se encuentran dentro del código 4520 "Mantenimiento y reparación de vehículos automotores".
- En este sentido, a corte 31 de agosto de 2019 ante la Cámara de Comercio de Ibagué, se encontraban registradas 525 empresas (personas naturales y jurídicas) en el código CIIU 4520.
- Si desea obtener la base de datos con las empresas relacionadas anteriormente, la invitamos a diligenciar el formulario que se encuentra en el siguiente link <https://www.ccibague.org/index.php/base-de-datos>, y una de nuestras asesoras comerciales se comunicara con usted.

Cordialmente,

ARTURO MATEUS CAICEDO
DIRECTOR DE INVESTIGACIONES Y PUBLICACIONES

Proyectó: María del Pilar Useche Carvajal - Asistente III de Investigaciones
Revisó: Arturo Mateus Caicedo - Director de Investigaciones y Publicaciones

Principal Parque Murillo Toro

CII. 10 No. 3-76 Edificio Cámara de Comercio - Tel: 277 2000 Ext. 1000



Anexo 4. Empresas dedicadas a la recolección de llantas usadas en Ibagué

	Nombre	Descripción
1	<p>INTERASEO S.A.S E.S.P</p> 	<p>INTERASEO S.A.S E.S.P se constituye con el objeto de dar soluciones a la problemática de los residuos sólidos bajo la modalidad de prestación del servicio público de aseo, se encarga de la recolección y limpieza en la ciudad de Ibagué, aplica para la recolección de residuos sólidos, residuos especiales tales como muebles, llantas, escombros mezclados con residuos, enseres, colchones, podas y en general todo material voluminoso (INTERASEO S.A.S E.S.P., s.f.).</p>
2	<p>SENA</p> 	<p>El Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, es un establecimiento público del orden nacional, ofrece formación gratuita a millones de colombianos que se benefician con programas técnicos, tecnológicos y complementarios (SENA, s.f.). En la ciudad de Ibagué esta entidad utiliza las llantas para labores artesanales.</p>
3	<p>CORTOLIMA</p> 	<p>La Corporación Autónoma Regional del Tolima "CORTOLIMA", es la máxima autoridad ambiental del Departamento, la cual tiene como obligación fomentar el aprovechamiento de las llantas usadas, realizar el control y seguimiento a las obligaciones establecidas en los permisos, concesiones y demás autorizaciones ambientales otorgadas a los sitios de almacenamiento y aprovechamiento de llantas usadas, además de apoyar el desarrollo de estrategias de comunicación y sensibilización en materia de recolección y gestión ambiental de llantas usadas, en armonía con los Sistemas de Recolección y Gestión de Llantas Usadas que operen (CORTOLIMA, 2017).</p>

**Anexo 5.** Empresas participantes en el Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de las Llantas Usadas.

	Nombre	Descripción
1	<p>CORPORACIÓN POSCONSUMO DE LLANTAS RUEDA VERDE</p>  <p>AYÚDANOS A TRANSFORMARLAS PARA UN MEJOR FRUTO</p> <p>Imagen Tomada de: https://www.ruedaverde.com.co/ Tipo de sistema: Colectivo</p>	<p>Empresa del Grupo Retorna sin ánimo de lucro que está a favor de la gestión ambiental, su principal objetivo es prevenir y controlar la degradación del ambiente en especial del daño causado por las llantas en desuso que han sido desechadas. Esta empresa realiza jornadas de recolección en puntos estratégicos de llantas usadas con la ayuda de autoridades ambientales regionales en todo el país, estas, son donadas por personas o empresas las cuales obtienen una certificación ambiental y valorizaciones. Posteriormente, las llantas donadas son transportadas a plantas procesadoras de llantas ubicadas en Medellín, Bogotá, Bucaramanga y Cali.</p>
2	<p>IMPORTADORA DE LLANTAS ESPECIALES S.A.</p>  <p>IMPORTADORA DE LLANTAS ESPECIALES S.A. LLANTAS IMPORTADAS INDUSTRIALES, AGRÍCOLAS Y FUERA DE CARRETERA EL INVENTARIO DE LLANTAS MÁS COMPLETO DEL PAÍS ¡ EN UN SÓLO LUGAR ! CARRERA 100 No. 24F-10 PISO 3 TEL: (1) 413 1099 - 415 9799 - 413 3009 FAX: 415 5143 www.llantasespeciales.com ventas@llantasespeciales.com</p> <p>Imagen Tomada de: https://www.llantasespeciales.com/ Tipo de sistema: Individual</p>	<p>Empresa dedicada a la importación, distribución y comercialización de llantas, dando el cumplimiento a la resolución 1457 de 29 de Julio de 2010, la empresa se encarga de recolectar las llantas que han terminado su vida útil para los clientes, estos se deben comunicar y manifestar su interés en hacer entrega de sus llantas usadas, la entrega se hace directamente en las instalaciones, en caso de estar fuera de la ciudad de Bogotá los clientes se encargan del transporte y sus respectivos costos, las llantas son almacenadas, la empresa se hace responsable acerca de la disposición final de las llantas y entrega un certificado comprobatorio a los clientes.</p>
3	<p>REGIGANTES S.A.</p>	<p>Empresa inicialmente constituida para el reencauche de llanta agrícola e industrial, con el paso del tiempo crearon una nueva línea de</p>



