

Aure.

Un calzado sostenible a partir de fibras naturales

Trabajo de grado para optar por el título: Ingeniería en Diseño Industrial

Realizado Por:
Kelly Johanna Cadavid Sánchez

Asesora Temática
Diana Claudia Muñoz Muñoz

Docente de asignatura trabajo de grado II
Andrés Montoya T.

Ingeniería en Diseño Industrial
Facultad de Artes y Humanidades
Instituto Tecnológico Metropolitano
2019-2

Dedicatoria

A mi mamá, por ser la mujer más valiente del mundo. Por haberme ayudado a llegar hasta este punto y haberme cuidado en los momentos más difíciles, por su infinita bondad y amor.

A mis hermanos por ser mis guías y apoyo para seguir siempre sin rendirme.

A Julián por su amor, paciencia, apoyo, entrega y ayuda desmesuradamente

desinteresada... 👑 🙌

Agradecimiento

A Diana Claudia. Profe, de una de sus clases de ética ambiental salió esta idea... Gracias, por arriesgarse conmigo, por aceptar ser mi asesora, por creer en mí, por su tiempo y conocimiento plasmados en este proyecto.

¡GRACIAS!...

Resumen

Esta investigación tuvo como finalidad evaluar los riesgos ambientales y la contaminación en el recurso aire por exposición a materiales contaminantes como disolventes, pegantes cueros, entre otros, que se utilizan en la industria de calzado. Así mismo, evaluó las opciones de gestión para la minimización de estos riesgos, teniendo como objetivo elaborar un calzado sustentable, partiendo de la problemática de la contaminación y cuidado del medio ambiente, dando una solución mediante la implementación de materiales ecológicos menos contaminantes.

Este estudio de tipo descriptivo se realizó en varias fábricas y pymes de calzado de la ciudad de Medellín - Colombia. La metodología utilizada incorporó la observación del proceso productivo, una entrevista a los trabajadores de las empresas del sector, y también una encuesta para evaluar los materiales que utilizan. Todo esto para obtener resultados que ayudaron a evidenciar los niveles de contaminación por cada par de zapatos fabricados y así tener claro en qué punto exacto de la fabricación se puede hacer una intervención para reducir las emisiones contaminantes en el recurso aire del medio ambiente.

Abstract

The purpose of this research was to evaluate the pollution environmental risks in the air resource by exposure to polluting materials such as solvents, sticky leather, among others, that are needed in the footwear industry. Likewise, it evaluates the management options for the minimization of these risks, with the objective of developing a sustainable footwear, based on the problem of pollution and environmental care, giving a solution implementing less polluting ecological materials.

This descriptive study was carried out in several shoe factories and SMEs in the city of Medellín - Colombia. The used methodology incorporated the observation of the production process, interviews to the workers of the companies, and also a survey to evaluate the materials they need. All this to obtain results that helped to demonstrate the levels of contamination by each pair of shoes manufactured and thus know at what exact point of the manufacture process an intervention can be made to reduce the polluting emissions in the air resource of the environment.

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO 1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	12
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	12
CAPÍTULO 2. OBJETIVOS	21
OBJETIVO GENERAL.....	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
CAPÍTULO 3. JUSTIFICACIÓN	22
JUSTIFICACIÓN	22
ANTECEDENTES.....	24
CAPÍTULO 4. MARCO TEÓRICO	30
<i>4.1 Sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible.....</i>	<i>30</i>
<i>4.2 Contaminación ambiental calidad del aire</i>	<i>32</i>
<i>4.3 Diseño responsable</i>	<i>33</i>
<i>4.4 Calzado sostenible</i>	<i>34</i>
<i>4.5 Materiales ecológicos</i>	<i>36</i>
<i>Fabricación del calzado.....</i>	<i>44</i>
CAPÍTULO 5. MARCO METODOLÓGICO.....	47
METODOLOGÍA.....	47
<i>5.1 Ecodiseño</i>	<i>47</i>
<i>5.2 Ecorediseño</i>	<i>56</i>
<i>5.3 Estado de la técnica</i>	<i>57</i>

5.4 Huella de carbono - Huella ecológica- Análisis de ciclo de vida	58
CAPÍTULO 6. RESULTADOS DE LA OBTENCIÓN DE DATOS	61
6.1 Etapas generales de la fabricación de calzado	61
6.2 Entrevista	65
✓ 6.3 Sistematización de los datos	70
CAPÍTULO 7. CALZADO DE REFERENCIA	91
MOCASÍN COMO CALZADO DE REFERENCIA PARA REDISEÑO	91
7.1 Proceso del cuero	93
7.2 Fabricación del mocasín.....	95
CAPÍTULO 8. USUARIO	99
CARACTERIZACIÓN DEL USUARIO.....	99
8.1 Problemas en la extremidad o miembro inferior que la persona dispone	101
CAPÍTULO 9. DESARROLLO DE PROPUESTAS DE DISEÑO	102
PROPUESTA DE DISEÑO.....	102
9.1 Materiales seleccionados para el rediseño	103
MODELO DEL CALZADO REDISEÑADO	115
PROTOTIPO.....	117
CAPÍTULO 10. RESULTADO MEDICIÓN HUELLA DE CARBONO	118
ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y HUELLA DE CARBONO	118
✓ Etapa 1. Obtención de Materias primas	118
✓ Etapa 2. Procesamiento de la materia prima.....	120
✓ Etapa 3. Fabricación del calzado.....	121
✓ Etapa 4. Empaque, Almacenamiento y Distribución.....	122
✓ Etapa 5. Uso	124

✓ Etapa 6. Fin de vida.....	125
EVALUACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL CICLO DE VIDA	125
CAPÍTULO 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	128
REFERENCIAS.....	130

<i>Figura 1. Porcentaje de días según ICA PM10, 2015-2017 del Valle de Aburrá</i>	<i>28</i>
<i>Figura 2. Fibras de las hojas de piña</i>	<i>38</i>
<i>Figura 3. Fibra de Fique.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 4 Estado de la técnica.</i>	<i>57</i>
<i>Figura 5. Kim Cork. Marca Londinense</i>	<i>57</i>
<i>Figura 6. Vivienne Westwood. Marca Brasileña</i>	<i>57</i>
<i>Figura 7. Análisis estadístico 1</i>	<i>72</i>
<i>Figura 8. Análisis estadístico 2</i>	<i>73</i>
<i>Figura 9. Análisis estadístico 3</i>	<i>74</i>
<i>Figura 10. Análisis estadístico 4</i>	<i>75</i>
<i>Figura 11. Análisis estadístico 5</i>	<i>76</i>
<i>Figura 12. Análisis estadístico 6.</i>	<i>77</i>
<i>Figura 13. Partes del mocasín</i>	<i>92</i>
<i>Figura 14. Moldes de mocasín</i>	<i>96</i>
<i>Figura 15. Plantilla de montado y suela.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 16. Propuesta de diseño No 5</i>	<i>103</i>
<i>Figura 17. Achiote</i>	<i>113</i>

Tabla 1. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio 15

Tabla 2. Listado de Clasificación de Residuos 16

Tabla 3. Clasificación de las fibras naturales vegetales 37

Tabla 4. Fases del Ecodiseño 55

Tabla 5. Fases del Ecorediseño 56

Anexos

Anexo 1. Fichas de referencias bibliograficas.

Anexo 2. Estado de la técnica.

Anexo 3. Formato Consentimiento para la toma de fotografías.

Anexo 4. Formato de Encuesta.

Anexo 5. Formato de Entrevista.

Anexo 6. Transcripción de Entrevistas.

Anexo 7. Encuestas realizadas.

Anexo 8. Consentimientos firmados

Anexo 9. Encuesta para materiales

Anexo 10. Propuestas de diseño

Anexo 11. Propuesta Seleccionada.

Anexo 12. Planos

Anexo 13. Modelo de negocio.

Anexo 14. Diagrama de Gantt

Anexo 15. Resultado CES Edupack para 20 zapatos.

Anexo 16. Resultado CES Edupack para 1 zapato.

Introducción

Esta investigación parte desde la hipótesis de; el proceso de fabricación de calzado se asocia a riesgos de contaminación en el medio ambiente debido a la implementación y exposición de materiales contaminantes.

Describe la situación de la industria del calzado¹ en la Ciudad de Medellín - Colombia, y cómo dicha industria y los productos que desarrolla puede generar contaminación en el medio ambiente desde su proceso de fabricación, atentando a la calidad del aire², siendo este tipo de contaminación el tema principal de este estudio. Se describe cada paso para la producción de dicho objeto. Esta información se obtuvo a partir de una metodología de investigación mixta por medio de un trabajo de campo y; a partir de la observación en la producción. También se realizaron entrevistas a fabricantes y visitas a diferentes empresas.

Para analizar lo anterior es necesario mencionar que la problemática de partida es la contaminación en el aire que genera la producción de la industria del calzado, entendiendo por contaminación del aire los agentes o sustancias que alteran la composición atmosférica, como ejemplo, los pegantes que se usan para la fabricación, los cuales emiten compuestos orgánicos

¹ **Industria del calzado:** Conjunto de actividades comerciales, que encierran todo el proceso de fabricación de zapatos, desde su diseño hasta su distribución y venta.

² **Aire:** Fluido que forma la atmósfera de la Tierra, constituido por una mezcla gaseosa cuya composición normal es de por lo menos 20% de oxígeno, 77% de nitrógeno y proporciones variables de gases inertes y vapor de agua en relación volumétrica. (Ministerio de ambiente, Resolución No. 610, artículo primero, 2010).

volátiles (COV's)³ y en su proceso de fabricación gases de efecto invernadero⁴, todos estos de origen antropogénico⁵, los cuales provocan un aumento acelerado en la temperatura de la tierra, lo cual contribuye al cambio climático global. (Style America, 2018, prr.1).

