

**APROVECHAMIENTO, REUTILIZACIÓN E INCORPORACIÓN DEL CAUCHO
VULCANIZADO EN LA FABRICACIÓN DE MANILLARES PARA BICICLETA**

MARLON RINCÓN RIOS

CARNÉT: 15141029

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO EN DISEÑO INDUSTRIAL

ASESOR

VIVIAN SUAREZ MORENO

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

FACULTAD DE ARTES Y HUMANIDADES

INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL

MEDELLÍN

2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Medellín 25 de mayo de 2018

1. Agradecimientos

El trabajo de grado a continuación descrito es un paso importante para mi vida profesional y proyección en sociedad, por medio de él pude enriquecer mi talento y brindar un aporte de concientización en lo que se refiere a la conservación y la ética en la elaboración de nuevos productos.

Es así como desempeña un roll de primer nivel mi asesora Vivian Suarez Moreno, por el apoyo y la búsqueda del mejor camino a seguir, en el paso a paso de la investigación, y la puesta en marcha del proyecto, abonarle su paciencia y su acompañamiento, mis más grandes agradecimientos.

A la compañía Creatum S.A, que me facilitó sus instalaciones para llevar a cabo los procesos de fabricación y pruebas del proyecto, brindándome un acompañamiento en todos sus niveles.

No menos importante darles las gracias a las dos mujeres que más quiero mi tía y mi madre quienes se han preocupado a través de su vida en brindarme una buena educación y el respeto por la vida, siempre procurando ser un apoyo y esa fuerza extra en las dificultades.

A Dios por la fortaleza y la posibilidad de gozar de buen ánimo y salud para llevar a buen puerto mi trabajo de grado.

Contenido

1. Agradecimientos.....	3
2. Tabla de figuras	10
3. Índice de tablas	10
4. Resumen	13
5. Abstract.....	14
6. Antecedentes de la investigación.....	15
7. Problema.....	21
8. Objetivos.....	22
8.1. Objetivo general	22
8.2. Objetivos específicos.....	22
9. Justificación	23
10. Marco teórico.....	26
10.1. Criterios de sostenibilidad	26
10.2. Sostenibilidad ambiental.....	27
10.3. Sostenibilidad social.....	27
10.4. Sostenibilidad económica	28
10.5. Economía y desarrollo sostenible	28
10.6. La huella de carbono.....	29

10.7. Características de un desarrollo sostenible	29
10.8. Ecoinnovación	31
10.9. Ecodiseño.	32
10.10. Rueda de estrategia del ecodiseño	33
10.11. Ciclo de vida.....	34
10.12. Análisis del ciclo de vida del producto.....	34
10.13. Etapas del ciclo de vida de un producto y estrategias de mejora ambiental.....	36
10.14. Identificación de flujos de entrada y salida durante el ciclo de vida del producto.....	38
10.15. Descripción de las etapas del ciclo de vida	39
10.15.1. Diseño y conceptualización	39
10.15.2. Extracción y procesado de material primas	39
10.15.3. Fabricación	40
10.15.4. Transporte y distribución.....	40
10.15.5. Usos y mantenimiento	40
10.15.6. Fin de vida (reutilización, reciclado y disposición final)	41
10.16. Matriz MET	41
10.17. Generalidades del caucho	42
10.17.1. Ciclo de vida del caucho.....	42
10.17.2. Propiedades del caucho	44
10.17.3. Procesos de fabricación del caucho	44

10.17.4. Proceso de mezcla	46
10.17.5. Proceso de sanitación	47
10.17.6. Proceso de extrusión.....	47
10.17.7. Proceso de vulcanización.....	48
10.17.8. Espuma de caucho y productos moldeados	49
10.17.9. Aplicaciones	50
10.17.10. Caucho sintético	51
10.18. Origen caucho sintético	51
10.19. Tipos de caucho sintético	51
10.19.1. Neopreno	51
10.19.2. Buna.....	52
10.19.3. Caucho de butilo.....	52
10.20. Caracterización de compuestos de caucho sintético y caucho natural	52
10.21. Caucho a nivel mundial	53
10.22. Producción de caucho natural.....	53
10.23. Exportaciones de caucho a nivel mundial	54
10.24. Caucho en Colombia	55
10.25. Cadena productiva del caucho.....	57
10.26. Tipos procesos de fabricación de suelas de caucho por compresión.....	57
10.26.1. Suelas de caucho.....	58

10.26.2. Suelas de PVC	59
10.26.3. Suelas de poliuretano.....	59
10.26.4. Suelas en TR.....	59
10.26.5. Suelas materiales expandidos	59
10.27. Moldeo de suelas por compresión.	60
10.27.1. Mezclado de componentes en molino	60
10.27.2. Vulcanización de la mezcla de caucho	61
10.27.3. Corte y pulida de suelas bandas y tapetes.....	62
10.27.4. Inspección y empaque del producto	63
11. Estado del arte	64
11.1. Procesos de aprovechamiento del caucho por medio del agregado de residuo de llantas	64
11.1.1. Evaluación del desgaste por abrasión de una mezcla drenante modificada con residuo de llanta triturada (GCR)	64
11.1.2. Antecedentes sobre asfalto –GCR (granulo de caucho reciclado)	65
11.1.3. Objetivo del estudio.....	65
11.2. Estudio del comportamiento mecánico del concreto, sustituyendo parcialmente el agregado fino por caucho molido recubierto con polvo calcáreo	66
11.2.1. Propiedades y componentes del concreto.....	67
11.2.2. Polvo calcáreo.....	67

11.2.3. Normas NTC	67
11.2.4. Caracterización de los agregados finos y gruesos	68
11.2.5. Ensayo para caracterización de agregados finos	68
11.2.6. Ensayo para caracterización de agregados gruesos	69
11.2.7. Resultados y recomendaciones	69
11.3. Diseño de espacios interiores a partir de la experimentación con láminas de caucho reciclado.	70
11.3.1. Innovación y diseño.....	70
11.3.2. Materiales utilizados en el diseño interior	71
11.3.3. Láminas de caucho como material alternativo	71
12. Requerimientos de diseño.....	73
13. Etapa práctica	76
13.1. Alternativas de diseño	78
13.2. Tabulación de encuesta.....	79
13.3. Tabulación método KANO.....	79
13.3.1. Resultados método KANO	80
13.3.2. Tabla de resultados método KANO	81
13.4. Evaluación de alternativas	82
13.5. Modelación 3d	82
13.5.1. Modelación 3d	85

14. Fabricacion, validación de la propuesta	87
14.1. Generalidades de la implementación del caucho reutilizado.....	87
14.2. Formulaciones	88
14.3. Mezclas.....	88
14.4. Hallazgos de las pruebas	89
14.5. Resultados resistencia a la abrasión.....	91
14.6. Resultados resistencia a la flexión.....	92
14.7. Análisis del procesamiento del material.....	93
14.8. Validación de costos y beneficios	93
14.9. Análisis costo por unidad de manillar.	94
15. Validación de la prueba del manillar.....	96
16. Conclusiones.....	97
17. Glosario	99
18. Anexos.....	100
18.1. Modelo de negocios.....	100
18.2. Tabla de validaciones	100
18.3. Evidencia proceso creativo y fabricación.....	100
19. Bibliografía.....	101

2. Tabla de figuras

Figura 1. Inventarios de ciclo de vida e impacto ambiental	35
Figura 2. Láminas de caucho procesado sin vulcanizar.	45
Figura 3. Molinos para mezcla de caucho.	46
Figura 4. Fuente máquina hidráulica de escurrir, estirar y satinar	47
Figura 5. Máquina extrusora de caucho.....	48
Figura 6. Prensas hidráulicas de caucho.	49
Figura 7. Mayores áreas cosechadas de caucho natural 2010.	53
Figura 8. Mayores productores mundiales de caucho.	54
Figura 9. Principales exportadores mundiales de caucho natural 2011.....	55
Figura 10. Producción total por departamento.	56
Figura 11. Cadena del caucho en Antioquia, 2012).	57
Figura 12. Suela vulcanizada de caucho.....	58
Figura 13. Pasta de caucho lista para vulcanizar	60
Figura 14. Prensa hidráulica para caucho.....	61
Figura 15. Desperdicio de caucho vulcanizado luego de la pulida	63
Figura 16. Ensayo para caracterización de agregados finos.....	68
Figura 17. Ensayo para caracterización de agregados gruesos.....	69
Figura 18. Alternativas a diseñar.....	77
Figura 19. Estructura método Kano.....	78
Figura 20. Percentil mano.....	83
Figura 21. Dimensiones en centímetros de percentil.....	83

Figura 22. Percentil mano.....	84
Figura 23. Dimensiones en centímetros del percentil.....	84
Figura 24. Vista superior de manillar.	85
Figura 25. Vista frontal de manillar.	85
Figura 26. Vista lateral manillar.	86
Figura 27. Vista isométrica manillar.	86
Figura 28. Formulaciones a probar empleadas en creatum s.a.	88
Figura 29. Vulcanización formula original.	90
Figura 30. Vulcanización fórmula con 20% de master rebaba.....	90
Figura 31. Vulcanización fórmula con 40% de master rebaba.....	91
Figura 32. Resultados de resistencia a la abrasión	92
Figura 33. Resultados de resistencia a la flexión.....	92
Figura 34. Análisis de materia prima y costo del manillar.....	94
Figura 35. Análisis costo por unidad de manillar.....	94

3. Índice de tablas

Tabla 1. Estrategias de mejora ambiental para el ciclo de vida de un producto.....	36
Tabla 2. Identificación de flujos de entrada y salida durante el ciclo de vida del producto.....	38
Tabla 3.Requerimientos de diseño. Elaboración Propia.....	73
Tabla 4. Tabulación encuesta método kano. Elaboración Propia.....	79
Tabla 5. Tabulación resultados método kano. Elaboración Propia.....	79
Tabla 6. Requerimientos de la Propuesta ganadora método kano. Elaboración Propia.....	81
Tabla 7. Validación de la prueba del manillar. Elaboración Propia.....	96

4. Resumen

El caucho vulcanizado es un material que se ha venido utilizando desde 1839 brindando solución a las necesidades de diferentes industrias, en las que se cuentan, la automotriz, manufacturera, calzado y medicina; pero la explotación exagerada y la difícil degradación del caucho lo ha convertido en una problemática ambiental.

La presente investigación buscó implementar alternativas para mitigar el impacto de los desperdicios del caucho vulcanizado como consecuencia de la producción de suelas, en la empresa Creatum S.A.

Se pudo reducir la cantidad de material virgen en las mezclas originales, por medio de la elaboración de tres fórmulas con diferentes porcentajes de material reutilizado, con esto se incorporó el caucho nuevamente al ciclo productivo

Por medio del estudio de diferentes alternativas se consiguió la fabricación de un producto funcional, con características ergonómicas, y lo más importante con caucho reutilizado en su estructura interna,

En conclusión, se logró cumplir con el objetivo de reducir el desperdicio de caucho en la planta, bajar los costos de materias primas y se generó un producto sostenible y de bajo impacto en el medio ambiente.

5. Abstract

Vulcanized rubber is a material that it's been used since 1839, giving solutions to some needs from different industries, like automotive, manufacture, footwear and medicine, but the abusive exploitation and hard degradation of rubber it's turning into an environmental problem.

The current investigation was made in order to implement alternatives to mitigate the impact of waste from vulcanized rubber as consequence of soles production in Creatum Accesorios S.A.

It was possible to reduce the amount of virgin material in the original mixtures, by creating three formulas whit different percentages of reusable material, whit this; the rubber was incorporated again to the productive cycle.

By studying different alternatives, it was possible to fabricate of a new functional product, with ergonomic characteristics and something very important, with reusable rubber in its internal structure.

In conclusion, the goal of reducing wasted rubber was achieved; lower cost of raw material and sustainable and low impact product with the environment was created.

6. Antecedentes de la investigación

Los resultados de la investigación realizada en el trabajo de grado presentado en 2013 en la Universidad Nacional de Colombia Facultad de Minas. Estandarización y mejoras del proceso productivo en la planta de caucho de creatum accesorios, por Elkin Darío Sánchez Grisales como requisito para optar al título de ingeniero industrial, aporta información sobre la complejidad que tiene el procesamiento del caucho vulcanizado y su incorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos luego de ser reciclados (Sánchez ,2013).

Importante el aporte sobre los procesos que se deben adelantar en el material (caucho vulcanizado) para ser utilizado como materia prima obteniendo al final caucho granulado, son procesos de vulcanización donde son eliminados los enlaces del azufre aunque hace hincapié en lo costoso del proceso para llevar a cabo en el país, la regeneración un proceso que anula las características elásticas de a goma, pero dotándola propiedades plásticas propias del caucho no vulcanizado, proceso que rompe las cadenas del polímero por los enlaces de carbono, este caucho vulcanizado es más económico que el caucho virgen y en procesos de mezcla es mejor su incorporación , debido a que consumen menos energía en el proceso, tiene un mejor envejecimiento pero con propiedades mecánicas inferiores. La trituración mecánica es exponer el material a la acción de la cizalla para obtener una molienda gruesa que luego va a ser mezclado con agentes de regeneración.

La reformulación en los compuestos del caucho por parte de Elkin Darío Sánchez Grisales es el aporte más significativo para el presente trabajo, donde la incorporación de material vulcanizado, con material virgen fue de una propensión de 80-20, con ciertas condiciones, como tamaño del granulo y color del mismo. Las pruebas se hicieron en un mezclador de cilindros, y

vulcanización en prensas hidráulicas con resistencias. Los resultados de las pruebas fueron satisfactorios en dos formulaciones.

Se evidencia según las formulaciones ahorros en la parte costos de materia prima, impactos positivos en el medio ambiente, los resultados de variabilidad mostrados, se demuestra el tamaño de prueba o número de ensayos de laboratorio realizados a la formulación son lo suficientemente confiables para proceder a realizar una implementación en la planta de producción.

Estudios anteriores se han enfocado en la problemática de los residuos del caucho, obteniendo resultados satisfactorios en cuanto a la reutilización e incorporación a la cadena productiva del material. Es el caso del trabajo expuesto en junio de 2014 en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca en Ecuador. Caracterización de caucho reciclado proveniente del scrap y de neumáticos fuera de uso para su potencial aplicación como materia prima, por Andrés Xavier Criollo Salamea, como requisito para optar al título de ingeniero mecánico (Criollo, 2014).

El trabajo consiguió hacer un estudio donde se pudo apreciar los altos niveles de contaminación ocasionado por la acumulación de neumáticos fuera de uso a nivel mundial. Empezó a realizarse el análisis a Ecuador donde a 2011 había un total de 1´418.339 automóviles para una población de 15´793.975 habitantes, un promedio de 11 vehículos por cada 1000 habitantes; pero estos 15´793.975 incrementarán los neumáticos fuera de uso cada 6 meses o en el mejor de los casos cada año se utilizan neumáticos de alta calidad que duran en promedio unos 40.000 o 60.000 km, un problema que sigue en crecimiento debido a no tener una regulación muy clara sobre la disposición final de este producto.

El estudio realizó un trabajo de investigación de las características físicas y mecánicas del caucho reciclado, profundizando en su estructura molecular antes y después de los procesos de trituración, procesos de reaprovechamiento del neumático fuera de uso.

Se proporciona un nivel de importancia a los neumáticos fuera de uso para ser aplicados en otros sectores de la economía otorgando un beneficio integral, donde se vea beneficiado el sector productivo y el medio ambiente debido a que será menor el material que llega a contaminar los recursos naturales.

El trabajo explica las técnicas de rotura de enlaces o desvulcanización, para poner nuevamente el caucho de los neumáticos fuera de uso dentro del ciclo de vida de los productivo, ya sea para la fabricación de nuevos neumáticos o para la creación de productos diferentes que lleven como materia prima el caucho. Los procesos son físicos, químicos o térmicos, en los físicos tenemos los procesos termodinámicos, de microondas, de ultra sonido, en los químicos tenemos los llevados a cabo por medio de agentes químicos como disulfuros o mercaptanos orgánicos cuando estamos trabajando a una temperatura elevada. Estos procesos logran romper los enlaces establecidos en la microestructura de los neumáticos. Las moliendas son otro tipo de separación, pero básicamente lo que logra es triturar el material y dejarlo en partículas muy pequeñas, para luego ser utilizado en otras aplicaciones.