	 <p>REGIGANTES S.A.</p> <p>Imagen Tomada de: http://www.regigantes.com/index.php Tipo de sistema: Individual</p>	<p>producción en la comercialización de llantas nuevas y en la producción de cojín y cemento, generando así una propuesta de valor para las llantas usadas.</p> <p>Consecuentemente, esta empresa también se compromete con el país y la ciudadanía ambientalmente e invita a los clientes a realizar la disposición final de las llantas que ya no tienen más vida útil con esta compañía.</p>
4	 <p>SISTEMA VERDE S.A.S</p> <p>Imagen Tomada de: http://www.sistemaverde.com.co/ Tipo de sistema: Colectivo</p>	<p>Empresa que diseña, implementa y mantiene Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental para diferentes tipos de residuos, que son foco directo de planes Posconsumo por la legislación colombiana.</p> <p>Esta empresa cuenta con puntos de recolección de llantas usadas en diferentes zonas del país con el fin de dar continuidad al plan Posconsumo de desechos en Colombia, allí son recogidas y posteriormente procesadas con el fin de disponer de las llantas como un combustible alternativo para las industrias.</p>
5	 <p>INTERASEO AMBIENTAL</p> <p>Imagen Tomada de: http://www.interaseo.com.co/ Tipo de sistema: Colectivo</p>	<p>INTERASEO AMBIENTAL es un Sistema Colectivo creado desde el año 2016, con vocería por parte de la empresa INTERASEO S.A. E.S.P, buscan dar soluciones a la problemática de los residuos sólidos a través de la modalidad de servicio público de aseo.</p> <p>Esta empresa por años ha sido la recolectora de residuos sólidos en Colombia y entre estos se encuentran las llantas, residuo altamente contaminante, son recogidas y posteriormente enterradas o usadas para muros de contención.</p>

**Anexos 6.** Encuestas realizadas por la calle 37 hasta la 20

7. ¿Las llantas usadas que venden están destinadas a?

Descripción	Porcentaje				
	0%	25%	50%	75%	100%
a) Energéticos (Calderas)					
b) Artesanales					
c) Regrabado					
d) Otro ()					

8. ¿Conoce usted una empresa certificada que recicla las llantas usadas?

a) Si ¿Cuál es la empresa que conoce? Rueda Verde

¿Dónde se encuentran los centros de acopio y distribución? (Empresas certificadas que conoce).

Bogotáb) No

9. ¿Estaría dispuesto a donar llantas usadas para obtener el certificado de gestión ambiental con una empresa certificada, para que procese sus llantas y ayude a la conservación al medio ambiente?

a) Si b) No

10. ¿Si no está dispuesto a donar las llantas en cuánto está dispuesto a vender su llanta usada a una empresa certificada que compre al por mayor?

\$0

11. ¿Qué estrategias de recolección tienen para las llantas usadas?

Vías artesanales

12. ¿Qué controles y medidas se deben tener al recolectar las llantas usadas?

Saber tratar las llantas porque hay muchas formas de reutilizar



4. ¿Con respecto a lo anterior cuál es el porcentaje?

Descripción	Porcentaje				
	0%	25%	50%	75%	100%
a) Extender la vida útil de las llantas			X		
b) Llantas que botan				X	
c) Compra de llantas		X			
d) Venta de llantas a empresas certificadas	X				
e) Devolución al cliente		X			
f) Otro ()					

5. ¿Compran los clientes llantas usadas en la Serviteca?

a) Si ___

b) No X

Si su respuesta a la anterior pregunta es el literal a) responder las siguientes preguntas.

¿En promedio cuántas llantas usadas venden al mes?

a)	De 0 a 100 und.	
b)	De 100 a 250 und.	
c)	250 a 500 und.	
d)	Otros ()	

6. Con qué frecuencia los clientes compran este tipo de llantas?

a) Cada mes ___

b) Cada 3 meses ___

c) Cada 6 meses ___

d) Otro, ¿Cuál? ___



FORMATO DE ENCUESTA A SERVITECAS Y MONTALLANTAS TALLERES

La información obtenida de la siguiente encuesta será tomada sólo con fines investigativos, para la realización del proyecto de grado de estudiantes de Ing. Industrial de la Universidad de Ibagué. El objetivo principal, es formular una alternativa factible de aprovechamiento y generación de valor para las llantas usadas en la ciudad de Ibagué.

1. ¿En promedio cuanto es el tiempo de cambio de llantas de los vehículos? (Promedio Vida útil de una llanta)

		Moto	Automóvil	Servicio Publico	Campero	Camioneta	Camión	Microbuses	Busetas
a)	12 meses	X							
b)	18 meses			X					
c)	24 meses			X					
d)	Otros ()								

2. ¿Cuál es la causa principal del cambio de llantas?

- a) Mala calidad de las llantas ___
 - b) Terminación de la vida útil de las llantas X
 - c) Decisión del usuario ___
 - d) Otro ___
- ¿Cuál? _____

3. ¿Cuál es el manejo que le da a las llantas que se reemplazan?

- a) Los clientes se las llevan ___
- b) Las botan X
- c) Las venden a personas particulares ___
- d) Se las venden a una empresa certificada encargada del reciclaje de llantas ___
- e) Las almacenan ¿Dónde? _____
- f) Otro ___ ¿Cuál? _____



13. ¿Cuáles son las condiciones de almacenamiento, recepción y transporte de las llantas usadas?

14. ¿Sabe cuáles son los posibles usos potenciales que puede tener las llantas al llegar al fin de su vida útil?

Observaciones:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2649/65854Q7.pdf;jsessionid=B1CE4F217CD2693A6115443583945C1C?sequence=1>



7. ¿Las llantas usadas que venden están destinadas a?

Descripción	Porcentaje				
	0%	25%	50%	75%	100%
a) Energéticos (Calderas)					
b) Artesanales					
c) Regrabado					
d) Otro ()					

8. ¿Conoce usted una empresa certificada que recicla las llantas usadas?

a) Si

¿Cuál es la empresa que conoce? Rueda Verde

¿Dónde se encuentran los centros de acopio y distribución? (Empresas certificadas que conoce).

b) No

9. ¿Estaría dispuesto a donar llantas usadas para obtener el certificado de gestión ambiental con una empresa certificada, para que procese sus llantas y ayude a la conservación al medio ambiente?

a) Si

b) No

10. ¿Si no está dispuesto a donar las llantas en cuánto está dispuesto a vender su llanta usada a una empresa certificada que compre al por mayor?

11. ¿Qué estrategias de recolección tienen para las llantas usadas?