Se definen materiales sustitutos que se pueden emplear para la fabricación del calzado, haciéndolo más sostenible y amigable con el medio ambiente en todo su ciclo de vida, desde su etapa de producción hasta su desecho. Se investigaron materiales como: fique, yute, algodón orgánico, caña flecha, entre otros, para proponer una solución que involucrara el ecodiseño mediante la metodología de diseño Ecorediseño utilizando fibras naturales.

³ COV's: **Compuestos orgánicos volátiles.** Forman parte de este grupo todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. Tienen un origen tanto natural como antropogénico (debido a la evaporación de disolventes orgánicos, a la quema de combustibles, al transporte, etc.). Se caracterizan por participar en reacciones químicas en la atmósfera generando otros contaminantes, como el ozono. (Gobierno del principado de Asturias, s.f.)

⁴ **Efecto invernadero:** Aumento de temperatura en la biosfera, causado por la atmósfera. Como la atmósfera es prácticamente transparente a la radiación que procede del Sol, una buena parte de esta llega hasta la superficie terrestre, la vegetación y los océanos, donde se absorbe, con la consecuencia que la temperatura aumenta, hasta los 15 °C de promedio general. (Corominas, 2014, pág. 100)

⁵ **Origen antropogénico:** La Contaminación antropogénica es aquella producida por los humanos, alguna de las más importantes es Industriales. Según el tipo de industria se producen distintos tipos de residuos.

...El término antropogénico se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana. Normalmente se usa para describir contaminaciones ambientales en forma de desechos químicos o biológicos como consecuencia de las actividades económicas, tales como la producción de dióxido de carbono por consumo de combustibles fósiles. (EcuRed, s.f.)

Capítulo 1. Identificación del problema

Descripción del problema

El usuario a quien va dirigido este proyecto es, personas con movilidad reducida enmarcada por el faltante de uno de sus miembros inferiores. Ellos presentan una problemática o limitante a la hora de adquirir calzado, pues ellos deben llevar el par de zapatos, aunque solo vayan a usar uno, pues los almacenes no les ofrece la alternativa de llevar un solo zapato, el que necesitan. Por lo cual estas personas deben desechar el otro zapato, siendo este un calzado nuevo y que su nivel de contaminación es durante todo su ciclo de vida desde su fabricación hasta su descomposición teniendo en cuenta que este tarda bastante tiempo en degradarse, entonces al desechar un zapato, no solo se tiene la contaminación ya producida desde su fabricación sino también el residuo sólido o basura que va a generar en los vertederos. Enlazando esto con la problemática reciente por la que atraviesa Medellín por su calidad del aire, se encuentra que, no solo los automotores son los causantes de las emisiones contaminantes, también se encuentra la industria y entre esta esta la industria del calzado, pues Medellín se le conoce también por ser tierra de zapateros.

Partiendo desde el siguiente interrogante; ¿Qué intervenciones se pueden hacer en el sector del calzado desde su producción para disminuir la contaminación del aire en Medellín? Se analiza el por qué la industria del calzado contribuye a la contaminación en el recurso aire en la ciudad. Parece que la contaminación en la ciudad de Medellín cada vez aumenta más, en su mayor parte debido a los malos manejos de aguas o desechos que realizan grandes fábricas. Ejemplo de esto es que en el año 2016 multaron a 2 empresas del gremio textil por disponer de manera inadecuada

desechos de colorantes textiles (Ramírez Restrepo, Elizabeth - El COLOMBIANO, 2016). En relación con lo anterior, De León Yepes (2005) expone que, la fabricación de calzado y el calzado en general, representan muchas amenazas para el bienestar del planeta, pues se genera contaminación del aire, el agua y el suelo por la utilización de productos químicos como; el dióxido de Azufre, óxido de Nitrógeno, dióxido de Carbono, plomo y otros metales pesados que son altamente contaminantes. Desagües no tratados, residuos sólidos y emisiones ocasionadas por las plantas industriales son solamente algunos de los problemas que contribuyen al deterioro ambiental (pág.3)

Los residuos de contenedores con restos de tintas, adhesivos, disolventes, aceites, entre otros, se constituyen en contaminantes ambientales cuando son dispuestos inadecuadamente en los rellenos sanitarios con el consiguiente impacto para el aire por la volatilización de su contenido y por la emanación de COV's liberados por disolventes y pinturas (Heredia Plasencia & Marrufo Saldaña, 2013, pág. 9). Los COV's se encuentran comúnmente en preparaciones químicas, algunos se usan en adhesivos, revestimientos de tejido, tintas para serigrafía y piel sintética. Se pueden encontrar como impurezas en resinas basadas en poliestireno utilizadas en la producción de apliques de plástico. En adición, los COV's se pueden utilizar en procesos como la limpieza en seco, así como en operaciones de acabado y desengrasado (Afirm-group, pág. 1). Estos producen sustancias químicas y emisiones de CO₂ y el Cromo que se filtran al medio ambiente durante los primeros y últimos pasos del ciclo de vida del calzado.

Muchos productos químicos como el tolueno, el metilbenceno o la acetona que se encuentra en solventes o fenoles y parafinas cloradas, se utilizan para preservar los materiales como el cuero en los zapatos y afectan a la vida silvestre, pues debido a vertimientos inapropiados de estas sustancias, se produce contaminación del agua y el aire. También afecta a los seres humanos que entran en contacto con ellos; gran parte de esta exposición ocurre durante el proceso de pegado

cuando se utilizan adhesivos, bases de pintura, desengrasadores y limpiadores, lo que causa muchos problemas de salud como asfixia, resequedad de la piel, mareos, visión borrosa, dolores de cabeza, entre otros. Los principales problemas de contaminación a la atmósfera son: la descomposición biológica de residuos orgánicos, las emisiones de ácido sulfhídrico y de vapores de disolventes y otros compuestos volátiles de las operaciones de acabado.

Estos compuestos son los responsables del olor característico de las curtimbres, además, algunas de estas tienen una pequeña incineradora de sus propios residuos, por lo que se producen emisiones por encima de los niveles permitidos. Las emisiones a la atmósfera se generan principalmente en la etapa de apelmbrado⁶ y las operaciones posteriores. Las sustancias volátiles proceden fundamentalmente de operaciones de desengrase con disolventes y acabados. (Pacheco Blanco , Collado Ruiz, & Capuz Rizo, 2015, pág. 134)

En el *Artículo 2. Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes Criterio*, instaurados en la resolución 2254 DE 2017 del MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, se establecen los niveles máximos permisibles a condiciones de referencia para contaminantes criterio que actualmente rigen desde enero del año 2018, decretados en la tabla 1.

⁶ **Apelmbrado:** meter la piel en agua con sal para que pierda los pelo

Tabla 1. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio

Contaminante	Nivel Máximo Permissible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de Exposición
PST	100	Anual
	300	24 horas
PM10	50	Anual
	100	24 horas
PM2.5	25	Anual
	50	24 horas
SO ₂	80	Anual
	250	24 horas
	750	3 horas
NO ₂	100	Anual
	150	24 horas
	200	1 hora
O ₃	80	8 horas
	120	1 hora
CO	10.000	8 horas
	40.000	1 hora

Referencia: 1 . Niveles permisibles para contaminantes.
 Tomado de (Ministerio del medio ambiente y desarrollo sostenible, Resolución 2254 de 2017)

La industria del calzado presenta grandes impactos a nivel medioambiental, generando grandes daños debido tanto a su materia prima como a su producción, generando residuos en las diferentes etapas de proceso, en la Tabla N° 1, se presenta un listado de los posibles residuos que se puede generar.

Tabla 2. Listado de Clasificación de Residuos

Listado de los posibles residuos del proceso
Residuos del cortado de material de empeine
Residuos del cortado de material de palmilla
Residuos del cortado de material de suela
Residuos de inyección Otros Polvo o lodo (lijado)
Recortes Otros residuos del proceso
Restos de tintas, barnices (en base a disolvente no halogenado)
Restos de tintas, barnices (en base acuosa)
Restos de adhesivos (en base a disolvente no halogenado)
Restos de adhesivos (en base acuosa)
Disolventes utilizados (solos o mezclados)
Calzado de calidad inferior
Residuos del Embalaje
Embalajes de cartón: cajas de zapatos, cajas de embalajes, cajas de muestras, tubos centrales de los rollos de telas
Conos de bobina de plástico
Bolsas y películas de plástico
Botes, latas, bidones de plástico (limpios)
Botes, latas, bidones de plástico que contienen < 3 % de residuos de producto
Parihuelas de madera
Botes, latas, bidones de madera que contienen < 3 % de residuos de producto
Otros residuos metálicos del embalaje (tubos centrales de aluminio de los rollos de tela)

Otros Residuos (mantenimiento, etc.)
Aceite hidráulico
Aceite para motores
Hormas dañadas u obsoletas (plástico)
Filtro de aire usados
Equipos fuera de uso
Papel: oficina, ordenador
Cuchillas dañadas u obsoletas, hormas dañadas u obsoletas (aluminio)
Residuos del comedor
Residuos similares a los residuos domésticos (botes de bebida, barrido del taller, etc.)