El análisis hecho por Andrés Xavier Criollo Salamea, encontró que los países industrializados como Japón, Alemania, Francia y Canadá utilizan los neumáticos fuera de una manera muy organizada y tienen unos programas de recolección y aplicación para después del reciclaje muy bien llevados, donde los utilizan como combustible, la cultura del reciclaje y de la buena disposición final está muy marcada en ellos pues normalmente el usuario cuando el neumático termina su ciclo de vida lo lleva a los concesionarios para que ellos dispongan de la mejor manera de estos.

Los resultados obtenidos en los ensayos de probetas prensadas donde se utiliza el azufre como agente para formar nuevos enlaces en la estructura interna del neumático son positivos, dando

ventajas como obtener un producto con características híper elásticas, pero con una rigidez considerable.

Los ensayos han dejado conclusiones importantes para la utilización de las fibras hechas a partir de neumáticos fuera de uso en productos nuevos como: si se quiere un producto resistente a la penetración, rayado o abrasión el porcentaje de azufre debe ser alto y si se quieren obtener productos blandos en porcentaje de azufre debe ser menor.

Las fibras de neumáticos fuera de uso son empleadas para la fabricación de pisos de seguridad, puede ser empleado en tejas para los techos aprovechando su durabilidad, y propiedad acústica, ayudado de su bajo coste respecto a la teja tradicional.

El producto recicaucho obtenido a partir de la intervención de la estructura del caucho de los neumáticos fuera de uso, cumple con las características y especificaciones para las áreas que fueron diseñadas y se garantiza que el neumático fuera de uso puede volver a la cadena productiva.

En 2016 se presentó en la Universidad Pontificia Bolivariana en la Facultad de Ingenierías el proyecto. Caracterización y análisis de posibilidades tecnológicas para la apropiación del caucho reciclado a partir de llantas usadas para el desarrollo de nuevos por José Alejandro Mejía Álzate. Para optar al título de Especialista en Gestión de la Innovación tecnológica(J. Mejia, 2016).

Este trabajo se enfoca en la investigación de la problemática de las llantas usadas y que no son aprovechadas en Colombia, generando dificultades de tipo ambiental debido a su disposición final, José Alejandro Mejía Álzate. Realizó un estudio de vigilancia tecnológica, balance de recursos para encontrar alternativas y nuevas posibilidades para darle un mejor uso a las llantas después que su ciclo de vida ha concluido.

Con la información recopilada se conoció que a 2009 el país anualmente desechaba unas 150 mil toneladas de llantas usadas, de las cuales no se alcanzan a aprovechar ni el 3% para someterlas a unos procesos donde se separe el caucho de las fibras de telas y el acero.

El alto nivel de material no reutilizado es preocupante y una razón más para seguir en la búsqueda de alternativas como la incorporación de partículas de caucho vulcanizado de llanta en el asfalto, también en la utilización de este elemento en las calderas como sustituto del carbón, empresas cementeras empezaron proyectos para emplearlo como insumo energético. Otra área donde se pueden emplear es en la construcción pues se agrega como aditivo en las mezclas de concreto.

Este trabajo no se limitó a demostrar los resultados del uso del caucho en un solo proceso como por ejemplo el de la pirólisis, así como tampoco se proyectó encontrar un nuevo mecanismo para reciclar llantas usadas; lo que se pretende es desarrollar una metodología que al tomar una materia prima como es el caucho en grano reciclado que es el insumo 17 para la producción de una serie de productos manufacturados y luego de ser analizada por diseñadores que por su formación profesional son capaces de sintetizar y formalizar productos industriales como soluciones a los problemas con una visión prospectiva, conlleve a la identificación de unas nuevas utilidades para esta materia prima en el ámbito empresarial local.(José Alejandro Mejía Álzate).

El trabajo de José Alejandro Mejía Álzate muestra y explica la alternativa amigable con el medio ambiente la cual es el caucho en polvo granulado, un material libre de acero y fibra de color negro y que es insoluble en el agua. Para lograr obtener este material la llanta es sometida procesos donde se le irán retirando los componentes o refuerzos que tiene y poderlos utilizar en otros elementos.

Las bondades del material reciclado son bastantes, es el caso de las mezclas con asfalto, este tipo de material modificado ayuda a mejorar las características y propiedades del pavimento, evitando la deformación, reduciendo la fatiga en el material un aumento en la elasticidad y el incremento de vida útil respecto al asfalto tradicional.

Estos planteamientos abren un camino importante para la reutilización del caucho vulcanizado en la fabricación de nuevos productos o la intervención en la cadena productiva del caucho como materia prima, sin tener la necesidad de extraer recursos nuevos.

7. Problema

El alto desperdicio de caucho vulcanizado ocasionado por las rebabas obtenidas a partir de la fabricación de suelas, tapetes y bandas en la empresa Creatum S.A, provocando almacenamiento de este material al no ser considerado como insumo.

¿Es posible obtener un producto funcional con características ergonómicas que produzca un menor impacto ambiental a partir de la utilización de caucho vulcanizado como parte de su materia prima?

8. Objetivos

8.1. Objetivo general

- Generar una alternativa de diseño funcional que contenga en su estructura desperdicio o producto no conforme de caucho vulcanizado generado en la fabricación de suelas, tapetes y bandas en la empresa Creatum S.A.

8.2. Objetivos específicos

- Investigar procesos productivos a partir de los residuos de caucho vulcanizado.
- Proponer soluciones de diseño que reduzcan el alto consumo de caucho natural como materia prima.
- Diseñar productos que incorporen en su estructura caucho vulcanizado, producido en la fabricación de suelas tapetes y bandas.
- Validar los requisitos de diseño de los productos desarrollados.

9. Justificación

La utilización de recursos naturales para satisfacer las necesidades siempre ha sido y será necesaria, básicamente porque se requieren para obtener el alimento, refugio y para poder buscar un desarrollo integral. El hombre ha sido consistente de esto sin embargo con la industrialización, la expansión demográfica, explotación minera, ganadería y cultivos, estos recursos se han ido agotando de una manera vertiginosa. Según el programa de las naciones unidas para el medio ambiente (Naciones et al., 1975) la cual se encarga de determinar el estado del medio ambiente a nivel global, las materias primas que son extraídas de la naturaleza pasaron de 22.000 millones de toneladas en 1970 a 70.000 millones de toneladas en 2010 un aumento alarmante si hacemos un análisis de estas cifras y más aun con la problemática del consumismo excesivo que se viene presentando en países desarrollados a lo que se suma la de los países en vía de desarrollo donde la extracción de combustibles fósiles, una sobre explotación de la tierra son requeridos para satisfacer las necesidades de una población cada vez más numerosa. De seguir esta tendencia se prevé que a mediados de este siglo se requerirán unos 180.000 millones de toneladas de materias primas por año para los requerimientos en las diferentes industrias, algo que será insostenible para la tierra.

Para la sostenibilidad del planeta se requiere del uso responsable de las materias primas, proponer productos que además de pensar en satisfacer la necesidad del usuario, sea analizado en como extender su ciclo de vida, que sus componentes sean menos tóxicos, la reutilización de sus partes y un fácil reciclaje, con esto se logra impactar de manera positiva el ambiente y la extracción de materia prima será menor.

La responsabilidad como diseñador industrial es grande, tener una ética ambiental para generar ideas de productos funcionales, en muchos casos solicitados por el mismo entorno

consumista que rodea al usuario, hallar la manera de cómo intervenir en los procesos de obsolescencia de los productos, brindar la posibilidad de la reutilización, mejorar procesos de producción donde se las materias primas sean aprovechadas al máximo y que luego el producto retorne a la cadena es primordial.

El caucho es una materia prima con gran demanda en sectores económicos como el automotriz para sus neumáticos, áreas de la industria petrolera en tuberías, la farmacéutica en recipientes y guantes, compañías de calzado en la fabricación de zapatillas deportivas, que utilizan el caucho natural, el látex y el caucho sintético como insumo, la demanda crece conforme aumenta la población y el parque automotor en las grandes ciudades. Según la (“Industria del caucho,” n.d.)(Malaysian Rubber Board, 2016) el consumo de caucho en el planeta fue de 29.7 millones de toneladas, entre caucho natural y sintético y se espera que para 2020 haya un consumo de unas 34.4 millones de toneladas. Cerca del 60% de la producción mundial se emplea para la fabricación de neumáticos, un fenómeno venido creando una problemática sobre todo en países en vía de desarrollo, debido al uso que se le da a los neumáticos al final de su ciclo de vida, se convierte en toda una cadena de contaminación, terminando en botaderos de basura, ríos, o peor aun afectando el aire cuando son incinerados. Ya se han adelantado proyectos que buscan reutilizar los neumáticos en otro tipo de productos, utilizándolos en asfalto, pisos, paredes, bloques de construcción dando un respiro al medio ambiente, aunque es poco aun comparado con los volúmenes de llantas acumuladas a diario.

El proyecto se presenta analizando el impacto positivo que se puede obtener en la cadena productiva del caucho natural y sintético, utilizado en la industria de las suelas de goma, tenis deportivos, tapetes, bandas, suelas infantiles y zapatos informales, debido a que en los procesos industriales una parte significativa cerca del 13% es desperdicio de caucho, proveniente de los

excesos de material resultantes, luego de la vulcanización del caucho y obtención del producto. Los excesos de caucho son almacenados y enviados a los botaderos de basura, generando contaminación en el ambiente y gastos de recolección a la empresa.

Normalmente los procesos utilizados para volver a la cadena productiva estos residuos de caucho vulcanizado es la trituración y el uso en canchas sintéticas, pero con el crecimiento de los residuos a medida que aumenta la demanda de zapatos de la población se hace insuficiente este método de reutilización.

Es así que se busca darle un uso al desperdicio (rebaba) de caucho vulcanizado en la fabricación de productos que tengan como materia prima caucho natural y sintético, logrando crear un mejor ciclo de vida al producto e incorporar cómo materia prima el elastómero ya vulcanizado, obteniendo una mezcla con materia prima nueva y material reutilizado. Se logran beneficios para el medio ambiente y para la industria, se trata en gran medida de una reducción de materia prima para la fabricación de un producto nuevo, donde el diseño ecológico desempeña un papel importante debido a que nos hace más responsables con el medio ambiente que provee la materia prima para la fabricación de artículos y es vital tomarlo en cuenta.

Reducir el consumo de materia prima es un compromiso que se viene tomando por parte del diseño ecológico, donde el usuario y el medio ambiente tienen la misma importancia en la incorporación de un producto en el mercado, seguir el ciclo de vida del producto y buscar que su funcionamiento sea lo más prolongado posible y al final volverse a vincular con el proceso, lo que se conoce como de la cuna a la cuna.

10. Marco teórico

10.1. Criterios de sostenibilidad

El desarrollo sostenible surge como un nuevo paradigma propuesto para suplantar el viejo modelo desarrollista basado en parámetros meramente económicos y que no considera de la importancia los procesos económicos, ambientales y sociales, lo que produce un crecimiento asimétrico injusto y destructor de la base natural indispensable para el bienestar del ser humano a largo plazo (Social-periodista, 2010).

La sostenibilidad apunta a un desarrollo integral donde se involucra el crecimiento y la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer la satisfacción de las generaciones futuras (Brundtland Commission, 1987). En ellas están contenidas el crecimiento económico, bienestar social y el cuidado del medio ambiente lo que se conoce como desarrollo sostenible, el futuro toma importancia, no se puede dejar de lado.

La sostenibilidad está conformada por una amalgama de procesos económico-productivos que dependen de los recursos naturales, es necesario que perduren en el tiempo sin sufrir un deterioro significativo, la sostenibilidad tiene que ver con las decisiones que tomamos en el presente en la elaboración de procesos productivos y que tan responsables son las mismas con el medio ambiente y las generaciones futuras, está articulada sobre tres vectores, Economía, Equidad y Ecología (Aguayo González, 2011).

10.2. Sostenibilidad ambiental.

Aguayo Gonzales et al (2013) señalan que en el ámbito ecológico o ambiental los escenarios sostenibles tanto naturales como los contruidos por el ser humano deben estar en equilibrio utilizando los recursos sin exceder el límite recomendado, uno de los principios más importantes de este eslabón es la reducción significativa de los flujos de recursos, teniendo como ámbitos de estudio para la sostenibilidad ambiental, el análisis de ciclo de vida, la ecología industrial, el ecodiseño, el ecoetiquetado, la ecoeficiencia entre otros. La sobre explotación de los recursos causa un efecto negativo a nivel general, el agotamiento de éstos implica tomar otros para satisfacer las necesidades, la responsabilidad ambiental debe ir de la mano con el desarrollo de la población y la industria.

10.3. Sostenibilidad social

Aguayo Gonzales et al (2013) se interesan por una equidad, seguridad, libertad y justicia, la repartición justa de los recursos, el poder satisfacer las necesidades básicas y poder gozar de un espacio social saludable con un ambiente donde se le respeten los derechos fundamentales y la diversidad cultural con igualdad de oportunidades.

Lastimosamente en este último ítem no se cumple, y se debe a que el 80% de los recursos los disfrutan el 20% de la población, para mejorar el sistema se deben promover principios y objetivos de la democracia y el respeto por los derechos humanos. Por medio de relaciones industriales saludables, fomento de la salud y seguridad en el trabajo, la diversidad cultural el respeto a los territorios indígenas y el uso de sus recursos(Felix Sanz, 2014).

10.4. Sostenibilidad económica

Aguayo Gonzales et al (2013) definen el eje económico como todo lo que está comprendido en el poder y la acción legislativa, se refieren al crecimiento económico de calidad junto con una valoración adecuada de los recursos naturales, la sostenibilidad en el modelo económico tiene como base lo local, dentro de una red global estructurada para conseguir una producción equitativa y distribuida en las regiones, llevándose a cabo actividades a pequeña escala, interrelacionadas entre si y beneficiándose mutuamente.

10.5. Economía y desarrollo sostenible

El inicio de la preocupación generalizada por el medio ambiente en la sociedad se sitúa en la década de los sesenta en Estados Unidos. Hasta ese momento, el interés por las cuestiones relacionadas con la contaminación, la ecología y el cuidado medioambiental, habían estado lejos de la sociedad en general y prácticamente no existía en el mundo de los negocios. Los directivos percibían los asuntos medioambientales con bastante recelo, como un problema, e incluso en algunas ocasiones, denunciando como intolerables las excesivas trabas a la actividad productiva derivadas de la preocupación de la sociedad por las cuestiones referidas al medio ambiente.

Mora, L., Martín, M. (2013). Logística inversa y ambiental. (1a. ed.) Ecoe Ediciones. Página 4.

Tomado de <http://www.ebooks7-24.com>

10.6. La huella de carbono

Es la totalidad de gases de efecto invernadero (CEI) emitidos por efecto directo o indirecto por un individuo, organización, evento o producto (UK Carbon Trust 2008) y representa una medida para la contribución de las empresas y organizaciones a ser más responsables y a la vez un elemento que genera conciencia en los ciudadanos para que se generen prácticas más sostenibles.

Esta iniciativa pretende medir en lo posible los gases de efecto invernadero que son liberadas a la atmósfera debido a las actividades diarias o a la comercialización de un producto.

Este análisis abarca todas las actividades que tienen que ver con sus ciclos de vida, desde que se propone la idea, materias primas, transporte, distribución, funcionamiento, mantenimiento hasta su disposición como residuo. Con esto los usuarios podrán elegir el tipo de productos que tengan un menor impacto negativo como resultado de los procesos por los que ha pasado.

Mora, L., Martín, M. (2013). Logística inversa y ambiental. (1a. ed.) Ecoe Ediciones. Página 16.
Tomado de <http://www.ebooks7-24.com>

10.7. Características de un desarrollo sostenible

El uso responsable de los recursos renovables y no renovables: la optimización en la explotación de madera y la disminución de extracción de combustibles fósiles.