12. ¿Qué controles y medidas se deben tener al recolectar las llantas usadas?



4. ¿Con respecto a lo anterior cuál es el porcentaje?

Descripción	Porcentaje				
	0%	25%	50%	75%	100%
a) Extender la vida útil de las llantas					
b) Llantas que botan					
c) Compra de llantas					
d) Venta de llantas a empresas certificadas					
e) Devolución al cliente		X			
f) Otro (Inter Aéreo)					

5. ¿Compran los clientes llantas usadas en la Serviteca?

a) Si ___

b) No

Si su respuesta a la anterior pregunta es el literal a) responder las siguientes preguntas.

¿En promedio cuántas llantas usadas venden al mes?

a)	De 0 a 100 und.	
b)	De 100 a 250 und.	
c)	250 a 500 und.	
d)	Otros ()	

6. Con qué frecuencia los clientes compran este tipo de llantas?

a) Cada mes ___

b) Cada 3 meses ___

c) Cada 6 meses ___

d) Otro, ¿Cuál? ___



13. ¿Cuáles son las condiciones de almacenamiento, recepción y transporte de las llantas usadas?

14. ¿Sabe cuáles son los posibles usos potenciales que puede tener las llantas al llegar al fin de su vida útil?

Observaciones:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2649/65854Q7.pdf;jsessionid=B1CE4F217CD2693A6115443583945C1C?sequence=1>



4. ¿Con respecto a lo anterior cuál es el porcentaje?

Descripción	Porcentaje				
	0%	25%	50%	75%	100%
a) Extender la vida útil de las llantas					
b) Llantas que botan)					X
c) Compra de llantas					
d) Venta de llantas a empresas certificadas)					
e) Devolución al cliente					
f) Otro ()					

5. ¿Compran los clientes llantas usadas en la Serviteca?

a) Si ___

b) No X

Si su respuesta a la anterior pregunta es el literal a) responder las siguientes preguntas.

¿En promedio cuántas llantas usadas venden al mes?

a)	De 0 a 100 und.	
b)	De 100 a 250 und.	
c)	250 a 500 und.	
d)	Otros ()	

6. Con qué frecuencia los clientes compran este tipo de llantas?

a) Cada mes ___

b) Cada 3 meses ___

c) Cada 6 meses ___

d) Otro, ¿Cuál? indefinido



Motoracing Team
Accesorios y repuestos



FORMATO DE ENCUESTA A SERVITECAS Y MONTALLANTAS TALLERES

La información obtenida de la siguiente encuesta será tomada sólo con fines investigativos, para la realización del proyecto de grado de estudiantes de Ing. Industrial de la Universidad de Ibagué. El objetivo principal, es formular una alternativa factible de aprovechamiento y generación de valor para las llantas usadas en la ciudad de Ibagué.

1. ¿En promedio cuanto es el tiempo de cambio de llantas de los vehículos? (Promedio Vida útil de una llanta)

	Moto	Automóvil	Servicio Publico	Campero	Camioneta	Camión	Microbuses	Busetas
a) 12 meses								
b) 18 meses	<input checked="" type="checkbox"/>							
c) 24 meses								
d) Otros ()								

2. ¿Cuál es la causa principal del cambio de llantas?

- a) Mala calidad de las llantas ___
 - b) Terminación de la vida útil de las llantas
 - c) Decisión del usuario ___
 - d) Otro ___
- ¿Cuál? _____

3. ¿Cuál es el manejo que le da a las llantas que se reemplazan?

- a) Los clientes se las llevan ___
- b) Las botan
- c) Las venden a personas particulares ___
- d) Se las venden a una empresa certificada encargada del reciclaje de llantas ___
- e) Las almacenan ¿Dónde? _____
- f) Otro ___ ¿Cuál? _____



13. ¿Cuáles son las condiciones de almacenamiento, recepción y transporte de las llantas usadas?

14. ¿Sabe cuáles son los posibles usos potenciales que puede tener las llantas al llegar al fin de su vida útil?

Asfaltos

Paga llantas 20 a 40mil

Observaciones:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2649/65854Q7.pdf;jsessionid=B1CE4F217CD2693A6115443583945C1C?sequence=1>



7. ¿Las llantas usadas que venden están destinadas a?

Descripción	Porcentaje				
	0%	25%	50%	75%	100%
a) Energéticos (Calderas)					
b) Artesanales					
c) Regrabado					
d) Otro ()					

8. ¿Conoce usted una empresa certificada que recicla las llantas usadas?

a) Si

312 417 5544
243211

¿Cuál es la empresa que conoce? Acopiladora de llantas

¿Dónde se encuentran los centros de acopio y distribución? (Empresas certificadas que conoce).

b) No

9. ¿Estaría dispuesto a donar llantas usadas para obtener el certificado de gestión ambiental con una empresa certificada, para que procese sus llantas y ayude a la conservación al medio ambiente?

a) Si

b) No

10. ¿Si no está dispuesto a donar las llantas en cuánto está dispuesto a vender su llanta usada a una empresa certificada que compre al por mayor?

11. ¿Qué estrategias de recolección tienen para las llantas usadas?

12. ¿Qué controles y medidas se deben tener al recolectar las llantas usadas?



4. ¿Con respecto a lo anterior cuál es el porcentaje?

Descripción	Porcentaje				
	0%	25%	50%	75%	100%
a) Extender la vida útil de las llantas					
b) Llantas que botan)					
c) Compra de llantas					
d) Venta de llantas a empresas certificadas)					
e) Devolución al cliente					
f) Otro ()					

5. ¿Compran los clientes llantas usadas en la Serviteca?

a) Si

b) No

Si su respuesta a la anterior pregunta es el literal a) responder las siguientes preguntas.