Referencia: 2 Residuos de la fabricación de calzado.
Tomado de (Heredia Plasencia & Marrufo Saldaña, 2013, pág. 7)

Muchos componentes utilizados en este tipo de procesos tardan en degradarse hasta 200 años por lo cual se puede decir que la problemática de contaminación que presenta esta industria es por sus procesos de fabricación actuales, algunos de estos debido a que la materia prima utilizada necesita más procesos para su producción y manejo.

Según un estudio realizado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), (Chu, 2013) “fabricar zapatos de deporte genera alrededor de 30 libras de emisiones de dióxido de carbono, lo que equivale a mantener encendida una bombilla de 100 vatios durante una semana” (prr.1). Randolph Kirchain, investigador del Laboratorio de Sistemas Materiales del MIT, identificó alrededor de 360 pasos de ensamblaje por cada zapato que se fabrica, concluyendo que el mayor

impacto medioambiental de los zapatos deriva de su proceso de producción, por lo anterior es necesario reducir el número de pasos para la fabricación de estos objetos.

Ejemplo de lo anterior, durante el proceso de entrevistas que se realizó a un microempresario de calzado en el barrio Versalles 1 de la ciudad de Medellín, dijo que, para la fabricación de un par de zapatos se requiere aproximadamente 20 componentes, algunos de ellos con gran impacto ambiental, como ejemplo, las suelas de Policloruro de vinilo (PVC) y suela EVA, las cuales presentan dicho impacto en su fabricación provocando a su vez riesgos en la salud en los operarios (Gómez J. H., 2019)

Desde ese punto de vista, estos materiales de alguna manera presentan riesgo de combustión, aunque no se corre el riesgo de explosión ya que se fabrican en áreas en donde se manejan solventes y pegamentos que generan emanación de gases. Las suelas de Policloruro, por ejemplo, son suelas conseguidas a partir de materiales resinosos y Policloruro de vinilo, pesadas y poco flexibles, se trata de suelas de baja calidad, que resisten poco el uso continuo, y se parten con gran facilidad. El PVC es un polímero que cuando se quema forma sustancias organocloradas que se emiten como dioxinas.

Hess (2011) A lo anterior añade qué; el PVC (policloruro de vinilo) está compuesto por cloro (derivado de la sal común) en un 57 % y etileno (derivado del petróleo) en un 43%. Este compuesto se denomina dicloro etano, que a altas temperaturas se convierte en gas cloruro de vinilo (CVM). Luego, por medio de una reacción química conocida como polimerización, el CVM se convierte en un polvo blanco, fino y químicamente inerte: la resina de PVC. Entre todos los plásticos, su densidad es la mayor: 1,330g/cm³. Su poder calórico es reducido y es muy resistente al ataque de ácidos y bases, pero es inestable al calor y las radiaciones ultravioletas, por lo que necesita aditivos (parr.3)

Se tomó en cuenta el proyecto, “*Diseño textil sustentable para la República Argentina*” Escobar (2011), ya que analiza en profundidad la problemática de la indumentaria no sustentable y las consecuencias e impactos que se genera desde el diseño, pues Escobar cree que es desde ahí

en donde se producen las practicas no sustentables debido al cómo se obtiene y cómo se elabora la materia prima en los diversos tipos y métodos de producción.

Herva , Álvarez, & Roca, (2011) Determinan que, el diseño ecológico de un producto implica que se deben tener en cuenta diferentes impactos ambientales potenciales de diversa naturaleza, considerando su ciclo de vida completo, además de los criterios generales de diseño (es decir, técnicos, funcionales, ergonómicos, estéticos o económicos). En este sentido, se combinaron por primera vez una metodología de evaluación de la sostenibilidad, la huella ecológica (FE) y la evaluación del riesgo ambiental (ERA) para derivar criterios complementarios para el ecodiseño del calzado. (pág. 1876)

Actualmente muchas tendencias se concentran en la producción en serie, ofreciendo productos que han sido diseñados y fabricados de forma rápida, por medio de componentes de bajo costo, pero igualmente tienen un gran impacto negativo ambientalmente hablando, por lo tanto, varios fabricantes y diseñadores han optado por aplicar procesos o productos que causen la menor contaminación posible; muchos de ellos han decidido reemplazar en alguna medida la materia prima convencional por otra de carácter sustentable y hasta han creado líneas de indumentaria ecológica. Por otro lado, hay quienes optaron por cambiar sus procesos de producción o bien desarrollar diseños que no requieran de tantos procesos para disminuir el consumo de energía.

En las últimas décadas, el mundo ha comenzado a reconocer que los problemas ambientales son inseparables de aquellos del bienestar humano y del proceso económico en general, y que muchas formas actuales de desarrollo económico deterioran los recursos naturales de los cuales depende finalmente los medios de vida y el bienestar humano.

Desde el Diseño Industrial se puede presentar varias alternativas o estrategias para la producción de calzado para hacer este más sostenible; como ejemplo la tecnología de impresión 3D puede generar cambios tanto en la actualidad como en un futuro cercano estableciendo una

relación entre esta tecnología y la sustentabilidad. Otra estrategia es; hacer una intervención en los materiales, implementando materiales de fibras naturales como el fique, la caña, el yute entre otros, resultando un producto de menor impacto ambiental, disminuyendo la implementación de polímeros, cueros y sintéticos contaminantes, y eliminar el pegamento amarillo reemplazándolo por pegamentos de base acuosa, en ocasiones dando como resultado un producto vegano⁷. Todo esto, se pretende como una mejora para este producto, otorgando una visión para generar más protección para el medio ambiente.

⁷ **Producto vegano:** Es un producto hecho con materiales naturales, que no tienen ninguna pieza extraída o fabricada de animales.

Capítulo 2. Objetivos

Objetivo general

Desarrollar una propuesta de diseño industrial para la fabricación de calzado tipo mocasín para personas con un solo miembro inferior, empleando herramientas de diseño sostenible.

Objetivos específicos

- Desarrollar un prototipo de calzado físico con bases en las técnicas de la zapatería, enfocado en la ergonomía, dimensiones y percentiles colombianos.
- Emplear herramientas de análisis de ciclo de vida de productos para identificar la huella de carbono del producto final.
- Describir las estructuras en el proceso de producción de calzado en donde se establezca cada etapa en la producción a través de una documentación, permitiendo la identificación de los puntos más contaminantes que conlleve a la generación de datos mediante huella de carbono.

Capítulo 3. Justificación

Justificación

Actualmente Medellín enfrenta una gran variedad de amenazas ambientales críticas como ejemplo el deterioro de la calidad del aire a causa de la contaminación difundida en la estratosfera, influyendo en el cambio climático mundial. Este problema preocupa bastante, más, cuando se piensa en una sociedad futura, pues se pone en peligro la salud y la calidad de vida de las personas.

Productos como el calzado implementan muchos materiales y requieren de varios procesos para su fabricación, influyendo en la contaminación ambiental del aire.

Un estudio realizado en 4 países europeos (España, Italia, Polonia y Portugal), en donde se analizó el ciclo de vida de 36 diferentes modelos de zapatos provenientes de 16 empresas, se obtuvo como resultado un dato cuantificado en forma de CO₂. Las cifras van desde 1,3 a 25,3 Kg de CO₂, por cada par de zapatos fabricados.

Ecogestos (2018) Siendo un poco más específicos, de todo el dióxido de carbono producido, el 58 % correspondería a la fabricación de los componentes (lengüeta, piel, plantilla, suela, etc.), el 16% al envasado de fabricación, el 11% al montaje y acabado y solo el 6% a la distribución del producto final. (prr.8).

El propósito de esta investigación es estudiar el proceso de fabricación de los zapatos y como este contamina, analizando el efecto de los materiales, la producción y la eliminación del calzado, centrándose en su ciclo de vida como un medio para medir este impacto. Wucius Wong, un gran exponente del diseño soporta esa afirmación cuando dice que:

Wong (1997) Es importante trabajar desde el diseño industrial para nuevas opciones de productos con un margen diferenciador llevándolo por la vía de la innovación, dejando atrás los procesos tradicionales.

...Un producto industrial debe cubrir las necesidades de un consumidor. Para hacerlo fiel y eficazmente, el diseñador debe buscar la mejor forma posible para que ese algo sea conformado, fabricado, distribuido, usado y relacionado con su ambiente. Su creación no debe ser sólo estética sino también funcional, mientras refleja o guía el gusto de su época. (pág. 41)

La fabricación de calzado como actividad económica, ha modificado y afectado el cambio ecológico en el aire, aumentando la temperatura en la ciudad y produciendo enfermedades cardiorrespiratorias. La industria del calzado es responsable de un gran flujo de residuos desde el inicio hasta el final de la vida funcional de los zapatos que a menudo se desechan en vertederos. Una restricción que tiene este producto es, que la posible reutilización o reciclaje de estos está condicionada por el tipo de materiales del que están compuestos, su diversidad y la posibilidad de separarlos.

Cada vez se hace más fuerte la necesidad de saber sobre el impacto ambiental de un producto, pues es importante este dato para el ciclo de vida de cada objeto. El uso y el contexto de uso, estética, rendimiento, calidad, contexto social y género constituyen los ítems principales para el diseño de calzado.

Lee & Rahimifard (Cómo se citó en Pacheco Blanco, et al. 2015, pág. 135) Los impactos que provoca un par de zapatos al medio ambiente han sido analizados por varios autores a través del Análisis del Ciclo de Vida (ACV), utilizando la metodología ISO 14044. Sin embargo, el impacto también está asociado al perfil de los consumidores. En este sentido, el consumo per cápita de calzado ha aumentado de 1 par al año en 1950 a 2,6 pares de zapatos en 2005.