Tecnologías limpias: incorporando nuevas maneras de producir energía como la eólica, la solar impactando positivamente al medio ambiente, reduciendo la contaminación.

Protección de la biodiversidad plantas y animales: una característica fundamental el cuidar las especies que nos proporcionan un equilibrio en la naturaleza es importante en el desarrollo a futuro.

Reciclaje: se promueve la reutilización de elementos que se consumen masivamente, como papel botellas plásticas, vidrio, caucho, en otros productos para que puedan entrar nuevamente a la cadena productiva.

Reparación de daños del medio ambiente: conocer bien la dinámica de los ecosistemas se debe acudir a verdaderos especialistas que estudien con rigor científico los daños ocasionados, para tomar las mejores acciones.

Predicción de impactos medio ambientales: el desarrollo sostenible siempre busca mantener una intensa comunicación en las áreas tecnológica, económica y de medio ambiente para adoptar medidas en caso de ser necesarias.

Mejorar la vida de la sociedad: siempre está en la búsqueda de un equilibrio en la sociedad y vela por el bienestar de todos, los mismos derechos, oportunidades y la posibilidad de conservar un ambiente sano.

Protección de los ecosistemas: todos los seres vivos son importantes y cumplen una función en la sostenibilidad si se dejar por fuera algunos implica una descomposición del sistema.

Cuidados del agua: es el líquido fundamental sin él no puede haber vida en el planeta es obligación protegerlo y saber administrar su uso.

Comunidades regionales: poder definir los territorios y hacer que los representantes se preocupen por cuidar de sus áreas de influencia, llamémoslo sentido de pertenecía en las áreas rurales. Enciclopedia de Características (2017). "Desarrollo Sustentable". Recuperado de: <https://www.caracteristicas.co/desarrollo-sustentable/>(Jiménez Herrero, 1997)

10.8. Ecoinnovación

En el campo del desarrollo sostenible, Aguayo Gonzales et al (2013) argumentan que ha ido creciendo en todos los sectores en los últimos años y mucho del éxito que en sus planteamientos es gracias a la ecoinnovación. Es por eso que cuando se van a planificar o desarrollar actividades sostenibles se requiere integrar parámetros que tienen que ver con el diseño y el desarrollo de productos, las normativas o límites gubernamentales, las técnicas sostenibles o los nacientes patrones de producción limpia y de consumo responsable, donde se toman en cuenta las necesidades del usuario y la viabilidad social, económica de las soluciones planteadas.

Para poder darle un análisis a estos objetivos es necesario tener en cuenta los tres elementos fundamentales de la sostenibilidad: economía, ecología y equidad, trabajando las tres unidas para lograr resultados satisfactorios, que llevarán a un mejor uso de los recursos y la reducción de los impactos negativos sobre el medio ambiente.

Si se desea lograr incorporar los factores necesarios para llevar a cabo proyectos sostenibles es necesario conocer lo que es la ecoinnovación y cómo integrarlo en la toma de decisiones que darán como resultado proyectos de estas características. Son muchas las iniciativas, técnicas o estrategias para lograr llevar a cabo un desarrollo sostenible por medio de la ecoinnovación sus autores lo denominan “paradigmas”, se introducen los proyectos en un ámbito de trabajo consecuente con el medio ambiente, donde hay una gestión correcta de los recursos y dando como resultado soluciones de calidad en lo económico, social y medioambiental (Vezzoli y Manzini, 2010).

La ecoinnovación tiene una variedad de ámbitos de estudio (Jones, 200). Uno de los que tiene un protagonismo marcado es el diseño y desarrollo de productos, sistemas industriales y servicios. Se sabe que el diseño para el medio ambiente es una práctica sostenible, que tiene dentro

de sus objetivos la educación y la investigación, con ello aportando nuevas formas de ver la sostenibilidad con desarrollos y soluciones de calidad donde se satisface la necesidad.

10.9. Ecodiseño.

Félix Sandz Adán, (2003) explica que es la forma de agrupar aspectos ambientales en la concepción y desarrollo de un producto, con el objetivo de mejorar su calidad, reduciendo sus costes de fabricación por medio de metodologías basadas en el estudio de todas las etapas de su vida (ciclo de vida del producto) desde la concepción de la idea, extracción de materias primas y componentes hasta su eliminación y reciclado una vez desechado. Con el ecodiseño tiene la misma importancia tanto el ambiente como los otros valores, como, funcionalidad, la estética, la ergonomía, la imagen o la calidad, nos permite hacer una reducción de la degradación, el impacto en la salud humana y el agotamiento de los recursos naturales (Felix Sanz, 2014).

La importancia del planteamiento de todo ciclo de vida del producto radica en que permite identificar de un modo claro todas las entradas y salidas del proceso que suponen un impacto ambiental, reduciendo al mínimo la cantidad y la toxicidad de las entradas (materiales y energía) salidas (emisiones y residuos) buscando el balance adecuado para minimizar el impacto global del producto con ello logramos disminuir el consumo de energía mejorando la gestión ambiental y reduciendo costes de producción. A continuación, se explican los elementos a tener en cuenta para que el ciclo de vida de un producto cause el menor impacto.

- Reducir la cantidad de material utilizado y utilizar materiales renovables o más fáciles de reciclar: se traduce en una menos extracción de materia prima del medio ambiente.

- Optimizar las técnicas de producción: reduce el tiempo de entrega, se minimiza el impacto ambiental de los procesos y además la empresa mejora su capacidad innovadora.
- Optimizar el volumen y el peso del producto, junto con el empleo racional de embalaje: repercute en un consumo menor de materiales y menor gasto de energía en el transporte con la consiguiente disminución de costes.
- Reducir consumibles y energía durante el uso del producto: disminuyen emisiones y el coste al usuario.
- Favoreciendo el mantenimiento y la reparación: se alarga el ciclo de vida útil del producto y se consumen menos recursos.
- Menos componentes tóxicos y peligrosos: se traduce en un menor impacto sobre la salud humana.
- Menor cantidad de emisiones (sobre el agua, el aire y el suelo): reduce la degradación de los ecosistemas.
- Favoreciendo el uso de productos más ecológicos: mejora el ecosistema y la salud de la humanidad, así como la conservación de los recursos naturales. (Félix Sandz Adán, 2003).

10.10. Rueda de estrategia del ecodiseño

Esta técnica agrupa aspectos importantes en ocho estrategias que han de contribuir el perfil medio ambiental del producto.

- Selección de materiales de bajo impacto
- Reducción de la cantidad de material
- Selección de técnicas de producción eco-eficientes
- Selección de formas eco-eficientes
- Optimización de la función
- Reducción del impacto ambiental durante su uso
- Optimización de su vida útil
- Optimización del sistema del fin del ciclo de vida.

(Felix Sanz, 2014)

10.11. Ciclo de vida

Es el recorrido que transita un producto a lo largo de su desarrollo desde la fase de idea, pasando por la definición y realización, hasta cuando es usado y finaliza su vida útil (Stark, 2006).

Durante este recorrido se genera una gran cantidad de información como: bocetos, modelos, planos técnicos, prototipos, resultados de pruebas e indicadores de sostenibilidad. La tarea de tener el control de los documentos de diseño para incorporarlos en los procesos organizacionales, por tal razón las empresas hoy en día utilizan los sistemas PLM para el almacenamiento, gestión y distribución de los datos técnicos del producto (Grieves, 2003).

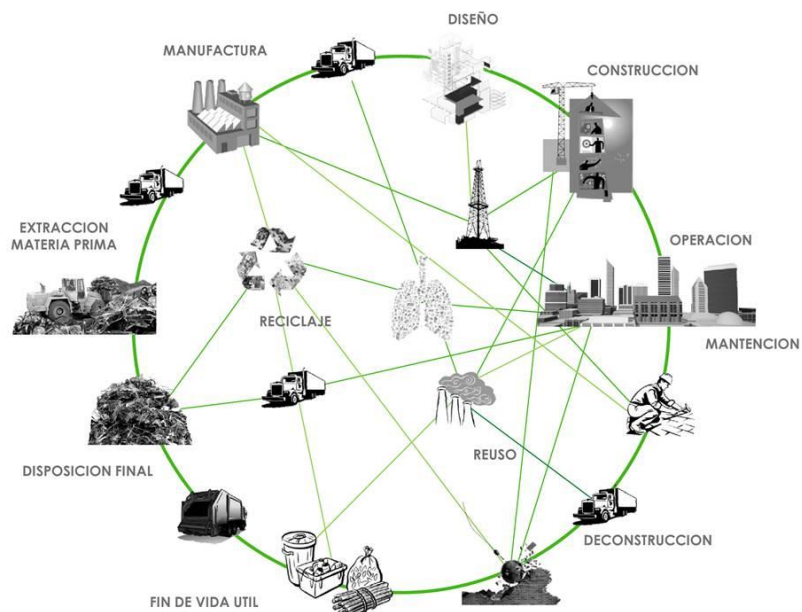
10.12. Análisis del ciclo de vida del producto

Es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso, o actividad, identificando y cuantificando tanto el uso de la materia y energía, como las

emisiones al entorno para determinar el impacto del uso de recursos y las emisiones, con el fin de evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental.(Felix Sanz, 2014)

El estudio abarca el ciclo de vida completo del producto, teniendo en cuenta todas las etapas de la cuna a la tumba o desde la cuna a la cuna, según el modelo que proponemos(“SETAC Publications — European Environment Agency,” n.d.) (setac, 1994)

Figura 1. Inventarios de ciclo de vida e impacto ambiental



1. (“Inventarios de ciclo de vida e impacto ambiental ¿cómo interpretar los resultados de un ACV? | CDT,” n.d.)

10.13. Etapas del ciclo de vida de un producto y estrategias de mejora ambiental

Tabla 1. Estrategias de mejora ambiental para el ciclo de vida de un producto.

Concepción (diseño y desarrollo)	<ul style="list-style-type: none">• Desmaterialización del producto, sin afectar la funcionalidad del mismo• Multifuncionalidad del producto• Eficiencia• Optimización de la función según las necesidades
Extracción de materia prima	<ul style="list-style-type: none">• Materiales de bajo impacto ambiental• Recursos renovables• Materiales de bajo contenido energético• Materiales de fácil gestión final.• Eliminación de compuestos tóxicos.• Reutilización de componentes.• Reducción de consumo de material.
	<ul style="list-style-type: none">• Optimización de residuos y emisiones en el uso.• Reducción de consumo de recursos.• Optimización del consumo energético.

Proceso productivo	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de fuentes de energía de bajo impacto ambiental.
Empaque, distribución y transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Envases reutilizables. • Optimizar el transporte en volumen y peso. • Reducción de consumo energético. • Utilización de sistemas de transporte de menor impacto ambiental. • Rediseño de la logística de distribución
uso	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de energía y material de bajo impacto. • Vida útil técnica larga. • Fácil mantenimiento y reparación. • Instalación y montaje sencillo. • Diseño atemporal. • Optimización del consumo energético y material.
Fin de vida. Gestión final	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial de reutilización • Potencial para el reciclaje • Potencial de valoración energética

10.14. Identificación de flujos de entrada y salida durante el ciclo de vida del producto

Tabla 2. Identificación de flujos de entrada y salida durante el ciclo de vida del producto.

Entradas	Ciclo de vida	Salidas
Materias primas extracción y producción de energía	Producción y suministro de materiales y componentes	Residuos y componentes de productos
Materias auxiliares Procesamiento de energía, procesos de producción	Producción en fábrica	Residuos, emisiones al aire y al agua Productos
Embalaje transporte	Distribución	Residuos del embalaje Emisiones del transporte
Materiales consumidos energía ligada al uso	Utilización	Residuos y emisiones vertidos

Materiales auxiliares e instalaciones, energía para transporte	Eliminación	Residuos Emisiones Reciclaje Reutilización Energía
--	-------------	--

Nota. Fuente Félix Sandz Adán (2003) ECODISEÑO un nuevo concepto en el desarrollo de productos (pag 15).

10.15. Descripción de las etapas del ciclo de vida

10.15.1. Diseño y conceptualización

Normalmente esta etapa no es muy tenida en cuenta por muchos autores, pero en el área de nuevas creaciones debe desempeñar un papel importante, debido a que es la idea y nos da una proyección de lo que se puede llegar a realizar, el impacto que va a provocar en el medio ambiente, como se va a planear el proyecto y las mejoras que se le pueden hacer desde la parte de diseño. (Stark, 2006).

10.15.2. Extracción y procesado de material primas

Es una etapa de extracción de materias primas extracción y refinamiento, se consume gran cantidad de energía para obtenerla, hay un impacto debido a la erosión de la tierra, emisión de gases, alto nivel de toxicidad y contaminación de fuentes hídricas. Las materias más contaminantes

son las de origen mineral donde están involucradas actividades de dragado, extracción hidráulica, fundición, refinación, lixiviación, aleación y síntesis química(“Caminos, Canales y Puertos,” 2017).

10.15.3. Fabricación

Se refiere a todos los procesos de transformación que convierten la materia en producto terminado, estos procesos, pueden ser físicos o químicos como: fundición, extrusión, laminación, termo formado (Antonio, Santiago, Enrique, Rodríguez, & Gallego, n.d.).

10.15.4. Transporte y distribución

Luego de tener la materia prima se procede a la distribución y traslado a los diferentes distribuidores para hacer uso de los recursos y el almacenaje de éstos, genera contaminación por medio de los vehículos que la transporta, en su mayoría son camiones y vehículos de pesados.

10.15.5. Usos y mantenimiento

La materia prima en su lugar de acción se emplea para la fabricación de los diferentes componentes, requeridos en la fabricación de productos, es utilizada y modificada con el propósito de seguirle la huella por medio de una cadena de mantenimiento en los artículos.

10.15.6. Fin de vida (reutilización, reciclado y disposición final)

La etapa de reutilización es vital para el sostenimiento de los recursos naturales, es poder incorporar nuevamente ya sea como materia prima desde el principio de la cadena, evitando un impacto en el medio ambiente, o simplemente haciendo uso de estos materiales en la elaboración de nuevos productos con sus piezas (“Caminos, Canales y Puertos,” 2017).

El análisis de ciclo de vida tiene como objetivo principal establecer las mejoras aplicadas en el nuevo producto de una manera razonada y cuantitativa, aportándonos aplicaciones directas en el desarrollo de producto y en la planificación estratégica (Félix Sandz Adán, 2003).

Se realiza por medio de estas etapas:

Definición de objetivo y alcance

Análisis de inventario

Análisis de impacto

Interpretación de resultados

10.16. Matriz MET

Un método cualitativo que nos permite obtener de manera rápida una perspectiva general de los aspectos del producto y de su proceso de producción, entradas y salidas que puedan ser susceptibles de mejorar. Proporciona también una aproximación de los aspectos para los que se precisa información adicional.

Los tres parámetros son

Consumo de materiales (M). Proporciona una visión de cuáles son las entradas prioritarias con base a la abundancia, escasez o toxicidad de los materiales empleados.

Utilización de energía (E). Proporciona una visión de los procesos y transportes de mayor impacto

Emisiones tóxicas (T). Nos da una idea de cuáles son las salidas más importantes por su toxicidad emisiones y residuos.

10.17. Generalidades del caucho

10.17.1. Ciclo de vida del caucho

El caucho natural, un elemento elástico obtenido naturalmente a partir del látex producido por el hevea brasiliensis, o llamado comúnmente el árbol del caucho, que puede llegar a medir hasta los 30 metros de altura y en diámetro entre 30 y 40 cm, es un árbol tropical originario del Amazonas, el caucho fue empleado por los nativos americanos mucho antes de la llegada de los europeos, el primer estudio del que se tiene del caucho natural fue el hecho por el francés Charles Marie de La Condamine en un viaje que hizo a Perú en 1735, el primer usos masivo que se le dio al caucho fue como borrador luego su uso se incrementó gracias a la utilización de en fabricación de jarras y tubos flexibles, aunque tenía sus limitantes debido a su alta sensibilidad a los rayos solares, hasta que en 1842 goodyear descubre el proceso de vulcanización permitiendo que el caucho mantenga sus propiedades de flexibilidad e impermeabilidad en el frío y en el calor. Luego de esto se disparó el uso de caucho en los diferentes sectores de la industria, sobre todo en la industria automotriz para la fabricación de las llantas.