¿En promedio cuántas llantas usadas venden al mes?

a)	De 0 a 100 und.	
b)	De 100 a 250 und.	
c)	250 a 500 und.	
d)	Otros ()	

4 diarias

6. Con qué frecuencia los clientes compran este tipo de llantas?

a) Cada mes

b) Cada 3 meses

c) Cada 6 meses

d) Otro, ¿Cuál? Todo el tiempo



FORMATO DE ENCUESTA A SERVITECAS Y MONTALLANTAS TALLERES

La información obtenida de la siguiente encuesta será tomada sólo con fines investigativos, para la realización del proyecto de grado de estudiantes de Ing. Industrial de la Universidad de Ibagué. El objetivo principal, es formular una alternativa factible de aprovechamiento y generación de valor para las llantas usadas en la ciudad de Ibagué.

1. ¿En promedio cuanto es el tiempo de cambio de llantas de los vehículos? (Promedio Vida útil de una llanta)

		Moto	Automóvil	Servicio Publico	Campero	Camioneta	Camión	Microbuses	Busetas
a)	12 meses	X	X						
b)	18 meses								
c)	24 meses								
d)	Otros ()								

2. ¿Cuál es la causa principal del cambio de llantas?

- a) Mala calidad de las llantas X
- b) Terminación de la vida útil de las llantas X
- c) Decisión del usuario X
- d) Otro _____
- ¿Cuál? _____

3. ¿Cuál es el manejo que le da a las llantas que se reemplazan?

- a) Los clientes se las llevan _____
- b) Las botan _____
- c) Las venden a personas particulares _____
- d) Se las venden a una empresa certificada encargada del reciclaje de llantas _____
- e) Las almacenan ¿Dónde? _____
- f) Otro ¿Cuál? Muros contención reedaje

Al. llantas
C16 calle 24 45



13. ¿Cuáles son las condiciones de almacenamiento, recepción y transporte de las llantas usadas?

No lo sé

14. ¿Sabe cuáles son los posibles usos potenciales que puede tener las llantas al llegar al fin de su vida útil?

- Artesanías
- Asfalto

Observaciones:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2649/65854Q7.pdf;jsessionid=B1CE4F217CD2693A6115443583945C1C?sequence=1>

**Anexos 7. Consulta de expertos****Criterio Impacto Ambiental**

Alternativa / Criterio	Planta de Trituración	Planta de fabricación de asfalto	Planta de fabricación de pisos y baldosas de caucho	Planta de fabricación de tapetes.
Impacto Ambiental: Tipo de químicos utilizados para la transformación de la materia y la afectación para la salud humana.(pisos y asfalto). Categoría de riesgo DOT: <u>1 leve</u> <u>2 moderado</u> <u>3 grave</u> <u>4 extremo</u>	No tienen componentes químicos adicionales al grano de caucho reciclado (GCR)	Categoría de riesgo DOT: 3 Inflamable - Ligante asfáltico. - Llenante mineral (filler). - Agregados pétreos grueso y fino.	Llamado EPDM ó Caucho Etileno Propileno compuesto de un 45% a 75% de etileno. Categoría de riesgo DOT: 4 Inflamable y 2 Radioactivo - Colorantes (Tinte de Poliuretano), pigmentos - Resina de poliuretano	No tienen componentes químicos adicionales al GCR

Criterio Inversión Inicial

Alternativa / Criterio	Planta de Trituración	Planta de fabricación de asfalto	Planta de fabricación de pisos y baldosas de caucho	Planta de fabricación de tapetes.
Inversión Inicial: Inversión que se debe realizar para la materialización de la idea a seleccionar.	De acuerdo a la estimación de tres investigaciones recientemente realizadas en Colombia, el promedio para la producción de 0,5 ton/hora de gránulo de caucho reciclado se estaría realizando una inversión de \$885.675.365,00	De acuerdo a la estimación de tres investigaciones recientemente realizadas en Colombia, el promedio para la producción de 1 ton/ hora de asfalto modificado con GCR, se estaría realizando una inversión de \$1'943.017.396,00	Aunque en Colombia la fabricación de pisos y baldosas de caucho no es muy explorada, según estudios cercanos en Colombia, se requiere de una inversión cercana a los \$1'500.000.000 COP puesto que se necesita de un proceso más detallado para la elaboración del piso.	La fabricación de tapetes no ha sido un producto explorado en Colombia, es por esto que según un estudio realizado se estima que: El montaje de la planta y subproductos salientes de 2134 tapetes se tendrá que realizar una inversión de aproximadamente \$1'600.000.000 COP.

*La producción cuenta con jornada laboral de 8h al día 5 días a la semana.

*Para la producción de 0,5 ton/hora de producto, es necesario el procesamiento de 1000 llantas x hora



Planta de Trituración

Planta	Ubicación de la planta	Producción por hora	Inversión Inicial	Referencia
Planta 1	Bogotá	0,5 ton x hora	\$750.200.000,00	(Mesa Trujillo & Patarroyo Díaz, 2016)
Planta 2	Bogotá	0,5 ton x hora	\$1'181.426.095,93	(Pinilla Quiroga & Torres Rojas, 2015)
Planta 3	Bogotá	0,5 ton x hora	\$725.600.000,00	(Pérez Martínez & Malagón Bernal, 2017)
INVERSIÓN PROMEDIO			\$885.675.365,00	

Planta de Asfalto Modificado

Planta	Ubicación de la planta	Producción por hora	Inversión Inicial	Referencia
Planta 1	Bogotá	0,5 ton x hora	\$566.875.000,00	(Ortiz Casas & Tribilcock, 2014)
Planta 2	Bucaramanga	0,5 ton x hora	\$2'767.000.000,00	(Villamizar Roa, 2016)
Planta 3	Albania La Guajira	0,5 ton x hora	\$2'496.000.000,00	(Tiempo, 2016)
PROMEDIO			\$1'943.291.666,67	



Planta de fabricación de pisos y baldosas de caucho

Planta	Ubicación de la planta	Producción por hora	Inversión Inicial	Referencia
Planta 3	Bogotá	0,5 ton x hora	\$1'500.000.000,00	(Pérez Martínez & Malagón Bernal, 2017)
INVERSIÓN PROMEDIO			\$1'500.000.000	

Planta de fabricación de tapetes.