Sin embargo, el tema de sostenibilidad, el uso de materiales no peligrosos y de bajo contenido energético, mantener al mínimo el uso de productos químicos nocivos y el reciclaje de materiales

también está despertando el interés de los usuarios. Por lo tanto, diferentes empresas han presentado iniciativas sobre el desarrollo de zapatos amigables con el medio ambiente, como el Grupo Nike y Timberland (Herva et al, 2011, pág. 1876).

Antecedentes

Uno de los mayores impactos ambientales que genera la producción de los zapatos proviene de las etapas de fabricación y del ciclo de vida del calzado. Usualmente se cree que los zapatos solo tienen impacto ambiental una vez que se tiran, pero su fabricación requiere de maquinaria y productos químicos, necesitando gran cantidad de combustibles fósiles los cuales producen efecto invernadero.

La producción de calzado depende en gran medida del trabajo manual realizado con máquinas y equipos de baja tecnología. La metodología de trabajo en la mayoría de las fábricas sigue el sistema de producción en masa anticuado de Ford que ofrece pocas oportunidades de autonomía y sostiene al empleado en una sola estación.

Herva et al. (2011) Utilizan en la metodología de evaluación de la sostenibilidad, la huella ecológica y la evaluación del riesgo ambiental para derivar criterios complementarios para el ecodiseño del calzado. Plantean que se requiere una gran cantidad de operaciones para hacer un par de zapatos y generalmente se realizan en una máquina separada. Una vez finalizado el diseño, la primera etapa del proceso de fabricación de zapatos es el corte de las piezas que tomarán la forma de partes superiores. Esta operación necesita un alto nivel de habilidad, especialmente cuando el material es cuero, para minimizar la generación de desechos y evitar los posibles defectos en la superficie que no pueden ser parte del zapato. Por lo tanto, apenas está automatizado. A

continuación, las piezas componentes se unen para producir la parte superior completa. Las partes superiores completas se moldean en forma de pie con la ayuda de un molde de plástico que simula la forma del pie, que luego se retira terminada para usarla en la fabricación de otras zapatillas. El exceso de material se recorta de la costura y las otras partes de los zapatos (puntera, refuerzo, plantilla, suela, etc.) se unen secuencialmente. Después de pegar, se realiza un tratamiento térmico para asegurar una buena adherencia. Una vez que la estructura principal del zapato está lista, se incorporan los accesorios (anillos, ojales, cordones, remaches, etc.). En la etapa final, se limpian los zapatos; luego, dependiendo del material y su uso final, se pueden teñir, pulir o encerar para asegurar un acabado atractivo. Tras el control visual, el calzado se embala.

Desde la década de 1990, los zapatos se fabrican con caucho y plástico artificiales, que son materiales peligrosos. El plástico más utilizado es cloruro de polivinilo (PVC), que se obtiene mediante un proceso que genera dioxinas tóxicas. Según Greenpeace (como se cito en EL TIEMPO, 1996) El PVC o vinilo “es el plástico más dañino para la salud humana y el medio ambiente. De principio a fin, el PVC es peligroso”. Sin embargo, como el PVC no es un material costoso, se utiliza en muchos productos, incluidos los zapatos. El olor a zapatos nuevos, como el de un auto nuevo y un nuevo disco, es en realidad el desprendimiento de PVC. Ese olor está lleno de compuestos orgánicos volátiles, como el formaldehído⁸, el metano y el benceno, algunos de los cuales son cancerígenos.

⁸ (Fundación para la salud Geoambiental, 2013). Formaldehído “es un compuesto químico orgánico perteneciente a los aldehídos, es altamente inflamable y muy volátil. En condiciones normales de temperatura y presión el formaldehído se presenta como un gas, con un fuerte y penetrante olor, es muy soluble en agua” (prr.2)

La identificación y valoración de las cargas ambientales requiere la aplicación de herramientas de evaluación, por lo tanto, el ecodiseño debe hacer frente a dos aspectos principales: diseño para la sostenibilidad y para la seguridad.

(Roca & Herva, 2015) A través de su tesis “*Ecological footprints in the textile industry*” contemplan una investigación en donde se centran en el indicador de huella ecológica como un medio para evaluar la sostenibilidad y el desempeño ambiental de los procesos y productos textiles, describiendo que los principales conceptos involucrados en la huella ecológica, son la energía incorporada, productividad energética, productividad natural y los factores de equivalencia para el tipo de suelo, pero este último no se enfatizara en este documento ya que se centrara en el aire.

(Staikos & Rahimifard, 2007) En su artículo “*A decision-making model for waste management in the footwear industry*” presentan una investigación sobre los pasos necesarios para considerar la implicación del final de la vida útil de los zapatos y promover las prácticas de reciclaje posteriores al consumidor en la industria del calzado. El documento describe el diseño y la especificación de un modelo de toma de decisiones para identificar la reutilización más adecuada, opción de recuperación y reciclaje de calzado post-consumo. La industria del calzado, en los últimos años, ha realizado un esfuerzo significativo para mejorar la eficiencia energética y de los materiales, pero en comparación, se han dirigido pocos esfuerzos para recuperar y reciclar los zapatos al final de su vida útil. (pág. 1)

En realidad, la mayoría de los zapatos desgastados y desechados (al final de su vida útil) se desechan en vertederos. Se espera que los problemas de responsabilidad del productor y la legislación futura, así como las crecientes demandas ambientales de los consumidores, desafíen la forma en que la industria mundial del calzado trata con sus residuos al final de su vida útil.

En un estudio realizado por (Molina Ochoa, Garmendia López, & Mangas Martín, Octubre 2011) analizaron las diversas actividades generadoras de impacto ambiental y concluyeron que “la industria del calzado está avanzando en concienciación y responsabilidad medioambiental y está tomando medidas para reducir los impactos medioambientales incorporando propuestas acordes con el desarrollo sostenible”. (pág. 163)

Molina Ochoa et al. (2011) En su artículo “*Evaluación medioambiental del sector del calzado*”, plantean como primera actuación el cambio técnico de los procesos: sustitución de materiales, modificaciones de equipos o diseño de nuevos productos. Pero no siempre se tiene en cuenta la posibilidad de reducir el impacto ambiental negativo a través de cambios en la organización de los procesos y las actividades, es decir, a través de las buenas prácticas medioambientales que requieren, sobre todo, cambios en la actitud de las personas y en la organización de las operaciones (pág. 167)

Los últimos 3 años, Medellín se ha visto notablemente afectada en su calidad de aire, la polución es tan abundante que “la ciudad de la eterna primavera” ha tomado tonalidades grises; y aunque sus gobernantes han tomado algunas medidas como el pico y placa ambiental se ha reconocido que este solo da resultados a corto plazo.

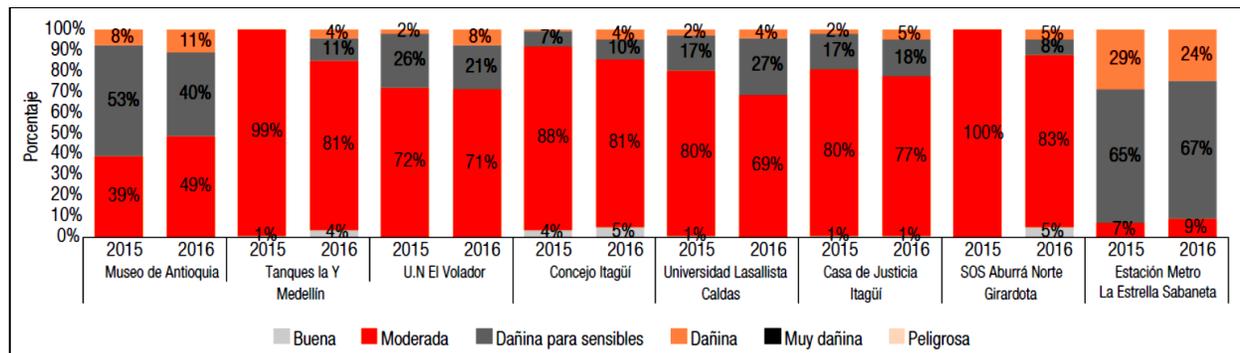
Vogt (2018) Según su artículo en el periódico EL TIEMPO; en la ciudad de Medellín “existen 10.160 empresas relacionadas a la industria textil y confección, según información de 2017 de la Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia”. En el departamento, este sector representa el 28 por ciento del empleo industrial total. El valle de Aburrá siempre ha sido considerado un eje textil histórico, por lo mismo los peligros ambientales son considerables. (prr.1).

(Gaviria G, Muñoz M, & González, 2012) Con respecto a lo anterior, un estudio hecho por la Universidad de Antioquia afirma que la contaminación del aire se considera causante de múltiples enfermedades respiratorias y cardiovasculares. La evidencia hallada en la ciudad va desde mediciones de los niveles de contaminación ambiental en diferentes zonas del área metropolitana

hasta su relación con problemas respiratorios. La evidencia de estos estudios es unánime acerca del efecto que la contaminación tiene en la salud de los habitantes de Medellín. Del análisis de los volúmenes de contaminación y calidad del aire, el centro de Medellín se considera una de estas zonas (pág. 318). El mayor porcentaje de contaminación en el Valle de Aburrá se debe a la movilidad vehicular pues “la cantidad de circulación paso de 478.000 vehículos en 2005 a 1.347.000 circulando diariamente en la actualidad” (SEMANA, 2018).

Pero si bien los automotores son los aportantes de la mayor cantidad de las cifras, las industrias textiles también aportan su grado de contaminación, según Cielo Gómez Comba, Ingeniera geóloga, la industria textil y de confecciones, también es una fuente que contribuye en la ciudad.