El látex es extraído del árbol por medio de la técnica llamada ordeño, que se trata de hacer una incisión en diagonal sobre el tronco, saliendo de éste un líquido lechoso que se recoge en recipientes para ser mezclado con componentes como lípidos y proteínas.

Normalmente su presentación está ajustada por el sistema TRS (technically specified rubber) un esquema que durante los últimos 40 años ha contribuido a la organización, la distribución, y el transporte, debido a la estandarización de dimensiones y peso por cada bala de caucho(“Industria del caucho,” n.d.).

Por lo general el caucho TSR es normalmente embalado en 36 balas sobre una tarima estándar en una caja de plástico retractilado con un peso aproximado de 1200 kilogramos.

Otro tipo de presentación del caucho natural son las llamadas láminas ahumadas de canalé RSS, láminas coaguladas de caucho con un proceso de secado por medio del humo, de donde se puede clasificar tres clases por su color, impurezas y consistencia. La RSS1 siendo esta la más pura, seguida de la RSS3 que a su vez es la más comercializada, la RSS ahumada es utilizada para requerimientos más específicos donde se requiera de cauchos más resistentes para ser aplicadas en neumáticos y productos industriales como los revestimientos de tanques.

La presentación del caucho natural más pura es la del crepé pálido grueso, es un látex líquido recogido de la manera más cuidadosa, con un proceso de coagulación deliberada y en ocasiones blanqueado para producir el llamado crepé, está clasificado por los diferentes grados, el primero es el crepé pálido grueso 1x(1XTPC) y el más popular el crepé pálido grueso numero 1 comercializado en balas de 25kilogramos muy utilizado en productos que requieran de colores claros como las el calzado, la industria médica, los cementos y los adhesivos.(Gonzalo Sampedro, Leonardo Rescia,2000)

10.17.2. Propiedades del caucho

En su estado natural el caucho es un hidrocarburo blanco, su componente más simple es el isopreno o 2- metilbutadieno, de fórmula química es C_5H_8 . Si hay en el ambiente una temperatura de uno $-195^\circ C$ el caucho se encuentra sólido y transparente, con una temperatura entre $0^\circ C$ a $10^\circ C$ es frágil y opaco si se le manipula por encima de $20^\circ C$ se vuelve blando y traslucido, si se emplea procesos para amasarlo mecánicamente logrando temperaturas superiores a los $50^\circ C$ éste adquiere una textura pegajosa y si se somete a temperaturas superiores a los $50^\circ C$ se descompone, es insoluble en el agua, pero soluble en benceno, petróleo, con agentes oxidantes químicos se oxida rápidamente pero con el oxígeno de la atmósfera lo hace de una manera lenta (“El Caucho - Monografias.com,” n.d.)

10.17.3. Procesos de fabricación del caucho

El caucho en su composición natural es modificado para un mayor aprovechamiento del elemento, por medio de refuerzos como el carbonato de magnesio, el óxido de zinc, el negro de carbón, arcillas y cauchos sintéticos logrando con ello conseguir una mezcla homogénea que aumentará la calidad y la cantidad de producto en procesos posteriores. También se emplean gran cantidad de tintes orgánicos y ablandadores que se utilizan cuando el caucho es demasiado rígido para ser mezclado con otras sustancias, como derivados del petróleo, aceites y ceras.

El principal agente vulcanizante es el azufre, en la fase de calentamiento el azufre es mezclado con el caucho y los demás aditivos. La proporción de azufre frente a la del caucho es de 1: 40; para el caucho blando en el caucho duro va hasta 1:1. El proceso de vulcanización en frío

utilizado para la fabricación de guantes y artículos de lencería se hace por medio de la exposición al vapor de cloruro de azufre.

Antes de mezclar el caucho con otras sustancias éste es sometido al proceso de trituración o masticación un proceso que lo vuelve suave y plástico para generarle mejores condiciones al ser mezclado con otras sustancias como pigmentos y aditivos. (Gonzalo Sampietro, Leonardo Rescia, 2000).

Figura 2. Láminas de caucho procesado sin vulcanizar.



2. Elaboracion propia

10.17.4. Proceso de mezcla

Las máquinas mezcladoras son las encargadas de homogenizar el caucho con los demás aditivos para ser luego utilizado en las diferentes áreas; el proceso empieza cuando se introduce la (carga) caucho con aditivos en una máquina con dos rodillos que giran en direcciones contrarias, son utilizadas máquinas con cilindros cerrados, donde se pueden obtener pegamentos de caucho mezclados con disolventes, utilizados en tejidos impermeables y en artículos como los guantes de goma, aunque los ingredientes se mezclan en frío para luego satinarlos, o aplicarles procesos de extrusión(“Industria del caucho,” n.d.). Capítulo 80 Industria del caucho. En: enciclopedia de la OIT, D - INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo), 2012. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliotecaitmsp/detail.action?docID=3204053>.

Figura 3. Molinos para mezcla de caucho.



3. Elaboración propia.

10.17.5. Proceso de sanitación

Luego de plastificado el caucho con otros aditivos, la satinación es un proceso que pasa la mezcla por tres, cuatro o cinco cilindros de un mismo diámetro, que poseen velocidad de rotación y una distancia entre rodillos regulables, las satinadoras nos permiten obtener láminas de caucho con o sin dibujos, un ejemplo de ello son las estrías en los neumáticos, para luego ingresar a otros procesos de fabricación como la vulcanización(“Industria del caucho,” n.d.). Capítulo 80 Industria del caucho. En: enciclopedia de la OIT, D - INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo), 2012. ProQuest book central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliotecaitmsp/detail.action?docID=3204053>.

Figura 4. Fuente máquina hidráulica de escurrir, estirar y satinar



4. (<http://www.erbe.com.ar/productos.asp?cat=04&id=01>)

10.17.6. Proceso de extrusión

El proceso de extrusión comprime el caucho a través de troqueles, generando unas tiras aplastadas, tubulares o de la forma requerida, es empleado este proceso para la elaboración de tuberías, mangueras y en empaques utilizados para sellar puertas y ventanas. Capítulo 80 Industria del caucho(“Industria del caucho,” n.d.). En: enciclopedia de la OIT, D - INSHT (Instituto Nacional

de Seguridad e Higiene en el Trabajo), 2012. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliotecaitsp/detail.action?docID=3204053>.

Figura 5. Maquina extrusora de cacuho.



5. fuente (<https://distritofederal.evisos.com.mx/prensasextrusoras-y-molinos-de-hule-id-307494>.("Prensas,extrusoras y molinos de hule en Distrito Federal - Otros Artículos | 307494," n.d.)

10.17.7. Proceso de vulcanización

Luego de obtener una mezcla homogénea gran parte de los productos del caucho se vulcanizan por medio de altas temperaturas, empleando prensas hidráulicas las cuales poseen en su interior resistencias con temperaturas de aproximadamente 200°C, por este proceso pasan las llantas y las suelas en el área del calzado, es posible obtener más resistencia y mayor durabilidad en los productos de caucho por medio de este proceso sin que el producto pierda sus propiedades de elasticidad, y resistencia eléctrica (información de conocimiento propio).

Figura 6. Prensas hidráulicas de caucho.



6. Elaboración propia.

10.17.8. Espuma de caucho y productos moldeados

Se obtiene a partir del látex por medio de sustancias emulsionantes. El proceso empieza cuando la mezcla de caucho es agitada en una maquina espumante, que produce una espuma con burbujas de aire, para luego ser depositados en moldes, que más adelante van a ser sometidos a procesos de vulcanización. Este proceso es utilizado para la fabricación de objetos con una forma determinada como colchones y almohadas; también el látex puede moldearse para fabricar guantes de goma y juguetes, por medio de moldes de yeso. (Gonzalo Sampietro, Leonardo Rescia, 2000).

10.17.9. Aplicaciones

El caucho vulcanizado es el más requerido a nivel industrial, aunque el caucho no tratado es utilizado en la fabricación de cintas aislante, cementos, como aislante para mantas y zapatos. El caucho vulcanizado tiene un mercado más extenso, por sus características obtenidas luego del proceso, como son: la resistencia a la abrasión y la flexibilidad.

Los cauchos blandos son utilizados en los dibujos de las estrías de los neumáticos, en cintas transportadoras, por otro lado, el caucho duro se emplea en la fabricación de carcasas de equipos de bombeo y tuberías requeridas para la perforación con lodos abrasivos.

La flexibilidad del material hace que se pueda utilizar en fabricar mangueras, rodillos y neumáticos, es utilizado en varios tipos de amortiguadores en el sele de diferentes carcasas para reducir vibraciones que se puedan presentar en el funcionamiento.

Su característica impermeable el caucho es utilizado para fabricar mangueras de aire, globos, ropa impermeable, trajes de buceo, tubos para la industria química y medicina, en materiales aislantes, guantes protectores y zapatos de seguridad industrial.

El caucho más rígido es utilizado en carcasas de teléfonos, piezas de aparatos radiales, medidores eléctricos y empaques.

Su coeficiente de fricción alta en superficies secas y bajo en superficies húmedas es aprovechado para la fabricación de correas de transmisión; es decir, un material que ofrece un gran número de oportunidades para crear productos(“Industria del caucho,” n.d.). Capítulo 80 Industria del caucho. En: enciclopedia de la OIT, D - INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo), 2012. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliotecaitmsp/detail.action?docID=3204053>

10.17.10. Caucho sintético

Una sustancia que es elaborada de manera artificial con parecido al caucho natural, es obtenida a partir de la condensación y polimerización, aplicados a ciertos hidrocarburos insaturados, el caucho sintético posee unos compuestos llamados monómeros con una masa molecular baja que forman moléculas de gran tamaño conocidas como polímeros luego de fabricado el caucho sintético se vulcaniza. (Gonzalo Sampietro, Leonardo Rescia, 2000).

10.18. Origen caucho sintético

Fue desarrollado por el químico británico Charles Hanson Greville Williams en 1860 analizó que el caucho natural era un polímero del monómero isopreno, estudio que impulsó a que se trabajara con el isopreno como monómero, pero fue hasta 1930 que dos químicos Wallace Hume Carothers y Hermann Staudiger. Sacaron los estudios de los polímeros como moléculas gigantes enlazados en cadena compuestos por un número significativo de monómeros.

10.19. Tipos de caucho sintético

10.19.1. Neopreno

Fue desarrollado en 1931 resistente al calor, a los aceites e hidrocarburos, empleado para tuberías por las que circula petróleo, también como aislante de cables.

10.19.2. Buna

En 1935 obtenido como copolimerización, es usado como catalizador, es de gran utilidad para la resistencia a los aceites y a la abrasión, obtenido en la industria por la acción de la copolimerización de butadieno y estireno.

10.19.3. Caucho de butilo

Obtenido en 1949 como la copolimerización de isobutileno con butadieno o isopreno, se puede trabajar como caucho natural, aunque es muy difícil de vulcanizar y su flexibilidad no es cercana a la que ofrece el caucho natural, tiene resistencia a la oxidación y a la corrosión, es utilizado en los tubos interiores de las llantas de automóviles. (Gonzalo Sampietro, Leonardo Rescia, 2000).

10.20. Caracterización de compuestos de caucho sintético y caucho natural

La caracterización de los elementos del caucho parte de la evaluación de las propiedades de vulcanización inherentes a cada compuesto. El proceso de vulcanización se puede entender como el mecanismo por medio del cual se generan las uniones químicas entre cadenas poliméricas por medio de la formación de puentes de azufre, si se establece de esta manera la formulación, o la formación de cadenas entrecruzadas del mismo elastómero y sí en la formulación se emplean peróxidos. La reacción de la vulcanización puede ser lenta o no de acuerdo a la composición del caucho y a la temperatura que se emplea en el proceso (Yepes, Vásquez, Milena, Restrepo, & Carrascal, 2017).

10.21. Caucho a nivel mundial

El mayor productor de caucho a nivel mundial es Tailandia, logrando producir en 2010 un aproximado de tres millones de toneladas, seguido por Indonesia con 2.6 millones, un poco más abajo le siguen Malasia con 858 mil toneladas. En América el principal productor es Brasil con unas 133 mil toneladas al año, seguido de Guatemala, Ecuador y Bolivia.

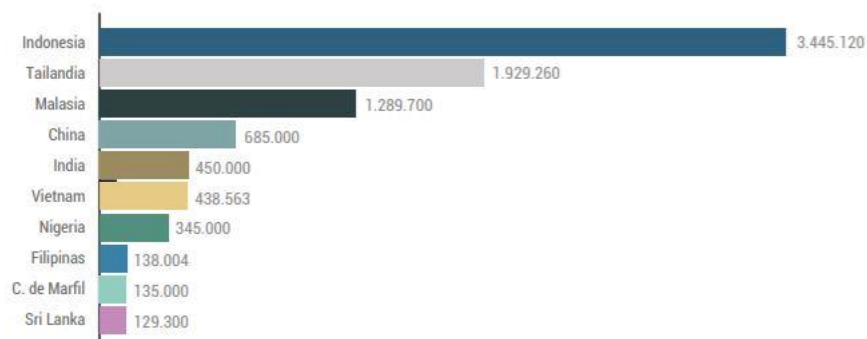
En términos económicos el caucho es una materia prima con un enorme potencial de crecimiento luego de 2009 las ventas pasaron de USD 23.926 millones a ventas por encima de los USD 37.815 millones en 2010 y viene en ascenso. El producto estrella de la industria del caucho son las llantas en donde el sector vende cerca del 60% de la materia prima producida, seguido por los tubos, las prendas de vestir, que siguen en ese orden de importancia.

10.22. Producción de caucho natural

Las mayores áreas cosechadas en el mundo se encuentran en Asia, donde Indonesia, Tailandia y Malasia encabezan la lista (“Industria del caucho,” n.d.).

Figura 7. Mayores áreas cosechadas de caucho natural 2010.

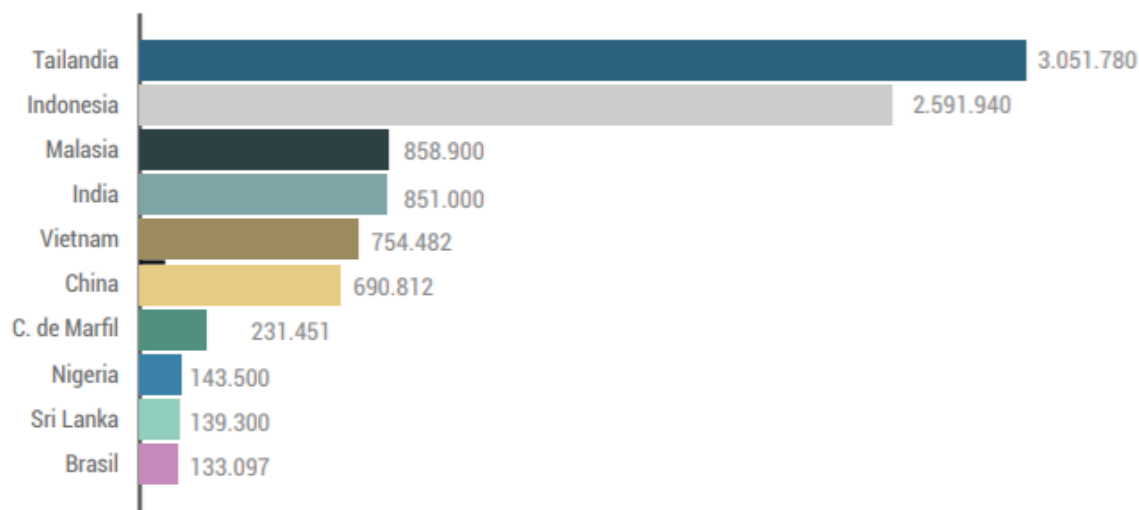
Mayores áreas cosechadas de caucho natural 2010 (ha)



7. Fuente FAO-Faostat, 2012).

Figura 8. Mayores productores mundiales de caucho.