Planta	Ubicación de la planta	Producción por hora	Inversión Inicial	Referencia
Planta 1	Ibagué	0,5 ton x hora	\$1'219.600.725,95	(Sanmiguel León, Montaña Ordoñez & Chiripua Yule, 2018)
PROMEDIO			\$1'219.600.725,95	

Criterio Tecnología y Maquinaria

Alternativa / Criterio	Planta de Trituración	Planta de fabricación de asfalto	Planta de fabricación de pisos y baldosas de caucho	Planta de fabricación de tapetes.
Tecnología y Maquinaria: Maquinaria y tecnología necesaria para la generación del sub producto.	<ul style="list-style-type: none"> - Máquina de trituración - Granulador - Separador magnético. - Molino pulverizador - Tamices 	<ul style="list-style-type: none"> - Máquina de trituración - Cortadora Súper Chopper - Granulador - Separador magnético - Aspirador - Mezclador 	<ul style="list-style-type: none"> - Máquina de trituración - Separador magnético - Tamiz - Máquina de molde - Prensa - Máquina de corte - Vulcanizadora - Prensa hidráulica 	<ul style="list-style-type: none"> - Trituradora - Maquina Tamizadora - Maquina de moldeo - Maquina de prensa - Maquina de vibración - Maquina de cortes



Criterio Empresas Competidoras

Alternativa / Criterio	Planta de Trituración	Planta de fabricación de asfalto	Planta de fabricación de pisos y baldosas de caucho	Planta de fabricación de tapetes.
Empresas Competidoras: Empresas competidoras dedicadas a la fabricación de productos que pueden reemplazar el producto a elaborar.	Mundo limpio <u>Ubicación</u> Carmen de Viboral Antioquia CORPAUL <u>Ubicación</u> Yumbo - Valle del Cauca. RECICLAIR <u>Ubicación</u> Mosquera - Cundinamarca SISTEMA VERDE <u>Ubicación</u> Madrid - Cundinamarca. Medellín - Antioquia	IncoAsfaltos <u>Ubicación</u> Cajicá - Chía. CERREJÓN <u>Ubicación</u> Albania – La Guajira	Ecology Rubber <u>Ubicación</u> Medellín- Antioquia. Hulex <u>Ubicación</u> Bogotá Blue Drop Colombia <u>Ubicación</u> Bogotá - Colombia Administrativa: Calle 33A No 21-09 - Oficina 103 <u>Planta:</u> Cra 2 No 48 - 79 Huella Urbana <u>Ubicación</u> Bogotá - Colombia <u>Autop</u> Bogotá-Medellín km 11,5	No hay en Colombia empresas dedicadas a fabricar tapetes decorativos a base de neumáticos.

Criterio Productos Sustitutos

Alternativa / Criterio	Planta de Trituración	Planta de fabricación de asfalto	Planta de fabricación de pisos y baldosas de caucho	Planta de fabricación de tapetes.
Productos Sustitutos: Productos que pueden reemplazar el producto a elaborar debido a que cumplen la misma función.	- Caucho natural - Uso energético: Carbón, petróleo, madera, residuos agrícolas.	- Asfalto sin mezcla ni durabilidad. - Asfalto NFU.	- Pisos de PVC o vinilo. - Pisos de cerámica. - Pisos de cemento. - Pisos de mármol. - Pisos de madera. - Pisos de piedra.	- Tapetes de Bienvenida. - Tapetes interiores. - Tapetes exteriores.



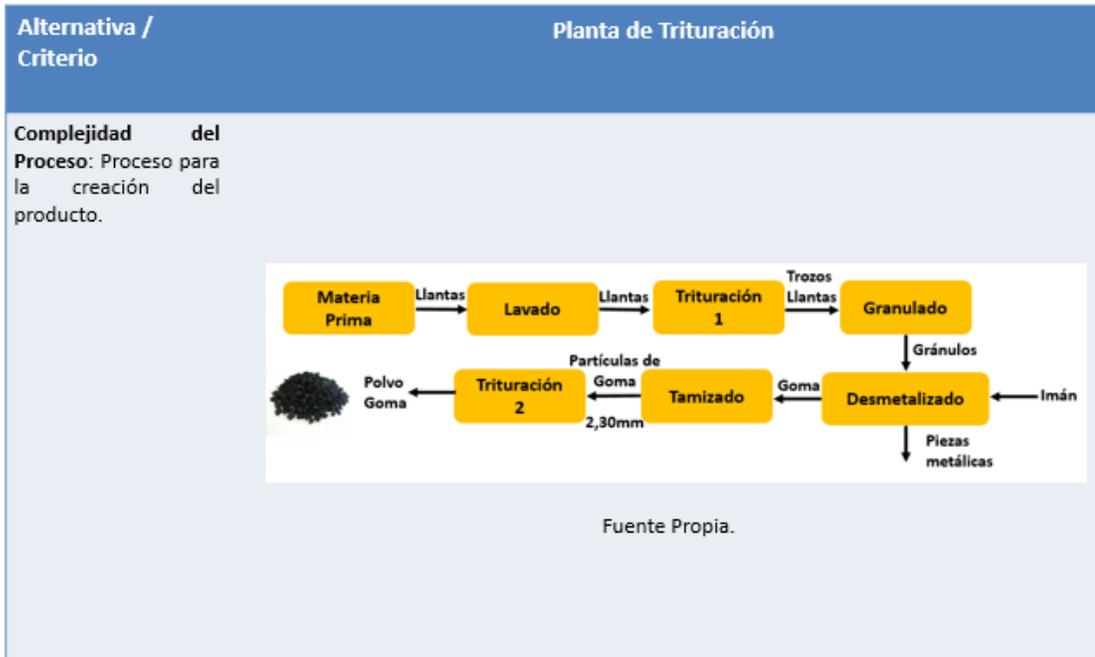
Criterio Mercadotecnia

Alternativa / Criterio	Planta de Trituración	Planta de fabricación de asfalto	Planta de fabricación de pisos y baldosas de caucho	Planta de fabricación de tapetes.
Mercadotecnia: Técnicas y planta física necesaria para la comercialización del producto.	- No necesita de un área para la venta del triturado. - Se requieren agentes de venta nacional e internacional.	- No necesita de un área para la venta del asfalto. - Se requieren agentes de venta nacional e internacional.	- Se requiere de un departamento de mercadotecnia. - Se requiere personal adecuado para la comercialización del producto.	- Se requiere de un departamento de mercadotecnia. - Se requiere personal adecuado para la comercialización del producto.