Figura 1. Porcentaje de días según ICA PM10, 2015-2017 del Valle de Aburrá



Fuente: 1. AMVA

Gómez Comba (2017) De acuerdo al inventario de emisiones del Valle Aburrá actualizado en el 2016 y tomando como base los datos del 2015, en la figura 1, se observa la distribución de PM2.5 por fuentes móviles y fijas producto del monitoreo de óxidos de azufre, compuestos orgánicos volátiles (VOC), monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, el material particulado fino PM2.5. Los camiones generaron el más alto porcentaje de emisiones atmosféricas en la región con 29% (538 toneladas/año), las volquetas el 22% (394 toneladas/año), 18% por fuentes fijas (334 toneladas/año), las motos de cuatro tiempos, con el 13%, 8% buses, y autos el 6%.

Dentro de las industrias, las que más PM2.5 emiten son las del sector textil y de confecciones, con 147 toneladas, equivalentes al 8% de las emisiones de la región (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2017) (pág. 16)

Frente a todo lo anterior parece que la calidad del aire en Medellín va en declive, y la actividad textil es una de sus causantes. Se cree que la industria textil y la marroquinería son uno de los sectores más contaminantes. Así mismo en un artículo en EL ESPECTADOR, De vera, Beatriz (2018) describe que; “según la ONU, produce el 10% de las emisiones de carbono en el mundo y el 20% de las aguas residuales. Aunque algunas empresas han adoptado medidas para mitigar los daños, continúan generando serios impactos a los ríos y los océanos” (prr.1).

Capítulo 4. Marco Teórico

En este proyecto aborda el tema de la producción de calzado y cómo este contamina desde su fabricación, es por esto que es inevitable no tocar temas como sostenibilidad o sustentabilidad ambiental, desarrollo sostenible, contaminación ambiental y materiales ecológicos o amigables con el medio ambiente y calzado sostenible, todo esto para poder desarrollar un diseño responsable, por lo cual es necesario referenciar algunos autores con parámetros que sirven como apoyo para esta investigación. Se tendrá en cuenta a autores como: Barrera Jurado, Gloria Stella (2004), Restrepo, John (2000), Meroli, Valeria Victoria (2012), Sánchez Merino, Ronny (2016), Ferruzca Navarro, Marco Vinicio, Rodríguez Martínez Jorge (2011), Danish Design Committee (2011), Gómez Comba, Cielo Amparo (2018), Herva, Marta. Alvarez, Antonio. Roca, Enrique (2011), Jocelise J. Jacques. Alice M. Agogino. Lia B. M. Guimarães (2010), revista Portafolio (2010), DPN (2018), Serrada Bautista, Alejandro José. Bautista, Hernando. Fierro Porto, Alfonso (2013) Bélgica Pacheco-Blanco, Daniel Collado-Ruiz, Salvador Capuz-Rizo (2014), (Roberto, 2015), todos ellos como referencias del mundo científico que discuten temas relacionados con el desarrollo sostenible y la ecología ambiental. También se tomará la ley 09 de 1979 De La Protección Del Medio Ambiente de Colombia. Se espera pues que luego de estas referencias, se pueda desarrollar una solución adecuada y deseada para este proyecto.

4.1 Sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible

La Sostenibilidad aparece como "la idea central unificadora más necesaria en este momento de la historia de la humanidad" como un concepto nuevo, que pretende movilizar la

responsabilidad frente al conjunto de problemas y desafíos a los que se enfrenta la humanidad, como un profundo replanteamiento de la relación humana con el medio ambiente (Bybee como se citó en Vilches, Gil Pérez, Toscano, & Macías, 2004, prr.1).

La sostenibilidad ambiental y el desarrollo sostenible son aliados del medio ambiente para su preservación para generaciones futuras

Con relación a esto, Meroli (2012) define la sostenibilidad como; una nueva forma de pensar para la cual los seres humanos, la cultura y la naturaleza son inseparables. En primer lugar, hace referencia en los seres humanos como un concepto clave para mantener las condiciones planetarias favorables para el desarrollo de la vida a nivel global y local. Es preciso cumplir ciertos requisitos. El primero es equilibrar las necesidades humanas con la capacidad de carga del planeta para proteger a las generaciones futuras. Esto significa que los efectos de las actividades humanas se mantengan dentro de unos límites que eviten la destrucción de la diversidad, complejidad y funcionamiento de los sistemas ecológicos que soportan la vida (pág. 11).

Restrepo (2000) completa la afirmación de Meroli sobre la sostenibilidad ambiental y la protección del planeta para generaciones venideras, aliando el desarrollo sostenible con la sostenibilidad ambiental, diciendo que; “la sostenibilidad no sólo compromete el capital ambiental, sino también el capital social, así como el desarrollo sostenible” (Restrepo, 2000, pág. 6). Por lo cual debe ser entendido no sólo en un sentido ambientalista, sino también como un diferenciador de progreso en un sentido humano, que, al considerar todas las dimensiones de las necesidades del individuo, le permita crecer y evolucionar social e individualmente, sin comprometer el crecimiento y evolución de las generaciones futuras.

Es importante entender que la degradación del individuo como tal se da de cierta forma por sus malas prácticas ambientales, cada vez minimizando su calidad de vida y retrasando su desarrollo lo que evita su evolución social e individual.

4.2 Contaminación ambiental calidad del aire

(DPN, 2018, pág. 5) El Departamento Nacional de Planeación, determina que “la contaminación del aire es la concentración de sustancias que alteran la composición de la atmósfera. Las sustancias contaminantes del aire se clasifican en gases y partículas y son medidas en un periodo determinado. Las emisiones de sustancias, el clima y la topografía inciden en la contaminación del aire.” A su vez, (Gómez Comba , 2017, pág. 4) afirma lo anterior estipulando que “La calidad del aire se evalúa por medio de los niveles de inmisión, que vienen definidos como la concentración media de un contaminante presente en el aire durante un período de tiempo determinado. La concentración del contaminante a nivel del suelo varía como consecuencia del desequilibrio entre las emisiones de las múltiples fuentes de origen natural o antropogénico; la dispersión y dilución y la eliminación a través de los procesos de autodepuración por deposición, precipitación y absorción por el suelo, el agua y la vegetación. La medición de la concentración de los contaminantes es importante para establecer su situación frente a los niveles máximos establecidos para proteger principalmente la salud y el bienestar de los seres humanos con un margen adecuado de seguridad”. Por lo anterior se debe tener en cuenta la (LEY 9 de 1979 - Congreso de Colombia) determinando en el Artículo 44 “se prohíbe descargar en el aire contaminantes en concentraciones y cantidades superiores a las establecidas en las normas que se establezcan al respecto”. (pág. 6)

... y Artículo 101. “En todos los lugares de trabajo se adoptarán las medidas necesarias para evitar la presencia de agentes químicos y biológicos en el aire con concentraciones, cantidades o niveles tales que representen riesgos para la salud y el bienestar de los trabajadores o de la población en general” (pág. 14). Y aunque el (DPN, 2018, pág. 24) establece que “en 2010 se expidió el protocolo para control y vigilancia de la contaminación por fuentes fijas, que reglamenta el uso de

sistemas de control para reducir emisiones en industrias”, (Gómez Comba , 2017, pág. 16) afirma que industria textil y de confecciones, contribuye a la contaminación con 147 toneladas, equivalentes al 8% de las emisiones de la región (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2017)”, a lo cual (DPN, 2018) confirma que las concentraciones anuales promedio de partículas (PM10)($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en Medellín y Cundinamarca están por encima de los límites permisibles; únicamente Pasto cumple el nivel esperado a 2030” (pág. 20) .

Parece que la calidad del aire en Medellín cada vez desmejora, la visión de volver a tener un buen recurso de aire no está ni a corto ni a largo plazo, quizá a un muy largo plazo, mientras se sigan emitiendo la cantidad desmesurada de partículas contaminantes. Ya se hizo común que nubes tóxicas hagan parte del panorama de la ciudad.

Estas nubes son gases provenientes de las industrias y vehículos, por lo cual es necesaria una constante medición de la concentración de los contaminantes para establecer una verdadera situación frente a los niveles de emisiones en este recurso.

4.3 Diseño responsable

Según Barrera Jurado (2004) “el diseño con responsabilidad es la respuesta proyectual creativa, coherente y pertinente que genera el diseñador con las comunidades a las cuales dirige sus esfuerzos, y que tiene como objetivo lograr transformaciones que contribuyan en la construcción de una sociedad más justa y equitativa” (pág. 4).

Complementando prestamente la definición de Berrera, Ferruzca Navarro & Rodríguez Martínez (2011) dicen que “en los últimos años otras disciplinas han dirigido su atención al diseño como un campo integrador y generador de conocimiento que se caracteriza por ser un proceso creativo, estratégico y de innovación” (pág. 49)

La literatura actual sobre diseño y los antecedentes de políticas de diseño en el panorama internacional dejan entrever que es concebido como un factor estratégico que no sólo contribuye al desempeño de las empresas y al bienestar de las personas, sino también al desarrollo competitivo de una región o país”. Pero Danish Design Committee 2020 (2011) da una ligera diferente definición expresando que “El diseño es una herramienta para la realización de innovación. Es la actividad de concebir y desarrollar un plan para un producto, servicio o un sistema nuevo o significativamente mejorado, eso asegura la mejor interfaz con las necesidades del usuario, aspiraciones, y habilidades y permite tener en cuenta aspectos de carácter económico, social y sostenibilidad ambiental”. (pág. 11)

En el estudio actual se utilizará la definición de (Danish Design Committee 2020, 2011), dada la importancia de la percepción que tiene sobre diseño sostenible. Pues lo que se busca con este proyecto es una mejora significativa en un proceso de fabricación desde una instrumentación ambiental.