Mayores productores mundiales 2010 (t)



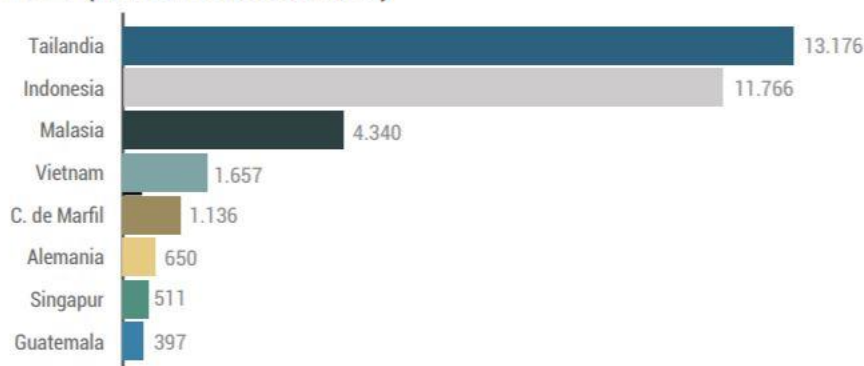
8. Fuente FAO-Faostat, 2012).

10.23. Exportaciones de caucho a nivel mundial

Es evidente que Tailandia es el principal dominador del mercado cauchero en el mundo en 2011 llegó a la cifra de USD 13.000 millones de las ventas globales de este producto.

Figura 9. Principales exportadores mundiales de caucho natural 2011.

Principales exportadores mundiales de caucho natural 2011 (millones de dólares)



9. Fuente FAO-Faostat, 2012)

10.24. Caucho en Colombia

Con la llegada de los acuerdos comerciales de apertura económica se generó gran expectativa en el país, se trataba de comercializar otro tipo de productos a los que ya había en el mercado, con la posibilidad de exportarlos libres de aranceles y poder llegar al mercado mundial.

A Estados Unidos el caucho y todos los productos procedentes de Colombia llegan por lo general libres de impuestos. Es de gran importancia analizar este factor, debido a que las plantaciones de caucho se han ido incrementando en el país y esto impulsará la industria del caucho. Según cifras del ministerio de agricultura la producción de caucho natural ascendió en 2011 a 9.630 toneladas, distribuidas en tres clases diferente caucho natural en lámina, el ripio o fondo de tasa y el caucho natural granulado.

Sin embargo, la producción de caucho natural resulta insuficiente para satisfacer la demanda de la industria, lo que ha provocado que el país tenga que importar cerca de 23.000

toneladas de este producto en sus distintas presentaciones, donde según el DANE el 95% del caucho consumido en Colombia es de origen extranjero.

Los principales departamentos productores de caucho natural son en su orden Meta, Santander, Caquetá, Antioquia ocupa un lugar intermedio con rendimientos muy inferiores a los primeros. Con esto podemos hacernos una idea de cuán lejos estamos de los países y regiones productivas de caucho.

Figura 10. Producción total por departamento.

Producción total por departamento (toneladas)

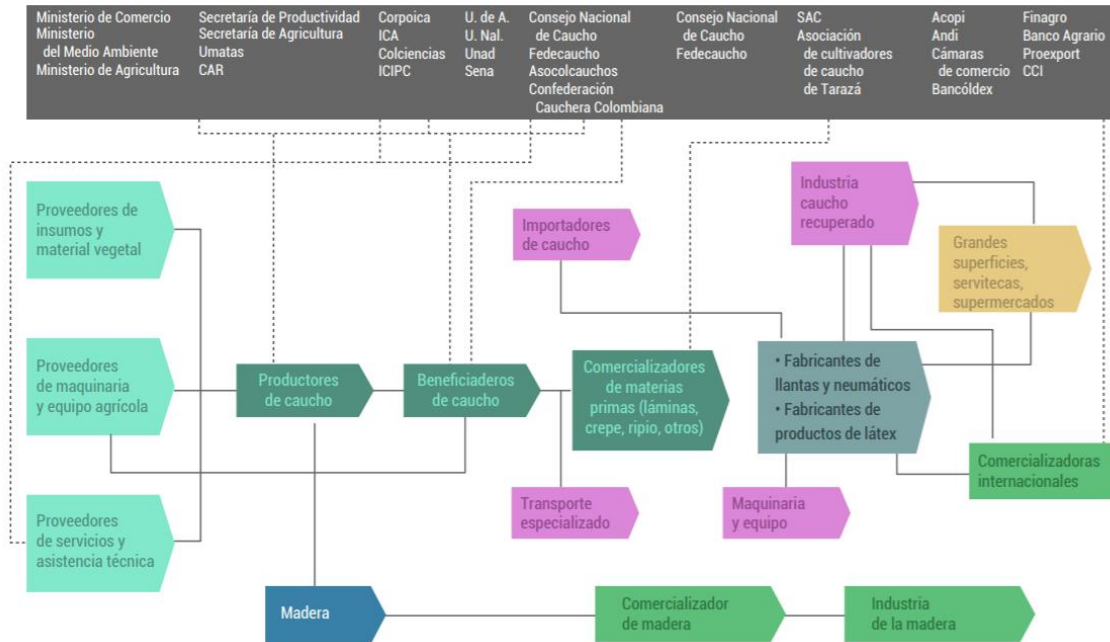


10. Fuente Agronet, MADR, 2012)

Fuente: Agronet –Red de Información y Comunicación del Sector Agrícola Colombiano-
<http://www.agronet.gov.co/Paginas/default.aspx>

10.25. Cadena productiva del caucho.

Figura 11. Cadena del caucho en Antioquia, 2012).



11. Fuente: Agrocadenas. La cadena del caucho en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Documento de Trabajo No. 63("Agronet Inicio," n.d.).

10.26. Tipos procesos de fabricación de suelas de caucho por compresión

La suela en el calzado es una pieza fundamental, debe tener características de ergonomía, de resistencia, y fricción, su importancia radica en que debe ser flexible, pero a la vez proteger el pie en su parte inferior. Por lo general se utiliza el caucho para fabricar las suelas para el zapato deportivo, aunque también son elaboradas en materiales como el plástico PVC o el TR o poliuretano.

10.26.1. Suelas de caucho

Son elaboradas mediante la presión que ejerce una prensa hidráulica a un molde con determinada figura y talla, también se emplea una alta temperatura unos 180° C para lograr el proceso de vulcanización, este proceso logra que la suela sea resistente a la abrasión, e impermeable.

Figura 12. Suela vulcanizada de caucho.



12. Elaboración propia.

10.26.2. Suelas de PVC

Están compuestas por resina de policloruro de vinilo (PVC) y Diotiltalato (DOP) son más pesadas y menos flexibles que las elaboradas con materiales como el caucho, no son duraderas y tienden a fracturarse pronto.

10.26.3. Suelas de poliuretano

Es obtenida a partir de la reacción de la mezcla de poliol y el isocianato, es ideal para la fabricación de suelas para el calzado femenino, debido a que es muy liviano.

10.26.4. Suelas en TR

Son suelas obtenidas a través de una goma termoplástica con base en el Estireno-Butadieno, que a unas temperaturas altas se convierten es flexibles y muy maleables.

10.26.5. Suelas materiales expandidos

Están conformadas por el PVC o el TR pero su diferencia está en que algunos componentes permiten que estos materiales se puedan expandir, lo hacen posible por el spancel o el celogen

, con esto se baja la densidad de la suela, aunque también se le disminuye la resistencia a la abrasión.

10.27. Moldeo de suelas por compresión.

10.27.1. Mezclado de componentes en molino

Se introduce el caucho dentro de un molino con dos rodillos que giran en direcciones contrarias, has que el caucho adquiera por medio de la fricción y el aumento de temperatura homogeneidad, para luego agregar el resto de componentes y mejorar su incorporación, esto duran un 30 minuto.

La mezcla ya toma una forma compacta, se divide en láminas para ser enfriada por unos 25 minutos; luego esta lámina es introducida nuevamente al molino con un agente en polvo que acelerará el proceso de vulcanización, de allí sale con un calibre más delgado y se dispone a ser utilizado por los colaboradores en la etapa de moldeo por medio de la prensa.

Figura 13. Pasta de caucho lista para vulcanizar



13. elaboración propia.

10.27.2. Vulcanización de la mezcla de caucho

El moldeo en prensa o por compresión se traduce en la fabricación de una suela por medio de una cavidad de un molde, en la cual se introduce una mezcla de caucho y activadores en estado crudo, luego de esto el molde se cierra y se prensa por unos 3 minutos. La temperatura y la presión hacen que esta mezcla tome la forma de la cavidad, por medio de la vulcanización, la presión es reducida la prensa se abre y en el molde queda la figura de la suela para seguir el proceso de corte y pulido. Las prensas que son utilizadas para esta labor son las prensas de plato inferior ascendente impulsadas por un pistón en la parte inferior subiendo la placa por medio del sistema hidráulico hasta que se juntan las dos planchas con la temperatura transmitiendo el calor y la presión suficiente para lograr vulcanizar el producto. (Conocimiento propio del proceso en creatum s, a).

Figura 14. Prensa hidráulica para caucho.



14. elaboración propia.

“Durante la vulcanización, los polímeros lineales paralelos cercanos constituyen puentes de entrecruzamiento entre sí. El resultado final es que las moléculas elásticas de caucho quedan unidas entre sí a una mayor o menor extensión. Esto forma un caucho más estable, duro, mucho más durable, más resistente al ataque químico y sin perder la elasticidad natural. También transforma la superficie pegajosa del material en una superficie suave que no se adhiere al metal o a los sustratos plásticos.” (Le Bras, 2003).

10.27.3. Corte y pulida de suelas bandas y tapetes

El proceso se hace para retirar el exceso de material con el que salen las suelas, bandas o tapetes, este exceso de material luego se convierte en un desperdicio y no es aprovechado por la empresa lo cual se convierte en una problemática ambiental, debido a que el caucho vulcanizado es una mezcla de caucho natural, activadores y cauchos sintéticos, que en la industria es difícil de ingresar nuevamente al ciclo de vida de nuevos productos.

Figura 15. Desperdicio de caucho vulcanizado luego de la pulida



15. Elaboración propia.

10.27.4. Inspección y empaque del producto

Es la etapa donde un colaborador verifica la calidad de la suela, su forma, el corte y características de formales, evitando el producto no conforme en la selección de embalaje que se despachará a los clientes, se clasifica por referencias y colores, con un rotulo de identificación. En esta etapa termina el ciclo productivo del caucho dentro de la planta.

11. Estado del arte

Se abordan los estudios e investigaciones que se han realizado para alargar la vida útil, del caucho y mejorar las condiciones de fin de uso que se les da a este material, el impacto que se puede lograr al ecosistema con procesos encaminados a ser sostenibles.

11.1. Procesos de aprovechamiento del caucho por medio del agregado de residuo de llantas

Las llantas tienen grandes características como la resistencia a altas presiones, la resistencia a la abrasión y a las cargas estos factores hacen del material el idóneo para ser utilizado luego de su vida útil, pero el inconveniente más grande que tiene son la serie de materiales que conforman su interior, acero, fibras textiles y cauchos. La trituración criogénica se ha venido aplicando en países industrializados desde hace ya más de 50 años y permite obtener unos gránulos de caucho pequeños no tóxicos y libres de fibras y acero (“Mundo Limpio | Reciclaje de llantas usadas | Trituración de llantas,” n.d.).

11.1.1. Evaluación del desgaste por abrasión de una mezcla drenante modificada con residuo de llanta triturada (GCR)

Son definidas las mezclas asfálticas drenantes las que poseen vacíos que oscilan entre 20% y 25%, y emplea como ligante, un asfalto que tiene una modificación por un polímero elastomérico. se evaluó el efecto de temperatura de mezcla entre el asfalto modificado con GCR y material pétreo a temperaturas entre (160°C y 170°C) y la variación de las temperaturas de

compactación para cada una de ellas (110|C, 130°C, 150°C) y (150°C, 160°C, 170°C), se evaluaron en laboratorio, la resistencia por abrasión (ensayo Cántabro) y la rigidez bajo la carga monofónica (ensayo Marshall) y cíclica (módulo Resiliente) la cual experimentó una mezcla asfáltica drenante MD fabricado con asfalto modificado con grano de caucho de llanta (GCR) por vía húmeda (se modifica el asfalto con GCR a una temperatura alta). Para la prueba se utilizó como base de asfalto cemento CA60-70(PG 64-22).

11.1.2. Antecedentes sobre asfalto –GCR (granulo de caucho reciclado)

La modificación del asfalto es una técnica que ha sido utilizada en el mundo buscando una mejor respuesta (Rondón y Fernández y Castaño, 2014). Desde 1840 aparecen las técnicas de modificar los ligantes asfálticos lo que da muestra que se viene trabajando con gran interés desde hace mucho tiempo. En Colombia actualmente se cuenta con las especificaciones del Instituto Nacional de Vías (Invías) (2013, artículo 413-13) para la caracterización de cementos asfálticos modificados con GCR. La importancia de la incorporación de material reciclado es aumentar las propiedades mecánicas especialmente en vías que son sometidas a unas muy altas temperaturas y tráfico pesado.

11.1.3. Objetivo del estudio

La mayoría de los estudios sobre la modificación de mezclas asfálticas con GCR se han realizado en mezclas de concreto asfáltico de tipo denso y en caliente, a diferencia de este último, el objetivo fue evaluar la resistencia al desgaste por abrasión, la resistencia monotónica y la rigidez

bajo la carga cíclica que desarrolla una mezcla asfáltica drenante cuando se modifica por vía húmeda y arrojó las siguientes conclusiones.

- La viscosidad y rigidez aumenta en la base del cemento asfáltico cuando se le adiciona GCR por vía húmeda
- La resistencia bajo carga monotónica y la rigidez bajo la carga la mezcla drenante incrementa significativamente cuando se modifica con GCR.
- El mejor comportamiento de la mezcla analizada se alcanzó cuando se empleó un contenido de asfalto CA=4,5 % en peso, GCR/CA=17 % en peso, temperatura de mezcla entre el asfalto y el GCR por vía húmeda de 170 °C y temperatura de mezcla entre el asfalto modificado y el agregado pétreo de 170° C, con una temperatura de compactación de 160°C(Tecnura, 2016).

11.2. Estudio del comportamiento mecánico del concreto, sustituyendo parcialmente el agregado fino por caucho molido recubierto con polvo calcáreo

Adicionar caucho granulado a las mezclas de concreto es una técnica que no lleva mucho tiempo en la industria de la construcción, pero que causa gran impacto debido a la creciente demanda de insumos en este sector económico. En un futuro es probable que se convierta en una posibilidad para disminuir la contaminación que generan los neumáticos fuera de uso, a la vez que disminuye la cantidad de agregados finos que deben ser explotados como insumos para la elaboración de las mezclas de concreto(Valencia, 2015).

11.2.1. Propiedades y componentes del concreto

Es un conjunto elementos agua, aire y cemento dando como resultado una mezcla de hormigón que tiene propiedades de cohesión adhesión y mejoran el aglutinamiento de los materiales, los cementos pueden ser de diferentes tipos dependiendo de su composición química, los agregados son otros elementos que hacen parte de la estructura como tal del concreto pueden ser finos o gruesos dependiendo de su granulometría definidos como materiales inertes que tienen sus resistencia propia, se constituyen como el material de relleno y proporcionan parte de la resistencia a la compresión del hormigón.(Holcim,2013).

11.2.2. Polvo calcáreo

Es un conjunto partículas divididas finamente que provienen de la trituración de rocas minerales y molienda de agregados (Salgado Barra & Momm, 2099) con propiedades de cohesión y adherencia, se utilizó para aprovecharlas en la mezcla con caucho.

11.2.3. Normas NTC

Para llevar a cabo los procesos de experimentación las normas NTC son las que rigen la normatividad en este caso y son creadas por el Icontec, son reglamentos de las condiciones que deben tener los materiales para las funciones que van a desarrollar en la industria

11.2.4. Caracterización de los agregados finos y gruesos

Se hizo una clasificación de los materiales donde el caucho granulado fue tomado como agregado fino, pero para la determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas se tomó como agregado grueso.