Criterio Mercadotecnia

Alternativa / Criterio	Planta de Trituración	Planta de fabricación de asfalto	Planta de fabricación de pisos y baldosas de caucho	Planta de fabricación de tapetes.
Ventas: Comercialización del tipo de producto.	Empresas que trabajan en la construcción de: - Carreteras - Canchas sintéticas - Pisos para parques infantiles y gimnasios - Tapetes, - Suelas de zapatos - Aislantes acústicos.	Empresas dedicadas a la construcción de vías y carreteras	- Un punto de venta en la misma planta de producción. - Constructoras, tales como: Constructora Bolivar S.A, Constructora Torreón, Constructora Los Lagos, entre otras. - Centros especializados en el abastecimiento del sector de la construcción, como lo son: Homecenter.	- Almacenes de Cadena. - Tiendas. - Hogares.

Criterio Complejidad del proceso

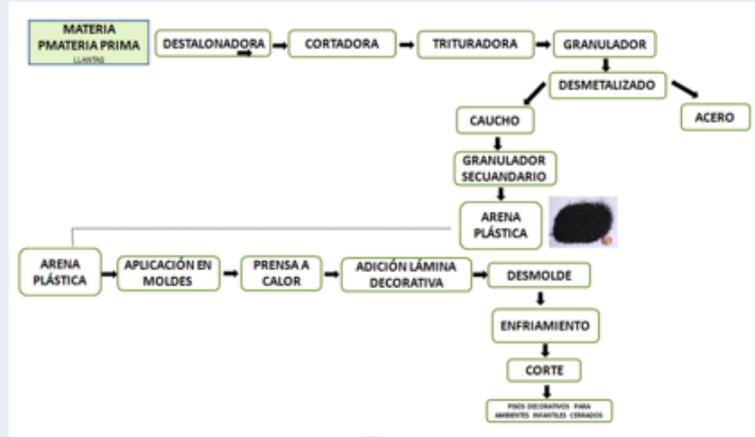




Alternativa /
Criterio

Planta de fabricación de pisos y baldosas de caucho

Complejidad del
Proceso: Proceso para
la creación del
producto.

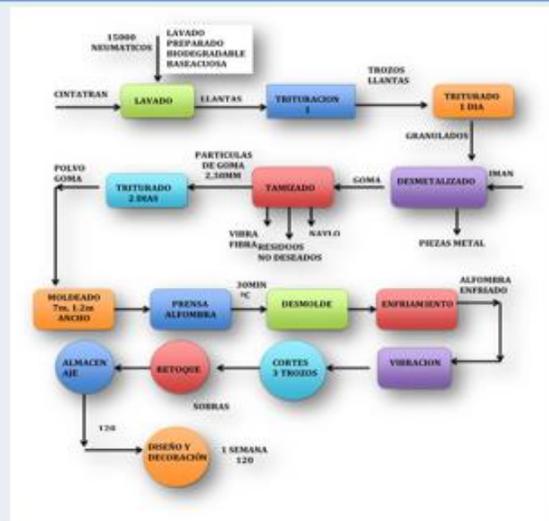


Fuente: CARDONA GÓMEZ, L. & SÁNCHEZ MONTOYA, L. M. (2011). *Aprovechamiento de llantas usadas para la fabricación de pisos decorativos*. Recuperado de <https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/375/Aprovechamiento%20de%20llantas%20usadas%20para%20la%20fabricaci%C3%B3n%20de%20pisos%20decorativos.pdf?sequence=1>

Alternativa /
Criterio

Planta de fabricación de tapetes

Complejidad del
Proceso: Proceso para
la creación del
producto.



Fuente Propia.



Respuestas a consulta de expertos

Puntuación Sugerida

María Paula S. Susunaga

Investigadora de la facultad Ingeniería Civil – Experiencia en modificación de asfaltos con caucho de llantas, refuerzo de suelos con geoceldas fabricadas con llanta reciclada

Criterios / Alternativas	Planta de Trituración	Planta de fabricación de asfalto	Planta de fabricación de pisos y baldosas de caucho	Planta de fabricación de tapetes.
Impacto ambiental	2	5	1	1
Inversión Inicial	4	1	1	1
Tecnología y Maquinaria	4	1	1	1
Empresas competidoras	9	1	2	2
Productos Sustitutos	9	2	1	1
Mercadotecnia	9	9	9	9
Ventas	9	9	9	9
Complejidad del proceso	5	5	2	2
TOTAL	51	33	26	26

Universidad de Ibagué
Comprometidos con el desarrollo regional



Puntuación Sugerida

Julio Cesar Calderón

Coordinador de proyectos CEMEX Colombia

Criterios / Alternativas	Planta de Trituración	Planta de fabricación de asfalto	Planta de fabricación de pisos y baldosas de caucho	Planta de fabricación de tapetes.
Impacto ambiental	9	2	2	5
Inversión Inicial	9	3	2	5
Tecnología y Maquinaria	6	3	2	5
Empresas competidoras	2	5	4	9
Productos Sustitutos	6	4	2	3
Mercadotecnia	8	8	6	6
Ventas	9	2	6	4
Complejidad del proceso	9	6	8	6
TOTAL	58	33	32	43

Universidad de Ibagué
Comprometidos con el desarrollo regional





Puntuación Sugerida

Juan Gabriel García

Coordinador de proyectos CEMEX Colombia

Criterios / Alternativas	Planta de Trituración	Planta de fabricación de asfalto	Planta de fabricación de pisos y baldosas de caucho	Planta de fabricación de tapetes.
Impacto ambiental	9	1	1	9
Inversión Inicial	6	3	7	8
Tecnología y Maquinaria	8	6	4	6
Empresas competidoras	6	8	7	9
Productos Sustitutos	9	9	6	6
Mercadotecnia	8	8	6	6
Ventas	9	4	8	6
Complejidad del proceso	9	6	4	8
TOTAL	64	45	43	58

Universidad de Ibagué
Comprometidos con el desarrollo regional



Puntuación Sugerida

Mónica González

Experiencia en residuos sólidos.