4.4 Calzado sostenible

Jacques, Agogino, & Guimarães (2010) hablan respecto a la industria de calzado haciendo un análisis histórico en esta industria, respecto al cual dicen que este sector, similar a otros, “se ha movido continuamente en busca de menores costos laborales. Sin embargo, hoy en día las empresas han adoptado cada vez más rigurosos códigos de conducta que guían su relación con las fábricas contratadas, pero el éxito puede depender básicamente en su capacidad de supervisar las condiciones de trabajo” (pág. 480).

En este tema, haciendo énfasis en la industria del calzado colombiano, Serrada Bautista & Fierro Porto (2013) expresan que; “la industria colombiana de calzado cuenta con un gran reconocimiento a nivel internacional por la calidad de sus productos, especialmente los fabricados en cuero, los costos de producción competitivos y la mano de obra barata, lo que le permite a Colombia tener algunas ventajas frente a sus competidores internacionales. Adicionalmente, gracias a la aparición de la industria auxiliar de partes y componentes, se ha hecho más competitiva la fabricación agilizando los procesos”. (pág. 24)

Si Colombia produce este producto de buena calidad, es importante saber sobre el sector económico que se forja a nivel de empleabilidad, para esto Serrada Bautista et al. (2013) consolidan que “en Colombia la industria del calzado representa un 0,27% del PIB nacional y 2,17% en el PIB manufacturero generando aproximadamente 100.000 empleos, de los cuales dada la alta tasa de informalidad laboral en el país aproximadamente 60.126 son trabajadores formales. En cuanto a la producción de calzado en el país, se presentó un crecimiento del 11% entre enero y septiembre de 2010; del mismo modo, las ventas totales, y las ventas al mercado interno, se incrementaron en un 8,3% y un 7,3% respectivamente. Sin embargo, de acuerdo con la encuesta de Opinión Industrial Conjunta, el 41,7% de los empresarios de la industria consultados, consideró que su rentabilidad ha disminuido, a pesar que un 55,8% considera que en general la situación del sector es buena” (pág. 24).

(Portafolio, 2010) manifiesta; “Un colombiano consume en promedio 2,2 pares de zapatos al año, que, para el presidente de la Asociación Colombiana de Industriales del Calzado, el Cuero y sus Manufacturas (Acicam), Luis Gustavo Flórez, es bajo en comparación con países como Estados Unidos o algunos de Europa, en donde una persona puede comprar en promedio cuatro veces más. Incluso, en comparación con países de la región, como Argentina, Chile o Uruguay

también es bajo porque en esos el consumo podría ser del doble, aunque en esas naciones hay estaciones, lo que indiscutiblemente obliga a las personas a usar diferente tipo de calzado para cada época” (parr.4).

...Explicando que los colombianos que más plata destinaron a la compra de zapatos en el último mes fueron los pastusos que, en sólo junio de 2010, en promedio, gastaron 19.639 pesos en la compra de zapatos, muy por encima, del promedio nacional, 4.937 pesos. A ellos les siguieron los manizaleños con un promedio de 15.975 pesos, los de Medellín con 13.589, luego los de Neiva con 12.352 pesos y los de Montería con 12.338 pesos” (par.2)

Es importante empezar a emplear nuevos materiales para la fabricación del calzado pues si Colombia es un importante exportador de este producto, quiere decir que en el país hay una constante producción, lo cual significa que también hay una constante emisión de contaminación en el aire. Es necesario cambiar los materiales y buscar mejoras en cuanto a producción del calzado, implementando nuevas técnicas o quizá volverá la mano de obra artesanal, lo que generará más empleos y se podrán buscar y emplear nuevas tecnologías, amigables con el medio ambiente, recordemos que cuando hay mejoramiento la técnica, empieza la tecnología.

4.5 Materiales ecológicos

Para generar un proceso de producción amigable o sostenible, también se puede intervenir desde sus materiales; en donde se puede implementar la reciclabilidad de materiales, como ejemplo el caucho, retazos de cuero desechados por las industrias o combinar materiales para lograr un producto sostenible con bajo impacto sobre el medio ambiente. También (Ecototal, s.f.) “Priorizar el uso de materiales naturales, biodegradables, sostenibles y renovables en la fabricación del

calzado, que resultan muy confortables como: fieltro, un tejido 100% natural, cuya materia prima es la lana de oveja, microfibra biodegradable, algodón natural y rafias” (prr.1). Así mismo, emplear suelas ecológicas hechas con materiales como corcho, yute y caucho reciclado como llantas desechadas y reducir hasta lo más mínimo el uso de pegantes, suplantándolo por cosidos.

La siguiente tabla evidencia la clasificación de las fibras naturales vegetales.

Tabla 3. Clasificación de las fibras naturales vegetales

Clasificación de las fibras naturales vegetales	Duras (Hojas)	Fique	Abacá
		Sisal	Caña Flecha
		Henequén	Palma Wenguer
		Yucca	Colza
		Sansevieria	Iraca
		Piña	Plátano
		Otras	
	Blandas (Corteza)	Lino	Totora
		Algodón	Coco
		Yute	Cañamo
		Kenáf	Pita
		Crotalaria	Esparto
		Mimbres	Urena
		Ramio	Tripe perro
		Damagua	Otros Bejucos
	Cortas	Chiqui Chiqui	Otras
		Capoc	Pochote
		Otras	

Referencia: 3. Congreso Internacional fibras Naturales (1997).
Tomado de (Fique en Colombia pág.11)

Por lo anterior se hace una breve descripción de materiales adecuados para ser utilizados para fabricar calzado sostenible. Esto se hace con el fin de caracterizar los posibles materiales que se pueden emplear en este proyecto. Los materiales descritos a continuación se tomaron como referentes de zapatos ya fabricados y de otros proyectos de investigación (ver Anexo 2. Estado de la técnica).

✓ Piña.

(Fibres, 2005) Como las fibras de piña son un producto natural y ecológico, se espera que su uso se desarrolle en muchos campos.

Figura 2. Fibras de las hojas de piña



Fuente: 2. Cuero vegetal hecho de fibra de piña. Tomado de <https://ecoinventos.com/pinatex-cuero-vegetal-hecho-de-fibra-de-pina/>

En el caso de las plantas de piña, especialmente cultivadas para fibra, el rendimiento de la fruta es un poco mayor y las fibras son de mejor calidad. En la mayoría de los casos, las hojas de piña frescas son un subproducto de la producción de frutas y, como tales,

proporcionan una fuente de ingresos adicional para los productores. La superficie de una fibra de piña muestra numerosas grietas longitudinales. El haz está formado por haces de fibras más pequeños que contienen muchas fibras cementadas juntas por las encías. Este se compone de muchas fibras individuales que están unidas por gomas como pectinas y otras sustancias (pág. 322)

✓ Algodón orgánico.

El algodón orgánico sólo utiliza productos naturales reportando beneficios al medio ambiente y al consumidor, como ejemplo: - *No es tóxico*, preserva la salud de los productores y consumidores. - *Ausencia de plaguicidas* y el uso de algodón no modificados genéticamente (no transgénicos) permite un mayor respeto por los recursos naturales y el ecosistema. - Por último, el uso de algodón orgánico *evita alergias* relacionadas con el uso indebido de productos químicos. La ausencia de residuos tóxicos, influye en que sea más suave y beneficiosa a la piel (concienciaeco, 2011. prr.9)

(concienciaeco, 2011) El algodón orgánico es cultivado y crece en campos de tierra fértil libres de pesticidas, herbicidas y fertilizantes químicos sintéticos, y es hilado y producido sin químicos tóxicos.

...El algodón convencional es blanqueado antes de ser teñido. Se utilizan cloro, peróxido de hidrógeno, dioxina y formaldehído entre muchos otros compuestos dañinos. También, en el algodón común se utilizan para su teñido metales pesados como cromo, cobre y zinc y para la confección de sus broches se utiliza níquel, todos estos, altamente contaminantes y de comprobado daño para la piel de las personas (prr.1).

✓ Fique.

Figura 3. Fibra de Fique



Fuente:3. El Fique – Conoce esta fibra natural y su trabajo artesanal. Tomado de <https://vivoboreal.com/el-fique-conoce-esta-fibra-natural-y-su-trabajo-artesanal/>

El fique es una de las fibras naturales utilizadas para la fabricación de materiales de tipo biomateriales. Esta es una fibra nativa de Colombia, posee una densidad aproximada de 0,870 g/cm³, una resistencia a la tracción de 237 MPa, un módulo de elasticidad de 8,010 GPa y respecto a sus propiedades térmicas puede soportar 220°C sin degradarse (Gómez, Ramón, & Guzmán, 2018, pág. 78).

✓ **Yute.**

El yute es una fibra totalmente ecológica y biodegradable, puesto que procede de plantas vegetales y sus procesos de transformación son mayormente biológicos. Es un cultivo que no genera gases tóxicos para el medio ambiente.

(ecoalkesan, s.f.) El yute es una fibra textil, se extrae de dos plantas, el *Corchorus Capsularis*, y en menor cantidad, el *Corchorus Olitorius*, de la familia de las malváceas. Ambas son plantas de cultivo anual, desarrollándose en unos 120 días. El yute es considerado como una fibra muy asequible, gracias al alto rendimiento de producción, superado únicamente por el algodón. Las fibras producidas por estas dos plantas, tienen una longitud entre 1 y 4 metros, es de color blanco amarillento, amarillo o castaño, pero se pueden teñir y blanquear con facilidad. Se suelen hilar en hilos medianos o gruesos (prr.10).