11.2.5. Ensayo para caracterización de agregados finos

Figura 16. Ensayo para caracterización de agregados finos.

Nombre del Ensayo	No. Ensayo NTC	Descripción.
Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos	77	Esta norma abarca la determinación de la distribución de los tamaños de las partículas que componen los agregados finos y gruesos, a través de un proceso de tamizado.
Método para determinar la densidad y la absorción del agregado fino	237	Esta norma este método de ensayo cubre la determinación de la densidad aparente y nominal, a una condición de temperatura de 23°C a +- 2°C y la absorción del agregado fino.

16. Fuente. Eraso Valencia, H., & Ramos Rojas, N. (2015).

11.2.6. Ensayo para caracterización de agregados gruesos

Figura 17. Ensayo para caracterización de agregados gruesos.

Nombre del Ensayo	No. de ensayo NTC	Descripción.
Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos	77	Esta norma abarca la determinación de la distribución de los tamaños de las partículas que componen los agregados finos y gruesos, a través de un proceso de tamizado.
Método de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso	176	Este ensayo tiene por objeto determinar la densidad y la absorción del agregado grueso. La densidad se puede expresar como densidad aparente, densidad aparente SSS (saturada y superficialmente seca), o densidad nominal.
Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de agregados.	92	Esta norma determina la masa unitaria en condición compactada o suelta y el cálculo de los vacíos entre las partículas de agregados finos, gruesos o mezclados

17. Fuente. Eraso Valencia, H., & Ramos Rojas, N. (2015).

11.2.7. Resultados y recomendaciones

- El contenido con reemplazo de caucho molido por agregado fino, presentó un mayor asentamiento en estado fresco sin solidificar, a mayor contenido de caucho en la mezcla su asentamiento es más representativo.
- El módulo de elasticidad disminuyó a medida que el porcentaje de caucho fue aumentando en la mezcla y la resistencia a la compresión bajó.
- La mezcla ideal para ser utilizada y que presentó mejor resistencia a la compresión, fue la que utilizó polvo calcáreo y un 15% de caucho molido

- La mezcla de agregado fino presentó fracturas en el momento de ser ensayadas, pero no se separaron gracias a las propiedades de ductilidad del caucho y la capacidad de absorber energía.

Eraso Valencia, H., & Ramos Rojas, N. (2015). Estudio del comportamiento mecánico del concreto, sustituyendo parcialmente el agregado fino por caucho molido recubierto con polvo calcáreo. Pontificia Universidad Javeriana, Cali.

11.3. Diseño de espacios interiores a partir de la experimentación con láminas de caucho reciclado.

Un trabajo que permite las bondades y características de las láminas de caucho reciclado y su impacto en medio ambiente para posteriormente identificar las condiciones reales del material en el contexto local, el proceso de experimentación muestra posibles aplicaciones expresivas, que se pueden lograr en espacios interiores, para lograr obtener una propuesta formal de diseño interior para un caso concreto(Ordóñez Cordero, 2017).

11.3.1. Innovación y diseño

La palabra diseño se refiere a la necesidad, funcionalidad, utilidad, uso, y estética. Por su parte la innovación se define como el esfuerzo creativo que busca combinar o transferir soluciones que dan como resultado la producción de algo completamente nuevo, la innovación implica conocimiento percepción profunda de una necesidad planteada o la oportunidad que se presenta en un determinado contexto para proponer un cambio. (Malo, 2002).

11.3.2. Materiales utilizados en el diseño interior

El hombre desde sus inicios ha tratado construir su habitad con materiales que ha extraído de la naturaleza, como las piedras, la madera, y tierra; con la evolución en su pensamiento y la respectiva industrialización logró incorporar materiales como el plástico y el vidrio, hasta llegar a desarrollar materiales compuestos de mayor complejidad.

11.3.3. Láminas de caucho como material alternativo

Las láminas de caucho reciclado se obtienen a partir de la selección, para convertirlos en caucho triturado, para luego ser vulcanizadas, las láminas de caucho cumplen con todos los requerimientos, de seguridad confort y estética.

- Es aislante eléctrico, posibilita el cumplimiento de las normas de seguridad
- Aislante térmico permitiendo crear climas adecuados durante todas las épocas del año
- Mantenimiento son fáciles para limpiar si se ubican en lugares de alto tránsito
- Confortables para ubicar en lugares donde se requieren como reemplazo de pisos.

El estudio tomo el proceso del desbrozamiento para generar las láminas de caucho que se utilizaron en los ensayos para lo que hicieron tres nuevas formulaciones donde estaba incluido el caucho vulcanizado en diferentes porcentajes dentro de mezcla con caucho virgen. Luego de las pruebas realizadas el caucho reciclado es un material trabajable para las propuestas de aplicación en espacios reales esto debido a que no se requiere que las láminas de caucho tengan todas las características de deformación.

Las láminas de caucho con una buena técnica de patrones o matrices ayudan verdaderamente a mejorar la expresividad del espacio, y por el gran número de formas volumétricas y texturas que se pueden obtener.

El reciclaje del caucho de las llantas, por medio de láminas de caucho es amigable con el medio ambiente y se convierte en un punto de partida para propiciar diseños con innovación, para ser incluidos en procesos de industrialización responsable con el medio ambiente.

Alejandra Ordoñez Cordero. (2017). Diseño de espacios interiores a partir de la experimentación con láminas de caucho molido. Universidad del Azuay, Cuenca Ecuador.

12. Requerimientos de diseño

Tabla 3. Requerimientos de diseño. Elaboración Propia.

Uso					
Requerimiento	Factor determinante	Factor determinado	Subparámetro	cuantificación	Ilustración
Seguro para la manipulación	Sin aristas ni puntas agudas	bordes redondeados		1	

Función					
Requerimiento	Factor determinante	Factor determinado	Subparámetro	cuantificación	Ilustración
Tener en cuenta la flexibilidad del producto	Esfuerzos físicos	Por esfuerzos de tensión, flexión		1	

Estructurales					
Requerimiento	Factor determinante	Factor determinado	Subparámetro	cuantificación	Ilustración
Debe contemplarse los tipos de mezclas	Los porcentajes de caucho reciclado y virgen en la composición	Procesos de vulcanizado		1 formulación	

Técnico - productivos					
Requerimiento	Factor determinante	Factor determinado	Subparámetro	cuantificación	Ilustración
Tomar en cuenta los estándares de los cauchos	Composición química de caucho virgen y reutilizado	Temperatura y azufre			

Formales					
Requerimiento	Factor determinante	Factor determinado	Subparámetro	cuantificación	Ilustración
Debe considerarse la superficie del producto	Los artículos de caucho poseen textura suave	Los porcentajes de caucho			

13. Etapa práctica

El caucho en la industria puede usarse en diferentes procesos y áreas, por lo tanto, inicialmente se debía optar por desarrollar un producto donde se pudiera obtener características funcionales ergonómicas y en el cual se viera reflejado un impacto en el mercado dentro de los requerimientos de sostenibilidad.

Se empezó entonces por escoger entre productos donde el caucho tuviera un porcentaje importante de su materia prima y que nos llevara a obtener los resultados de la investigación del caucho reciclado y así evaluar el producto final. Un análisis sobre poleas, correas, empaquetaduras, accesorios y revestimientos con cauchos dio como resultado que el sector para analizar el producto más idóneo con caucho vulcanizado es el sector de los accesorios de los accesorios de bicicleta dado el aumento que ha tenido en los últimos años; tenemos entonces que, en 2016 y 2017 el sector tuvo un aumento de ventas de hasta un 25%, según la revista dinero, que le da el nombre de la nueva época dorada de la bici. La importancia que cobra el cambio de uso de medio de transporte en las grandes ciudades debido a la contaminación, hace atractiva la bicicleta para el usuario y que mejora área para crear un proyecto con características sostenibles que esta.

Se hizo una entrevista no estructurada y una encuesta utilizando el método KANO donde diez usuarios de bicicleta entre los que se contaban cinco de la empresa creatum accesorios y cinco amigos que utilizan la bicicleta la bicicleta para su transporte diario o para practicar deporte o de manera esporádica como elemento de distracción.

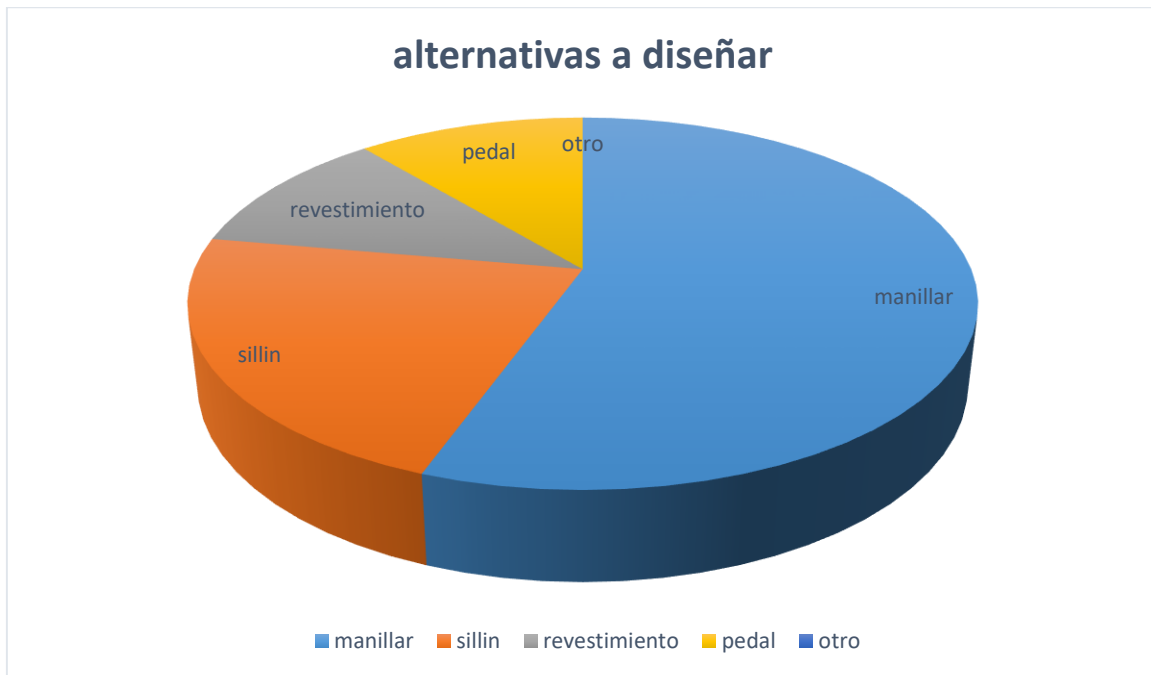
Se les preguntaba sobre la importancia de los accesorios dentro de las bicicletas e indagando cómo se podría incorporar un artículo de caucho dentro de los mismos.

Las soluciones que tomaron más fuerza fueron;

- Los revestimientos de pedales,
- Láminas de caucho para proteger el marco de la bicicleta.
- Los manillares.
- Elemento antideslizante en el sillín.

Teniendo clara la idea que los usuarios buscaban en los accesorios para bicicleta se generaron una serie de alternativas enfocadas en la utilización del caucho

Figura 18. Alternativas a diseñar.



18. Elaboración propia.

13.1. Alternativas de diseño

El mayor porcentaje de usuarios mostró una inclinación hacia el manillar elaborado en caucho, en segundo lugar, accesorios para el sillín. A partir de esto se empezó por obtener información de lo que esperaban de un manillar de caucho, que atributos debía tener y que el usuario se sintiera bien con el producto esto con la ayuda del método KANO

Figura 19. Estructura método Kano.

ATRIBUTOS			Me gustaría	Es algo básico	Me da igual	Nome gusta, pero lo tolero	No me gusta y no lo tolero
			1	2	3	4	5
Requerimientos funcionales (Positivas)	Me gustaría	1	Q	A	A	A	O
	Es algo básico	2	R	I	I	I	M
	Me da igual	3	R	I	I	I	M
	Nome gusta, pero lo tolero	4	R	I	I	I	M
	No me gusta y no lo tolero	5	R	R	R	R	Q

19. Fuente. Tabla evaluación método KANO `<iframe width="640" height="360" src="https://www.youtube.com/embed/_ZgFEur-vLA" frameborder="0" allow="autoplay; encrypted-media" allowfullscreen></iframe>`.

Atributo para el cliente

A	Atractivo	O	Unidimensional
M	Obligatorio	Q	Cuestionable
R	Opuesto	I	Opuesto

13.2. Tabulación de encuesta

Tabla 4. Tabulación encuesta método kano. Elaboración Propia.

		clientes encuestados				
preguntas funcionales po		1	2	3	4	5
1		1	1	1	1	1
2		1	1	1	1	1
3		3	3	3	4	4
4		3	3	3	3	3
5		3	4	3	4	3
6		3	3	3	3	3
7		2	2	2	2	2

13.3. Tabulación método KANO

Tabla 5. Tabulación resultados método kano. Elaboración Propia.

		Clientes encuestados				
		1	2	3	4	5
Atributos eva	1 A	A	A	A	A	
	2 R	O	O	O	O	
	3 I	I	R	I	I	
	4 I	I	I	I	I	
	5 I	I	I	I	I	
	6 I	I	I	I	I	
	7 M	M	M	M	M	
	8 I	I	I	I	I	

13.3.1. Resultados método KANO

Las preguntas sobre el manillar fueron las siguientes y a cada una se les asigna un número para mostrar los resultados de cada ítem

- Si el manillar tuviera forma ovalada o elipsoide -1
- Un manillar con forma ergonómica -2
- Si el manillar posee materiales diferentes al caucho-3
- Un manillar con mecanismos -4
- Manillar con amarres y ensambles-5
- Un manillar con una dimensión superior a la de la mano-6
- Manillar con resistencia a la fricción-7
- Un manillar con dos o más piezas-8

13.3.2. Tabla de resultados método KANO

Tabla 6. Requerimientos de la Propuesta ganadora método kano. Elaboración Propia.

	A	O	M	R	Q	I	Total	Calificación
1	9	0	0	0	0	1	10	A 90%
2	0	6	3	1	0	0	10	O 60%
3	0	0	1	1	2	6	10	I 60%
4	0	0	0	2	0	8	10	I 80%
5	0	0	0	1	3	6	10	I 60%
6	0	0	3	0	0	7	10	I 70%
7	0	3	7	0	0	0	10.	M 70%
8	0	0	0	1	0	9	10	I 90%

Los resultados demuestran que los usuarios se mostraron indiferentes en 5 de los ítems de diseño que se les propuso, sin embargo, toman en cuenta que el manillar debe tener forma elipsoide y con un diseño ergonómico y adaptable a la mano

13.4. Evaluación de alternativas

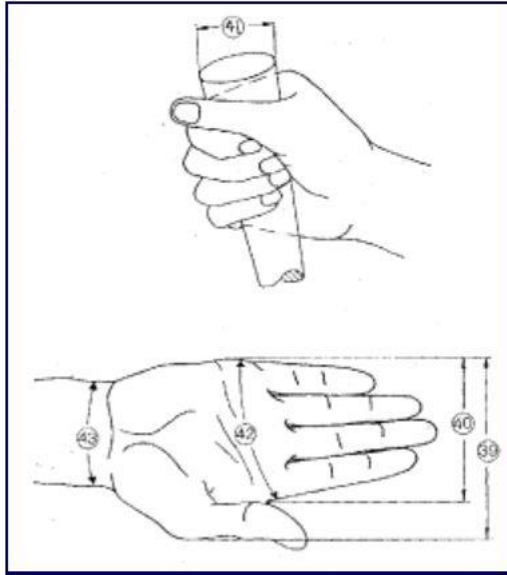
Luego de este proceso se dio vía libre a la elaboración de propuestas de diferentes manillares con formas orgánicas, funcionales y donde se vieran reflejadas las características estéticas propias de un artículo para la dirección de una bicicleta. Tres diseños previamente analizados mostraron que las formas curvas toman un protagonismo en la elaboración de un manillar para bicicleta, al lado de la resistencia y el desempeño, también se tuvo en cuenta los procesos de fabricación y requerimientos de partes o complementos para el manillar

13.5. Modelación 3d

El resultado obtenido muestra un artículo diseñado teniendo en cuenta formas orgánicas, la seguridad, con resistencia a la fricción, duradero en el tiempo y en su totalidad elaborado con caucho, donde se va a utilizar caucho vulcanizado como parte de materia prima.