Criterios / Alternativas	Planta de Trituración	Planta de fabricación de asfalto	Planta de fabricación de pisos y baldosas de caucho	Planta de fabricación de tapetes.
Impacto ambiental	9	2	2	5
Inversión Inicial	7	5	9	4
Tecnología y Maquinaria	9	5	1	7
Empresas competidoras	5	1	7	9
Productos Sustitutos	4	7	5	8
Mercadotecnia	5	7	1	1
Ventas	7	3	6	9
Complejidad del proceso	7	4	5	9
TOTAL	53	34	35	52

Universidad de Ibagué
Comprometidos con el desarrollo regional



Puntuación Sugerida

Robinson Beltrán Varón

Experiencia en la recuperación de llantas usadas.

Criterios / Alternativas	Planta de Trituración	Planta de fabricación de asfalto	Planta de fabricación de pisos y baldosas de caucho	Planta de fabricación de tapetes.
Impacto ambiental	7	3	3	7
Inversión Inicial	8	2	3	5
Tecnología y Maquinaria	8	5	1	3
Empresas competidoras	1	3	5	8
Productos Sustitutos	1	3	3	3
Mercadotecnia	8	7	3	3
Ventas	1	3	5	5
Complejidad del proceso	8	3	3	7
TOTAL	42	29	26	41



Anexos 8. Análisis en el software AHP para la elección de la alternativa Comparación de criterios según AHP

Prioridades

Estos son los pesos resultantes para los criterios basados en sus comparaciones por pares:

Gato	Prioridad	Rango	(+)	(-)	
1	Impacto Ambiental	32.5%	1	22.7%	22.7%
2	Inversión Inicial	23.3%	3	7.9%	7.9%
3	Tecnología y Maquinaria	3.4%	6	1.2%	1.2%
4	Empresas Competidoras	3.6%	5	1.4%	1.4%
5	Productos Sustitutos	2.3%	7	0.8%	0.8%
6	Mercadotecnia	1.9%	8	0.8%	0.8%
7	Ventas	8.6%	4	5.1%	5.1%
8	Complejidad del proceso	24.4%	2	14.0%	14.0%

Número de comparaciones = 28
Relación de consistencia CR = 8.3%

Matriz de decisión

Los pesos resultantes se basan en el vector propio principal de la matriz de decisión:

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1.00	7.00	5.00	9.00	9.00	9.00	3.00
2	1.00	1	7.00	7.00	7.00	9.00	5.00	1.00
3	0.14	0.14	1	1.00	2.00	3.00	0.20	0.11
4	0.20	0.14	1.00	1	2.00	3.00	0.20	0.11
5	0.11	0.14	0.50	0.50	1	1.00	0.20	0.14
6	0.11	0.11	0.33	0.33	1.00	1	0.20	0.11
7	0.11	0.20	5.00	5.00	5.00	5.00	1	0.14
8	0.33	1.00	9.00	9.00	7.00	9.00	7.00	1

Valor propio principal = 8.810
Solución de vector propio: 7 iteraciones, delta = 4.0E-8

Comparación de las alternativas respecto al criterio impacto ambiental

Prioridades

Estos son los pesos resultantes para los criterios basados en sus comparaciones por pares:

Gato	Prioridad	Rango	(+)	(-)	
1	Planta Trituradora	62.9%	1	31.2%	31.2%
2	Planta de fabricación de asfalto	4.2%	4	1.6%	1.6%
3	Planta de fabricación de pisos y baldosas de	10.2%	3	2.3%	2.3%
4	Planta de fabricación de tapetes	22.6%	2	7.9%	7.9%

Número de comparaciones = 6
Relación de consistencia CR = 8.0%

Matriz de decisión

Los pesos resultantes se basan en el vector propio principal de la matriz de decisión:

	1	2	3	4
1	1	9.00	5.00	5.00
2	0.11	1	0.33	0.14
3	0.20	3.00	1	0.33
4	0.20	7.00	3.00	1

Valor propio principal = 4.217
Solución de vector propio: 6 iteraciones, delta = 2.5E-9

Comparación de las alternativas respecto al criterio inversión inicial

Prioridades

Estos son los pesos resultantes para los criterios basados en sus comparaciones por pares:

Gato		Prioridad	Rango	(+)	(-)
1	Planta Trituradora	57.6%	1	10.0%	10.0%
2	Planta de fabricación de asfalto	12.5%	3	1.2%	1.2%
3	Planta de fabricación de pisos y baldosas de	5.8%	4	0.7%	0.7%
4	Planta de fabricación de tapetes	24.1%	2	3.9%	3.9%

Número de comparaciones = 6
Relación de consistencia CR = 1.1%

Matriz de decisión

Los pesos resultantes se basan en el vector propio principal de la matriz de decisión:

	1	2	3	4
1	1	4.00	9.00	3.00
2	0.25	1	2.00	0.50
3	0.11	0.50	1	0.20
4	0.33	2.00	5.00	1

Valor eigen Principal = 4,031
autovector solución: 4 iteraciones, delta = 7.1E-10