(K B KRISHNAN, Doraiswamy, & Chellamani) El yute se cultiva principalmente en India, Bangladesh, China, Myanmar, Nepal y Tailandia. Se utiliza principalmente para la fabricación de productos para el envasado de granos, azúcar, cacao, café y otros cultivos alimentarios, así como para cemento, fertilizantes, sal y algodón. El yute y los productos derivados de este, ocupan un lugar importante como fuente de divisas, particularmente en el caso de Bangladesh (pág. 24).

✓ **Caña flecha.**

Es una fibra natural extraída de la palma la Palma Gynenum. Es muy utilizada por la tribu indígena colombiana Zenú, quienes preparan y tejen la fibra para crear piezas representativas de su tribu y región (departamento de Córdoba), también se elaboran sombreros, bolsos, billetera, pulseras y muchas artesanías más. Esta palma crece en zonas húmedas y pantanosas (Colombia, 2018, parr.1).

(EL TIEMPO, 2006) La caña flecha es una buena opción para implementarla en el calzado, pues además de ceñirse a varios requerimientos para diseñar calzado ecológico, tiene la capacidad de fructificarse en todo tipo de suelos. Quienes la cultivan, más de 25.000 indígenas en 72 veredas de San Andrés de Sotavento, aseguran que en una hectárea se pueden sembrar cerca de 10.000 plantas. (prr.10).

✓ **Caña de azúcar.**

La caña de azúcar es una planta cultivada en zonas tropicales, tiene hojas grandes y alargadas, su tallo contiene jugo rico en azúcar.

(DINERO, 2018) La compañía Braskem, dedicada a la industria química y del plástico, calificada como la mayor productora de resinas de América, fabrica materias primas compuestas de caña de azúcar para que los diferentes fabricantes de calzado en el mundo puedan producir de una manera más sostenible e innovadora (prr.1).

...Para lograr una producción de 200.000 toneladas de polietileno sostenible y amigable con el medio ambiente, que corresponde al volumen de la capacidad total de producción que tiene actualmente esta compañía, se requieren aproximadamente 65.000 hectáreas de caña de azúcar. En una hectárea se pueden producir aproximadamente 82,5 toneladas de caña de azúcar, lo que

permite elaborar 7.200 litros de etanol. Con este volumen de etanol, Braskem mantiene una producción de 3 toneladas de polietileno verde (pr.6).

✓ **Adhesivos.**

(Cuesta Garrote, 2013) El uso de adhesivos de contacto convencionales provenientes de fuentes fósiles y en base disolvente, conlleva ciertos riesgos sobre el medioambiente y la salud. Actualmente, algunas industrias están trabajando para la incorporación de diferentes alternativas, como adhesivos de polímeros sintéticos en base acuosa y adhesivos termo-fusibles libres de disolventes en sus líneas de producción. Sin embargo, estas alternativas no resuelven el problema medioambiental asociado a los residuos poliméricos no biodegradables. (pág. 9)

Algunos adhesivos libres de sustancias restringidas que los hacen menos contaminantes y que se pueden emplear son:

- **Adhesivo cement:** Es un caucho natural disuelto en disolventes orgánicos. Su utilización es muy sencilla y rápida puesto que no es necesario ni reactivar ni esperar a que el disolvente evapore, únicamente se aplica el cement e inmediatamente se unen las dos superficies.

- **Adhesivos Base Agua:** Tienen menor contenido de COV's⁹.

Son utilizados en el proceso de ensuelado, para empalmes y armado de plantas en el pespunte, así como en el emplantillado en el área de adorno.

(Curtidos Anton, 2016) En general los adhesivos se caracterizan por su “viscosidad” (pueden ser más o menos fluidas), por el “tiempo abierto” (es el máximo tiempo dentro del cual las dos capas de adhesivo pueden interpenetrarse correctamente), velocidad de evaporación del disolvente (depende de la volatilidad de los mismos), La diferencia más importante entre unas y otras está en la naturaleza del polímero con el que se fabrican (pr.1).

⁹ COV's: Compuestos orgánicos volátiles

✓ **Corcho.**

El Corcho se extrae del árbol del alcornoque, se obtiene de un proceso natural y no es necesario la tala del árbol para obtenerlo.

Es un material casi impermeable, en el calzado se emplea para hacer suelas por su capacidad de no deformarse y ser antideslizante. No es tóxico, es duradero y de alta elasticidad además es de peso liviano.

✓ **Cuero.**

Es un material natural y si es curtido de manera amigable con el medio ambiente (libre de cromo) se transforma en un material de gran durabilidad.

✓ **Fibra de coco.**

La fibra de coco es extraída de la cubierta externa fibrosa del coco (fruta nativa de los trópicos) o sea, los filamentos externos que tiene la corteza de la fruta.

Esta fibra es un sustrato orgánico 100% natural, la fácil rehidratación del material permite su secado y prensado de forma fácil minimizando gastos. Es una fibra totalmente biodegradable lo cual puede ser incorporada en el suelo como compost.

Las fibras textiles individuales de todas las fibras duras están formadas por varias células diminutas y estas células tienen características distintivas que ayudan en su identificación. Al igual que los haces de fibras en sí, algunas celdas de forma y dimensiones similares ocurren en todas las fibras duras, pero los promedios y valores extremos difieren considerablemente

El coco es un recurso altamente sustentable, se utiliza para decoración por su textura y acabados que se pueden obtener desde este (Mathai, 2005, pág. 274).

✓ **Materiales reciclados.**

Es importante utilizar materiales que se puedan reciclar y/o reutilizar, pues así se estaría evitando el desecharlos, lo cual contribuiría en la generación de más basura, por lo cual es importante reciclar y reutilizar materiales para disminuir los residuos sólidos y aprovechar su vida útil al máximo.

- **Caucho reciclado:** Proviene principalmente de reciclado de neumáticos. Se procesa para transformarlo en suelas de zapatos. “La producción de las suelas de caucho natural no deja huella CO₂ ni requiere uso de agua. Además, se controla la emisión de sílice (también conocido como dióxido de sílice o SiO₂)” (momoc, s.f.).
- **Pet:** Polietileno de Tereftalato. Es reciclado de botellas de agua o refresco. En la producción de calzado se utiliza para la fabricación de cordones y telas.

Fabricación del calzado

(Pacheco-Blanco et al, 2015) explican que el proceso de fabricación del calzado se constituye de varias etapas; confección del producto, envasado y expedición. Sin embargo, también expresan que, si se considera el ciclo de vida completo del producto, se deben considerar las fases que contemplan el tratamiento de pieles, uso, mantenimiento y fin de vida (pág. 135). Acordando con estos autores, sobre considerar el ciclo de vida completo del producto, (Herva et al. 2011, pág. 1876) exteriorizan que “El diseño ecológico de un producto

implica que se deben tener en cuenta diferentes impactos ambientales potenciales de diversa naturaleza, considerando su ciclo de vida completo, además de los criterios generales de diseño (es decir, técnicos, funcionales, ergonómicos, estéticos o económicos)". (Roberto, 2015) Integra la definición de Herva et al. Definiendo: "Para que los zapatos sean sostenibles depende de varios factores como; materias primas (el material del que está hecho), su proceso de fabricación, sus materiales de empaque y el tratamiento de los residuos. Estos tipos de zapatos debe estar fabricados con materiales orgánicos, naturales, biodegradables y libres de cualquier tipo de químico o metal pesado" (prr.2).

... (Roberto, 2015) Ya existen líneas de zapatos deportivos, chanclas y botas fabricadas con algodón natural, fibra de coco, lana, corcho, cáñamo, cuero sintético, látex natural, rafia¹⁰ o materiales procedentes de la caña de azúcar. Detalles como que la suela vaya cosida en vez de pegada o que los tintes y pinturas sean vegetales son bastante importantes. Para que unos zapatos sean ecológicos también lo debe ser el embalaje con el que se venden. Es fundamental que la caja o bolsa sea de cartón reciclado u otro material biodegradable. (prr.3).

(Pacheco Blanco et al. 2015, pág. 136) dicen - "A pesar de que la amplia mayoría de impactos se producen en el procesado de materiales y las fases de fabricación (29% y 68% del impacto total), se estima que la cantidad de residuos generados del postconsumo de calzado asciende a 1,2 millones de toneladas por año en la Unión Europea".

Teniendo en cuenta estas cifras, (Roberto, 2015) expresa que, a la hora de fabricar el calzado ecológico, el proceso debe ser respetuoso con el medio ambiente: debe producirse una mínima

¹⁰ (Quiminet, 2012). Rafia es un hilo de fibra sintética, obtenido por extrusión de poliolefinas generalmente de polietileno y polipropileno. Es un material flexible y resistente que proviene de un tipo de palmera, es un material que a simple vista es similar a la paja, sin embargo, resulta muy dura y resistente. (prr.2)

explotación de los recursos naturales y reducir al máximo la emisión de CO₂ o partículas contaminantes a la atmósfera. Lo ideal es que todos los desechos de su fabricación se puedan reciclar. Además, las condiciones laborales de las personas que fabrican los zapatos deben ser éticas y responsables socialmente. (prr.4).

Complementando todo lo anterior, (Pacheco Blanco et al. 2015) explican un “Estudio basado en la norma ISO 14040 que demuestra que las entradas de materiales y energía, contribuyen en gran medida al cambio climático, acidificación y eutrofización. Asimismo, la curtiduría tiene un gran impacto debido al alto potencial de eutrofización al agua. Cerca del 50% de las materias primas no renovables y cerca del 70% del agua consumida durante el ciclo de vida son usados en esta fase”.