Las medidas fueron validadas según el percentil de la mano tanto en hombres como mujeres con referentes tomados de manillares de bicicletas de montaña.

Figura 20. Percentil mano.



20. Fuente José Luis Melo ergonomía aplicada a las herramientas (2002),

Figura 21. Dimensiones en centímetros de percentil.

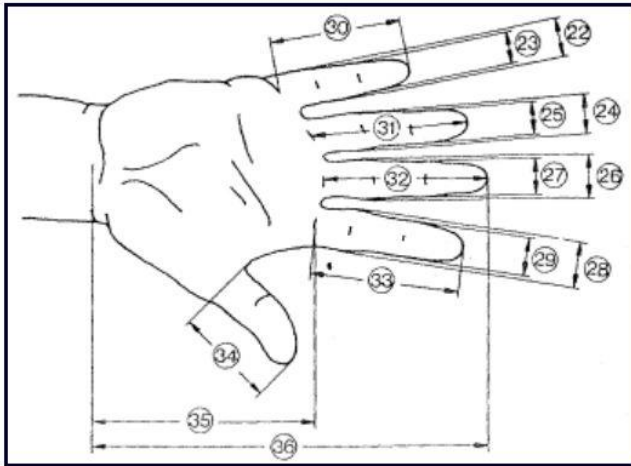
Dimensiones En cm. PERCENTIL
Hombres Mujeres

Dimensiones En cm.	PERCENTIL					
	Hombres			Mujeres		
	5 %	50 %	95 %	5 %	50 %	95 %
39 Ancho de la mano incluyendo dedo pulgar	9,8	10,7	11,6	8,2	9,2	10,1
40 Ancho de la mano excluyendo el dedo pulgar	7,8	8,5	9,3	7,2	8,0	8,5
41 Diámetro de agarre de la mano*	11,9	13,8	15,4	10,8	13,0	15,7
42 Perímetro de la mano	19,5	21,0	22,9	17,6	19,2	20,7
43 Perímetro de la articulación de la muñeca	16,1	17,6	18,9	14,6	16,0	17,7

* Las medidas corresponden al anillo descrito por los dedos pulgar e índice

21. Fuente José Luis Melo ergonomía aplicada a las herramientas (2002).

Figura 22. Percentil mano.



22. Fuente José Luis Melo ergonomía aplicada a las herramientas (2002).

Figura 23. Dimensiones en centímetros del percentil.

Dimensiones En cm.		PERCENTIL					
		Hombres			Mujeres		
		5 %	50 %	95 %	5 %	50 %	95 %
22	Ancho del meñique en la palma de la mano	1,8	1,7	1,8	1,2	1,5	1,7
23	Ancho del meñique próximo de la yema	1,4	1,5	1,7	1,1	1,3	1,5
24	Ancho del dedo anular en la palma de la mano	1,8	2,0	2,1	1,5	1,6	1,8
25	Ancho del dedeo anular próximo a la yema	1,5	1,7	1,9	1,3	1,4	1,6
26	Ancho del dedo mayor en la palma de la mano	1,9	2,1	2,3	1,6	1,8	2,0
27	Ancho del dedo mayor próximo a la yema	1,7	1,8	2,0	1,4	1,5	1,7
28	Ancho del dedo índice en la palma de la mano	1,9	2,1	2,3	1,6	1,8	2,0
29	Ancho del dedo índice próximo a la yema	1,7	1,8	2,0	1,3	1,5	1,7
30	Largo del dedo meñique	5,6	6,2	7,0	5,2	5,8	6,6
31	Largo del dedo anular	7,0	7,7	8,6	6,5	7,3	8,0
32	Largo del dedo mayor	7,5	8,3	9,2	6,9	7,7	8,5
33	Largo del dedo índice	6,8	7,5	8,3	6,2	6,9	7,6
34	Largo del dedo pulgar	6,0	6,7	7,6	5,2	6,0	6,9
35	Largo de la palma de la mano	10,1	10,9	11,7	9,1	10,0	10,8
36	Largo total de la mano	17,0	18,6	20,1	15,9	17,4	19,0

Medidas respectivamente en la articulación (Según Norma DIN 33 402. 2º parte)

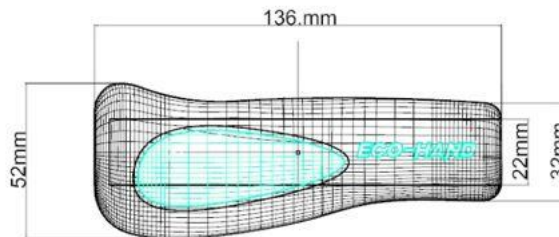
23. Fuente José Luis Melo ergonomía aplicada a las herramientas (2002).

13.5.1. Modelación 3d

La propuesta final tiene la forma y las características, de momento está sujeta a unos cambios para los procesos industriales por esta razón tiene medidas generales y dimensiones para mostrar cómo puede llegar a quedar los planos generales y técnicos se suministrarán el 23 de abril de 2018 y si es posible tener el producto tangible.

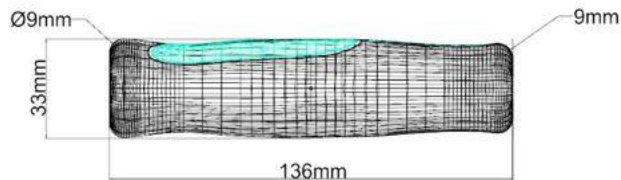
ECO - HAND

Figura 24. Vista superior de manillar.



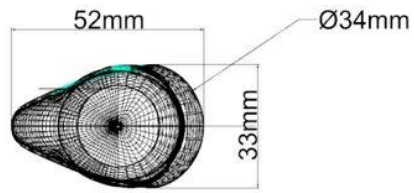
24. Elaboración propia.

Figura 25. Vista frontal de manillar.



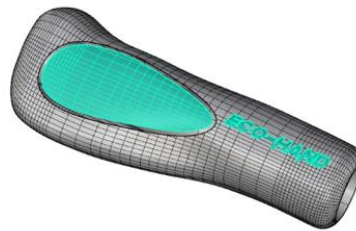
25. Elaboración propia.

Figura 26. Vista lateral manillar.



26. Elaboración propia.

Figura 27. Vista isométrica manillar.



27. Elaboración propia.

14. Fabricacion, validación de la propuesta

14.1. Generalidades de la implementación del caucho reutilizado

Para la prueba piloto se utilizó caucho vulcanizado de la zona de almacenamiento de producto no conforme. En su totalidad de tono negro para garantizar una mejor incorporación del material en la mezcla de caucho fueron 1600 gramos de producto no conforme que fueron triturados en un molino marca COMERIO que tiene una capacidad de 60 kilogramos, con las masas del molino con 1 milímetro de apertura para lograr el tamaño de partícula deseado para la prueba.

El material pulverizado se incorpora a 400 gramos de caucho virgen en una proporción de 80-20 para crear lo que se denomina un master rebaba.

Las mezclas elaboradas fueron procesadas en un molino marca COMERIO con capacidad de 60 kilogramos, para luego ser vulcanizadas en una prensa hidráulica con platos de 400 mm x 400 mm y una capacidad en presión de 2200 psi.

Se mantuvo el método estándar para la reometría de vulcanización.

Lo referente a las pruebas de resistencia a la abrasión, densidad, pesos específico y resistencia a la flexión, se llevaron a cabo en los laboratorios del centro del cuero y del calzado SENA.

La parte de diseño del molde fue llevado a cabo, mediante los software de dibujo, rhino y de mecanizado máster Cam versión 15.

Dos bloques de aluminio de 230mm x 230mm x 60mm, y un eje de 400mm x 22mm.

14.2. Formulaciones

La formulación más utilizada en la compañía Creatum se le incorporó el porcentaje de máster rebaba, en la primera se incorporó un 20% en la segunda un 40%, a continuación, se muestra la tabla con los porcentajes con la fórmula inicial.

Figura 28. Formulaciones a probar empleadas en creatum s.a.

Compuestos	PHR (parte por 100 de caucho)		
	Formula A (original)	Formula B	Formula C
Caucho Natural	25,00	25,00	25,00
Caucho Sintético 1502	75,00	71,00	71,00
Master Rebaba	0,00	20,00	40,00
Silica Rubersil	58,00	58,00	58,00
Polietilenglicol	2,90	2,90	2,90
Aceite Parafínico	15,00	15,00	15,00
Colofonia	4,00	4,00	4,00
Antioxidante no Manchante	0,45	0,45	0,45
Aroma Chicle	0,30	0,30	0,30
Oxido de Zinc activo	3,25	3,25	3,25
Acido Esteárico	1,25	1,25	1,25
Acelerante DPG	1,15	1,15	1,15
Acelerante MBT	1,15	1,15	1,15
Azufre	1,50	1,50	1,50
Total PHR	188,95	204,95	224,95

28. Elaboracion. Elkin Sánchez, Creatum S.A.

14.3. Mezclas

Para la prueba la mezcla de elementos se realizó de la siguiente manera:

- Cauchos incluyendo el máster rebaba hasta lograr homogeneidad azufre y antioxidante.
- Sílice, polietilenglicol y aceite.
- Óxido de zinc, ácido esteárico y activantes

El proceso de mezcla en los molinos es de aproximadamente 20 minutos.

Tiempos de vulcanización en el molde fue de 6 minutos a una temperatura de 155°C

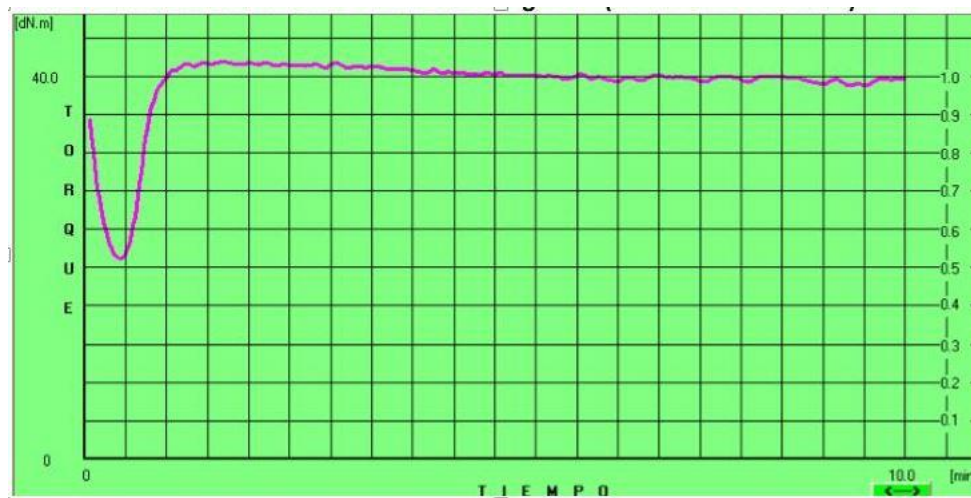
14.4. Hallazgos de las pruebas

Los resultados obtenidos con el manillar de caucho, demuestran que la mezcla que contiene un 40% de máster rebaba en su composición, conserva características de resistencia, flexión, desempeño y porcentaje de deformación, similares a la fórmula original sin material reutilizado, no presenta degradación, fracturas en su estructura y que por el contrario conserva sus propiedades con la temperatura.

Con una temperatura de 160°C este es el comportamiento de las tres fórmulas

Reometría vulcanización fórmula original

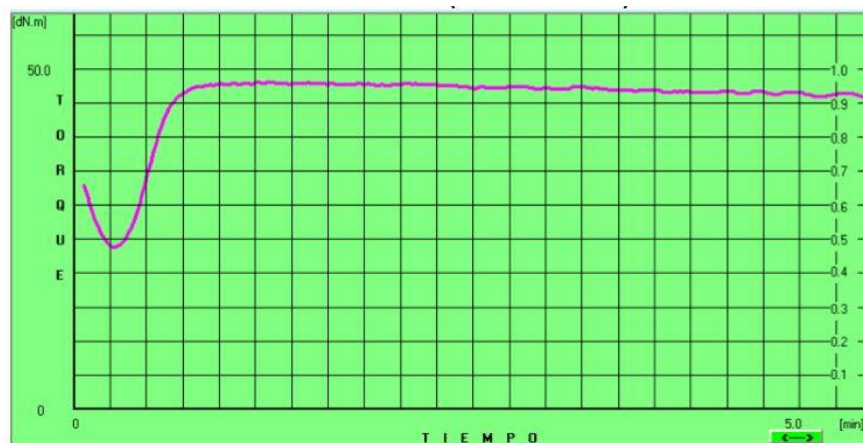
Figura 29. Vulcanización fórmula original.



29. Elaboracion. Elkin Sánchez, Creatum S.A.

Reometría vulcanización fórmula con 20% de master rebaba

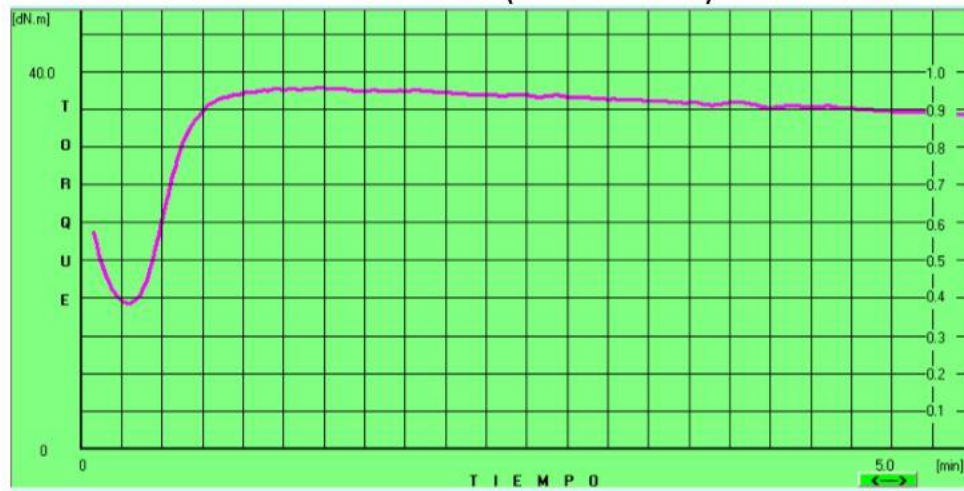
Figura 30. Vulcanización fórmula con 20% de master rebaba.



30. . Elaboracion. Elkin Sánchez, Creatum S.A.

Reometría vulcanización fórmula con 40% de master rebaba

Figura 31. Vulcanización fórmula con 40% de master rebaba.



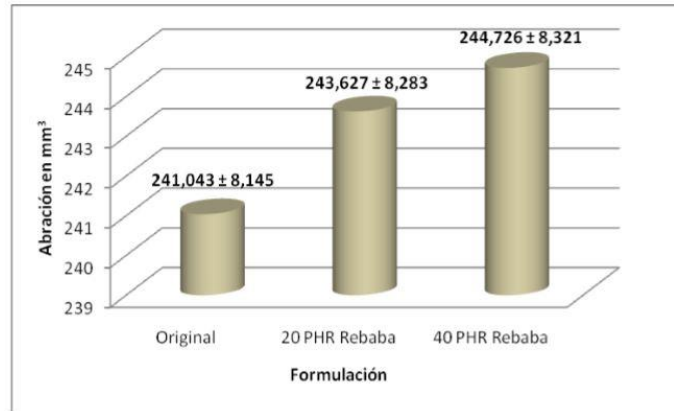
31. Elaboracion. Elkin Sánchez, Creatum S.A.