Comparación de las alternativas respecto al criterio tecnología y maquinaria

Prioridades

Estos son los pesos resultantes para los criterios basados en sus comparaciones por pares:

Gato		Prioridad	Rango	(+)	(-)
1	Planta Trituradora	67.4%	1	20.0%	20.0%
2	Planta de fabricación de asfalto	9.0%	3	1.8%	1.8%
3	Planta de fabricación de pisos y baldosas de	5.9%	4	2.4%	2.4%
4	Planta de fabricación de tapetes	17.7%	2	4.1%	4.1%

Número de comparaciones = 6
Relación de consistencia CR = 4.7%

Matriz de decisión

Los pesos resultantes se basan en el vector propio principal de la matriz de decisión:

	1	2	3	4
1	1	9.00	7.00	5.00
2	0.11	1	2.00	0.50
3	0.14	0.50	1	0.25
4	0.20	2.00	4.00	1

Valor propio principal = 4.128
Solución de vector propio: 5 iteraciones, delta = 3.1E-9

Comparación de las alternativas respecto al criterio empresas competidoras

Prioridades

Estos son los pesos resultantes para los criterios basados en sus comparaciones por pares:

Gato		Prioridad	Rango	(+)	(-)
1	Planta Trituradora	47.4%	1	10.5%	10.5%
2	Planta de fabricación de asfalto	6.9%	4	1.8%	1.8%
3	Planta de fabricación de pisos y baldosas de	20.2%	3	3.9%	3.9%
4	Planta de fabricación de tapetes	25.5%	2	6.0%	6.0%

Número de comparaciones = 6
Relación de consistencia CR = 2.9%

Matriz de decisión

Los pesos resultantes se basan en el vector propio principal de la matriz de decisión:

	1	2	3	4
1	1	5.00	3.00	2.00
2	0.20	1	0.33	0.20
3	0.33	3.00	1	1.00
4	0.50	5.00	1.00	1

Valor propio principal = 4.079
Solución de vector propio: 4 iteraciones, delta = 1.3E-8

Comparación de las alternativas respecto al criterio productos sustitutos

Prioridades

Estos son los pesos resultantes para los criterios basados en sus comparaciones por pares:

Gato		Prioridad	Rango	(+)	(-)
1	Planta Trituradora	46.9%	1	14.6%	14.6%
2	Planta de fabricación de asfalto	24.0%	2	12.2%	12.2%
3	Planta de fabricación de pisos y baldosas de	18.0%	3	5.7%	5.7%
4	Planta de fabricación de tapetes	11.0%	4	4.7%	4.7%

Número de comparaciones = 6
Relación de consistencia CR = 8.9%

Matriz de decisión

Los pesos resultantes se basan en el vector propio principal de la matriz de decisión:

	1	2	3	4
1	1	3.00	2.00	4.00
2	0.33	1	1.00	4.00
3	0.50	1.00	1	1.00
4	0.25	0.25	1.00	1

Valor propio principal = 4.243
Solución de vector propio: 6 iteraciones, delta = 4.4E-9

Comparación de las alternativas respecto al criterio mercadotecnia

Prioridades

Estos son los pesos resultantes para los criterios basados en sus comparaciones por pares:

Gato	Prioridad	Rango	(+)	(-)	
1	Planta Trituradora	64.0%	1	33.1%	33.1%
2	Planta de fabricación de asfalto	23.5%	2	8.3%	8.3%
3	Planta de fabricación de pisos y baldosas de	6.3%	3	1.8%	1.8%
4	Planta de fabricación de tapetes	6.3%	3	1.8%	1.8%

Número de comparaciones = 6
Relación de consistencia CR = 7.7%

Matriz de decisión

Los pesos resultantes se basan en el vector propio principal de la matriz de decisión:

	1	2	3	4
1	1	5.00	7.00	7.00
2	0.20	1	5.00	5.00
3	0.14	0.20	1	1.00
4	0.14	0.20	1.00	1

Valor propio principal = 4.209
Solución de vector propio: 6 iteraciones, delta = 3.9E-9

Comparación de las alternativas respecto al criterio ventas

Prioridades

Estos son los pesos resultantes para los criterios basados en sus comparaciones por pares:

Gato		Prioridad	Rango	(+)	(-)
1	Planta Trituradora	9.9%	4	2.5%	2.5%
2	Planta de fabricación de asfalto	20.7%	3	6.5%	6.5%
3	Planta de fabricación de pisos y baldosas de	42.9%	1	5.8%	5.8%
4	Planta de fabricación de tapetes	26.5%	2	9.5%	9.5%

Número de comparaciones = 6
Relación de consistencia CR = 4.3%

Matriz de decisión

Los pesos resultantes se basan en el vector propio principal de la matriz de decisión:

	1	2	3	4
1	1	0.33	0.25	0.50
2	3.00	1	0.50	0.50
3	4.00	2.00	1	2.00
4	2.00	2.00	0.50	1

Valor propio principal = 4.118
Solución de vector propio: 5 iteraciones, delta = 3.9E-9

Comparación de las alternativas respecto al criterio complejidad del proceso

Prioridades

Estos son los pesos resultantes para los criterios basados en sus comparaciones por pares:

Gato		Prioridad	Rango	(+)	(-)
1	Planta Trituradora	63.5%	1	13.6%	13.6%
2	Planta de fabricación de asfalto	7.9%	3	4.1%	4.1%
3	Planta de fabricación de pisos y baldosas de	7.3%	4	2.7%	2.7%
4	Planta de fabricación de tapetes	21.4%	2	10.8%	10.8%

Número de comparaciones = 6
Relación de consistencia CR = 9.8%

Matriz de decisión

Los pesos resultantes se basan en el vector propio principal de la matriz de decisión:

	1	2	3	4
1	1	9.00	7.00	4.00
2	0.11	1	2.00	0.20
3	0.14	0.50	1	0.50
4	0.25	5.00	2.00	1

Valor propio principal = 4.268
Solución de vector propio: 5 iteraciones, delta = 8.2E-8