Las figuras anteriores muestran un comportamiento similar de las tres fórmulas con variaciones que se encuentran dentro del rango aceptado por la norma ASTM DS 289. La incorporación de master rebaba como se denomina no interfiere ni altera la curva geométrica, por lo tanto es factible de utilizar en procesos que involucren utilizar caucho para nuevos productos.

14.5. Resultados resistencia a la abrasión

Se evidencia un deterioro leve en la resistencia a la abrasión, pero está dentro de la desviación Estándar en todas las pruebas.

Figura 32. Resultados de resistencia a la abrasión

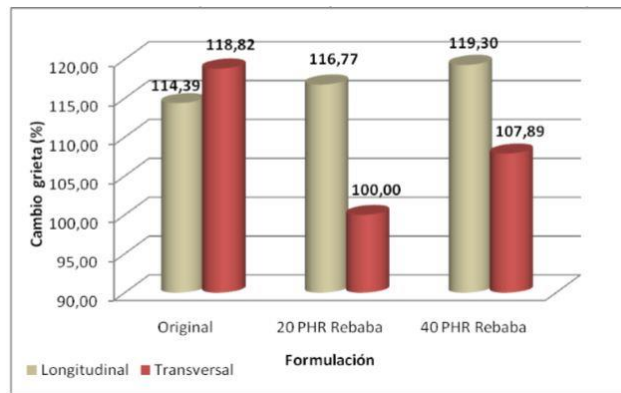


32. Elaboracion. Elkin Sánchez, Creatum S.A.

14.6. Resultados resistencia a la flexión

Según la norma UNE 59900 del numeral 4.6, una perforación no debe tener un incremento superior a los 10mm, luego de 3000 ciclos de flexión continuada. En el ensayo los incrementos fueron de 0.23mm en la primera fórmula, de 0.12mm en la segunda y la tercera tuvo 0.17mm, dando como resultado el cumplimiento de las tres fórmulas.

Figura 33. Resultados de resistencia a la flexión.



33. Elaboracion. Elkin Sánchez, Creatum S.A.

14.7. Análisis del procesamiento del material

El material caucho vulcanizado, o producto no conforme se puede introducir nuevamente al ciclo productivo por medio de la elaboración de master, donde el material tiene un proceso de homogenización con los cauchos, haciendo más exitosa su incorporación en la mezcla, aunque tarda el proceso un poco más respecto a las mezclas vírgenes no es un factor determinante para no utilizar esta opción, por el contrario la mezcla con caucho vulcanizado tiene un comportamiento similar a la mezcla original, y puede ser empleada para la elaboración de productos de caucho, conservando características de resistencia, abrasión, durabilidad y desempeño.

14.8. Validación de costos y beneficios

Con la incorporación de material vulcanizado o producto no conforme, no solo se aprovecha materia prima, además de esto la utilización de insumos se disminuye hasta en un 16% en la elaboración de una mezcla de 19 kilogramos, la más utilizada por la compañía,

El manillar propuesto para la prueba con caucho utiliza 99.5gramos de pasta y su desperdicio puede volver a procesarse.

Figura 34. Análisis de materia prima y costo del manillar.

ANÁLISIS DE MATERIA PRIMA Y COSTO DEL MANLLAR												
Nº	PASTA	PORCENTAJE	PORCENTAJE	PORCENTAJE	TOTAL/ GRAMOS	TOTAL/ GRAMOS	TOTAL/GRAMOS	\$ / GRAMOS	COSTO	COSTO	COSTO	
		A	B	C	MATERIAL A	MATERIAL B	MATERIAL C					PASTA
1	CAUCHO NATURAL	25	25	25	2514	2273,3	2111,6	4,97	12494,0	11298,2	10494,6	
2	CAUCHO 1502	75	75	71	7542	6819,8	5996,9	5,53	41705,5	37713,6	33162,8	
3	MASTER REBABA	0	20	40	0	1818,6	3378,5	0,5	0,0	909,3	1689,3	
4	SILICA RUBERSIL	58	58	58	5832	5274,0	4898,9	4,35	25370,2	22941,9	21310,1	
5	POLIETILENGLICOL	2,9	2,9	2,9	292	263,7	244,9	8,12	2367,9	2141,2	1988,9	
6	ACEITE PARAFÍNICO	15	15	15	1508	1364,0	1266,9	4,02	6063,5	5483,1	5093,1	
7	COLOFONIA	4	4	4	402	363,7	337,9	5,37	2159,9	1953,2	1814,3	
8	ANTIOXIDANTE	0,45	0,45	0,45	45	40,9	38,0	19,5	882,4	797,9	741,2	
9	AROMA A CHICLE	0,3	0,3	0,3	30	27,3	25,3	27,04	815,7	737,6	685,2	
10	OXIDO DE ZINC	3,25	3,25	3,25	327	295,5	274,5	23,79	7774,7	7030,5	6530,5	
11	ÁCIDO ESTEARICO	1,25	1,25	1,25	126	113,7	105,6	4,7	590,8	534,2	496,2	
12	ACELERANTE DPG	1,15	1,15	1,15	116	104,6	97,1	18,63	2154,4	1948,1	1809,6	
13	ACELERANTE MBT	1,15	1,15	1,15	116	104,6	97,1	13,89	1606,2	1452,5	1349,2	
14	AZUFRE	1,5	1,5	1,5	151	136,4	126,7	2,34	353,0	319,2	296,5	
	TOTAL	188,95	208,95	224,95	19000	19000	19000	COSTO TOTAL	\$ 104.338,16	\$ 95.260,56	\$ 87.461,28	
								R PASTA	0%	9%	16%	

34. Elaboración propia. Elaboración propia.

14.9. Análisis costo por unidad de manillar.

Figura 35. Análisis costo por unidad de manillar.

ANÁLISIS DE MATERIA PRIMA Y COSTO DEL MANLLAR												
Nº	PASTA	PORCENTAJE	PORCENTAJE	PORCENTAJE	TOTAL/ GRAMOS	TOTAL/ GRAMOS	TOTAL/GRAMOS	\$ / GRAMOS	COSTO	COSTO	COSTO	
		A	B	C	MATERIAL A	MATERIAL B	MATERIAL C					PASTA
1	CAUCHO NATURAL	25	25	25	13	11,8	11,0	4,97	65,1	58,9	54,7	
2	CAUCHO 1502	75	75	71	39	35,5	31,2	5,53	217,3	196,5	172,8	
3	MASTER REBABA	0	20	40	0	9,5	17,6	0,5	0,0	4,7	8,8	
4	SILICA RUBERSIL	58	58	58	30	27,5	25,5	4,35	132,2	119,5	111,0	
5	POLIETILENGLICOL	2,9	2,9	2,9	2	1,4	1,3	8,12	12,3	11,2	10,4	
6	ACEITE PARAFÍNICO	15	15	15	8	7,1	6,6	4,02	31,6	28,6	26,5	
7	COLOFONIA	4	4	4	2	1,9	1,8	5,37	11,3	10,2	9,5	
8	ANTIOXIDANTE	0,45	0,45	0,45	0	0,2	0,2	19,5	4,6	4,2	3,9	
9	AROMA A CHICLE	0,3	0,3	0,3	0	0,1	0,1	27,04	4,3	3,8	3,6	
10	OXIDO DE ZINC	3,25	3,25	3,25	2	1,5	1,4	23,79	40,5	36,6	34,0	
11	ÁCIDO ESTEARICO	1,25	1,25	1,25	1	0,6	0,6	4,7	3,1	2,8	2,6	
12	ACELERANTE DPG	1,15	1,15	1,15	1	0,5	0,5	18,63	11,2	10,2	9,4	
13	ACELERANTE MBT	1,15	1,15	1,15	1	0,5	0,5	13,89	8,4	7,6	7,0	
14	AZUFRE	1,5	1,5	1,5	1	0,7	0,7	2,34	1,8	1,7	1,5	
	TOTAL	188,95	208,95	224,95	99	99	99	COSTO TOTAL	543,7	496,4	455,7	

35. Elaboración propia. Elaboración propia.

La elaboración del manillar aprovechando el caucho reutilizado en sus componentes hace atractiva la propuesta, debido al impacto positivo que tiene costos.

Es importante tener en cuenta que el consumo de materia prima se disminuye hasta en un 16%.

El medio ambiente dejará de recibir cerca de 2300 kilogramos al año de material vulcanizado muy difícil de degradar.

15. Validación de la prueba del manillar

Tabla 7. Validación de la prueba del manillar. Elaboración Propia.

Requisito	Factor determinante	Evidencia
Función.	Flexible resistente y adaptable.	El manillar obtenido cumple con el porcentaje de elongación requerido
Uso.	Sin aristas, puntas agudas y cómodo.	Con formas orgánicas y curvas suaves
Estructurales.	Porcentaje de caucho en su interior.	La composición del manillar es en su totalidad de caucho y no posee ensambles ni complementos.
Técnicos productivos.	Estructura con caucho reciclado en su interior.	La fórmula utilizada para la fabricación contiene un 40% de material reciclado en su estructura interna.
Formales.	Textura suave al tacto y bicolor.	Está elaborado en colores negro y verde, negro y aguamarina.

16. Conclusiones

- Como resultado de la investigación y gracias a varios procesos productivos se pudo diseñar un molde para un artículo funcional, ergonómico, resistente y duradero, con una estructura compuesta de material virgen y master de caucho vulcanizado.
- Luego de varias alternativas de diseño se generó un manillar funcional que brinda confort, con buena estética y con grandes posibilidades de comercializarse.
- A partir de la validación en el campo de trabajo, la mejor opción para incorporar caucho vulcanizado en una mezcla virgen, es mezclándolo desde el inicio por medio de la elaboración de un master que contenga caucho natural.
- Después de hacer las pruebas con cauchos vulcanizados y tratarlos de incorporar a las mezclas se concluye que: se debe hacer una clasificación para poderlos introducir, es decir, si se requiere un producto de color negro el caucho vulcanizado para elaborar el master debe ser de ese color, con el fin de tener una uniformidad de color en el producto, pues el caucho vulcanizado el pigmento no lo cubre.
- Con los cálculos realizados y proyecciones elaboradas se pudo establecer que el ahorro en costos de materia prima puede llegar casi al 20% dato no menor.
- De implantarse el proyecto con un crecimiento en ventas del producto y una utilización de caucho vulcanizado en el mismo, cerca de 2300 kilogramos al año se dejaría de botar a la basura, impactando de manera positiva el medio ambiente.
- Después de investigar con conocedores del tema se pudo crear el manillar ecológico que en una época donde se requieren energías limpias, y políticas sostenibles se

convierte en un accesorio muy utilizado en las bicicletas, mercado que viene creciendo exponencialmente.

- Luego de los resultados y la validación se concluye que el manillar contiene las características requeridas y lo que exigía el proyecto.
- Como resultado de la fabricación del molde para manillar de bicicletas fue posible obtener un artículo funcional, ergonómico, resistente y duradero, con material reutilizado.
- Los balances de costo y beneficio, fueron alentadores e impulsan un producto hacia el mercado de los accesorios de bicicletas, el mismo que viene creciendo de una manera acelerada en los últimos cuatro años.
- La manera de crear un mundo sostenible es teniendo la ética y la responsabilidad en la elaboración de un producto nuevo impulsando el crecimiento de todos los elementos involucrados en su consecución.

17. Glosario

Vulcanización: el proceso de transformación del caucho por medio de la temperatura y azufre, donde sus características de impermeabilidad se incrementan, junto con la rigidez y resistencia a la abrasión.

Reometría: estudio de la deformación, flujo de la materia, una interrelación entre fuerza, deformación y tiempo.

Máster rebaba: mezcla resultado de la aglomeración de material reciclado junto a caucho natural virgen.

Abrasión: desgaste de superficie producto del rayado continuo de dos materiales en contacto.

Monotónica: el sistema cuando conserva un orden dado inicialmente sin alterarlo en su interior.

Polietilenglicol: es un elemento utilizado en la industria de los alimentos debido a su capacidad de espesar, estabilizar y haciendo también las veces de agente antiglutinante.

18. Anexos

18.1. Modelo de negocios

18.2. Tabla de validaciones

18.3. Evidencia proceso creativo y fabricación

19. Bibliografía

- Agronet Inicio. (n.d.). Retrieved May 21, 2018, from <http://www.agronet.gov.co/Paginas/default.aspx>
- Aguayo González, F. (2011). Ecodiseño : ingeniería sostenible de la cuna a la cuna (C2C). RC Libros. Retrieved from https://www.google.com.co/search?rlz=1C1GGGE_esCO644CO644&q=ecodiseño+diseño+ingeniería+sostenible+de+la+cuna+ala+cuna&spell=1&sa=X&ved=0ahUKEwiv_obS0JfbAhVLtMKHZzgBMUQBQgkKAA&biw=1536&bih=711
- Antonio, L., Santiago, L., Enrique, J., Rodríguez, Z., & Gallego, Á. (n.d.). La huella de carbono y el análisis input-output. PDF.
- Caminos, Canales y Puertos. (2017).
- Criollo, X. A. (2014). “Caracterización de caucho reciclado proveniente de SCRAP y de neumáticos fuera de uso para su potencial aplicación como materia prima.”
- El Caucho - Monografias.com. (n.d.). Retrieved May 21, 2018, from <http://www.monografias.com/trabajos4/elcaucho/elcaucho.shtml>
- Felix Sanz, A. (2014). Un nuevo concepto en el desarrollo de productos
- Industria del caucho. (n.d.). Retrieved from <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/80.pdf>
- Inventarios de ciclo de vida e impacto ambiental ¿cómo interpretar los resultados de un ACV? | CDT. (n.d.). Retrieved May 21, 2018, from <http://www.construccion-sustentable.cl/?p=2476>

- J. Mejia. (2016). Caracterización Y Análisis De Posibilidades Tecnológicas Para La Apropriación Del Caucho Reciclado a Partir De Llantas Usadas En El Desarrollo De Nuevos Productos, 63.
- Jiménez Herrero, L. M. (1997). Desarrollo Sostenible y Economía.
- Malaysian Rubber Board. (2016). Natural rubber statistics 2016, 26. Retrieved from <http://www.lgm.gov.my/nrstat/nrstats.pdf>
- Mundo Limpio | Reciclaje de llantas usadas | Trituración de llantas. (n.d.). Retrieved May 21, 2018, from <https://www.mundolimpio.com.co/>
- Naciones, P. D. E., Para, U., Medio, E. L., Pnuma, A., Alejandra, P., Gaviria, G., & Daniel, V. (1975). Programa de naciones unidas para el medio ambiente (pnuma), 2–4.
- Sanchez, E . (2013), estandarización y mejoras del proceso productivo en la planta de caucho de Creatum S. A 1–80.
- Ordóñez Cordero, G. A. (2017). Diseño de espacios interiores a partir de la experimentación con láminas de caucho reciclado. Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7095>
- Prensas,extrusoras y molinos de hule en Distrito Federal - Otros Artículos | 307494. (n.d.). Retrieved May 21, 2018, from <https://distritofederal.evisos.com.mx/prensasextrusoras-y-molinos-de-hule-id-307494>
- SETAC Publications — European Environment Agency. (n.d.). Retrieved May 21, 2018, from <https://www.eea.europa.eu/publications/GH-07-97-595-EN-C2/setacpubsh.html>
- Social-periodista, C. (2010). Desarrollo Y Medio Ambiente : Hacia Una Transformación Cultural, 99–112.
- Tecnura. (2016). Tecnura, 20(50), 106–118. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a08>

- Valencia, H. E. (2015). Estudio Del Comportamiento Mecánico Del Concreto, Sustituyendo Parcialmente El Agregado Fino Por Caucho Molido Recubierto Con Polvo Calcareo, 1–98. Retrieved from https://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/3442/ARTICULO_CIENTIFICO.pdf?sequence=1
- Yepes, W. U., Vásquez, N. C., Milena, S., Restrepo, V., & Carrascal, C. A. (2017). Revisión - Caracterización de compuestos de caucho con residuos de cuero posindustrial Review - Characterization of rubber compounds with post-industrial leather waste, 15(2), 13–25.