... Los zapatos de línea convencionales tienen un mayor impacto en toda su etapa de producción, debido a la intensidad del proceso y al uso de pieles. Estos zapatos están compuestos por materiales provenientes de fibras naturales que liberan etano que es un COV's capaz de generar smog. (pág. 138)

En esta perspectiva, se busca contemplar esta caracterización relacional de un diseño responsable y una fabricación de calzado adecuada y mejorada para generar el menos impacto ambiental posible. Lo anterior para obtener un resultado de capacidad innovadora con contenidos constituidos por elementos naturales.

Capítulo 5. Marco Metodológico

Metodología

El enfoque metodológico de este proyecto está delimitado por la problemática de la contaminación del aire en la ciudad de Medellín, señalando a la industria del calzado como uno de los agresores de este recurso, esto se fundamenta por un método descriptivo, referenciado por datos cualitativos y cuantitativos empleados para el análisis e interpretación de los resultados de una muestra parcialmente pequeña.

A partir de un mapeo referencial de información sobre ecodiseño y utilizando las estrategias de mejora medioambiental de un producto, la metodología que se enmarca es ECOREDESIGN. Con esta se pretende llegar a un análisis de ciclo de vida (ACV) y lograr una producción más limpia. Todo esto para reducir significativamente la cantidad de residuos y la disminución del impacto ambiental contaminante.

5.1 Ecodiseño

Según A.Fiskel 1997, el Ecodiseño es: *“Una consideración sistemática de la función del diseño con respecto a objetivos medioambientales, de salud y seguridad a lo largo del ciclo de vida completo del producto y del proceso”*

El ecodiseño se enfoca en una o varias etapas del ciclo de vida del producto. Incluye minimizar los impactos a lo largo de la vida del producto, ya que reconoce que aparecerán efectos perjudiciales para el entorno durante el ciclo de vida pero que se debe ser consciente de ellos, para poder minimizarlos en la etapa de diseño del producto. (Gómez Navarro, y otros, 2004, pág. 89)

Brezet & Van Hemel (1997) El ecodiseño plantea 8 estrategias de diseño respetuoso con el medio ambiente. Selección de materiales de bajo impacto

1. Selección de materiales de bajo impacto.
2. Reducción del uso de materiales
3. Optimización de las técnicas de producción
4. Optimización de los sistemas de distribución
5. Reducción del impacto durante el uso
6. Optimización de la vida del producto
7. Optimización del fin de vida del sistema
8. Desarrollo de nuevos conceptos

Las diferentes estrategias de mejora medioambiental de un producto son diversas, pero una de las clasificaciones más completas y estructuradas es la realizada por (Brezet & Van Hemel, 1997) y citadas por (Capuz Rizo & Gómez Navarro, 2013), de las cuales se tendrán en cuenta y se trabajara este proyecto bajo dichas estrategias.

1. Selección de materiales de bajo impacto.

- a. **Selección de materiales limpios:** no usar materiales y aditivos causantes de emisiones peligrosas durante su producción y eliminación, por ejemplo: plomo, mercurio, PCB's, CFC. Metales no férreos como el cobre, zinc, cromo, níquel, generan un alto impacto durante su extracción y al final de su ciclo de vida. El uso de materiales orgánicos, se podría considerar una buena opción, pero su descomposición anaeróbica genera metano.
- b. **Selección de materiales renovables:** Se subestima el problema de disminución de los recursos no renovables, a veces se puede pensar en usar materiales como estaño, zinc, platino que no se usan comúnmente, pero antes de que se vuelvan escasos.
- c. **Selección de materiales con bajo contenido energético:** Se dice que un material tiene un alto contenido energético si en su extracción u obtención ha sido necesaria una alta cantidad de energía. El aluminio, por ejemplo, pero esto estará justificado si se recicla o si el consumo de energía del producto es menor debido a su poco peso.
- d. **Selección de materiales reciclados:** Se pretende aprovechar la energía invertida en su obtención y disminuir su eliminación como residuos.

2. Reducción del uso de materiales.

- a. **Reducción en peso:** menos peso supone menos cantidad de material y por lo tanto menos residuos. Ejemplo: aumentar la rigidez de un producto mediante el diseño de refuerzos apropiados en lugar de recurrir a un sobredimensionamiento.
- b. **Reducción en volumen:** Menos volumen, reduce el impacto durante el almacenaje y transporte. Productos plegables o dejar el ensamblaje final al usuario

3. Optimización de las técnicas de producción

- a. Técnicas de producción alternativas. Desde que exista la posibilidad, tratar de implementar tecnologías de producción más limpias.
- b. Reducción de etapas del proceso de fabricación: Reducir etapas o tratamientos puede significar reducir consumo de energía.
- c. Menor consumo de energía y consumo de energía limpia: Utilizar maquinaria con un menor consumo de energía, usar fuentes de energía renovables o uso de combustibles menos agresivos con el medio ambiente.
- d. Reducción de residuos: Se puede lograr realizando mejoras en mantenimiento, incremento del reciclaje y sobre todo una mayor concientización del departamento de producción.

- e. Consumos de menos recursos o consumo de recursos más limpios: El uso de maquinaria más moderna y eficiente y de nuevo el mantenimiento preventivo contribuyen a lograr este objetivo.

4. Optimización de los sistemas de distribución

- a. **Embalaje menor, limpio y reutilizable:** lograr una reducción de residuos en el embalaje y optimización del espacio durante el transporte. Ejemplos como el PVC o aluminio deberían ser evitados en embalajes no retornables y el icopor no se debería usar.
- b. **Modos de transporte energéticamente más eficientes:** Se debe tener en cuenta que el transporte por avión es más contaminante que el marítimo (consumo específico de combustible por unidad de peso o volumen).
- c. **Logística energéticamente más eficiente:** llevar a cabo una optimización de recorridos y cargas, estandarización de embalajes. etc

5. Reducción del impacto durante el uso:

- a. **Asegurar un bajo consumo energético:** se pretende la reducción de emisiones de CO₂, NO_x y SO_x, para disminuir el efecto invernadero y la lluvia ácida. Se puede pensar en alternativas de desconexión automática, consumo mínimo, reducir el peso o mejorar el aislamiento de productos térmicos.

- b. **Empleo de fuentes de energía limpias:** utilizar energía solar, eólica, o gas natural, esta última para minimizar impactos efecto invernadero.
- c. **Reducción de combustibles:** reducir consumo de agua, lubricantes y filtros, tratar de reutilizarlos al máximo. También se puede pensar en sistemas de detección de fugas.
- d. **Combustibles limpios:** Usar combustibles menos agresivos para el medio ambiente.

6. Optimización de la vida del producto:

- a. **Alta fiabilidad y durabilidad:** Usar esta especificación en detrimento de los productos de “usar y tirar”.
- b. **Facilidad de mantenimiento y reparación:** desde el diseño pensar en un mantenimiento limpio y apropiado
- c. **Estructura de producto modular, adaptable:** un producto modular o adaptable permite la actualización de las partes, y de esta manera no llegue a ser obsoleto rápidamente.
- d. **Conseguir un diseño clásico:** Productos donde la moda no los afecte y la vida estética del producto sea superior o similar a su vida técnica. Ejemplos en automóviles como el escarabajo que siguen estando de moda.
- e. **Fuente relación producto – usuario:** Aumentar la relación del producto con el usuario, ya sea por labores de limpieza, mantenimiento que generen un apego y un valor añadido consiguiendo así prolongar el ciclo de vida del mismo.

7. Optimización del fin de vida del sistema:

- a. **Favorecer la reutilización del producto completo:** reutilizando el producto se reducen muchos impactos, pero se deberá tener en cuenta no ser contraproducente en cuanto a la fabricación de productos más eficientes energéticamente.
- b. **Favorecer la Re-fabricación o el reacondicionamiento:** Aprovechar algunas de sus partes o componentes para ser usadas en otros. (Ordenadores, teléfonos, automóviles etc). Si se utiliza el diseño para el desensamblaje se favorece esta recuperación.
- c. **Favorecer el reciclaje:** Cuando las dos anteriores no sean posibles, se pueden tener en cuenta, reciclar para el mismo fin que el material original, para aplicaciones de menor exigencia o descomposición química de material en sus elementos.
- d. **Incineración segura:** Solo dependiendo de los elementos que contenga. Aun es polémica por los posibles gases que se producen durante este proceso.
- e. **Eliminación segura:** los desechos restantes deben ser eliminados o tratados convenientemente.

8. Desarrollo de nuevos conceptos:

- a. **Desmaterialización:** desde el diseño eliminar la necesidad de un producto o componente. Por ejemplo, la desaparición del contestador automático y el servicio lo presta la compañía telefónica.

- b. **Uso compartido del producto:** así se consigue un uso más eficiente del mismo.

- c. **Integración de funciones:** Se consigue un ahorro del material y espacio al incorporar varias funciones en un mismo producto. El ordenador portátil (sin tener en cuenta que su tamaño dificulta a veces su ciclo de vida y mantenimiento).

- d. **Optimización funcional:** distinguir funciones principales de auxiliares y superfluas permitiendo la eliminación de algunas de ella

Tabla 4. Fases del Ecodiseño

FASES DE ECODISEÑO	ETAPAS DE LA METODOLOGÍA
1. Organización del proyecto de Ecodiseño	<ul style="list-style-type: none"> • Conseguir la aprobación de la Dirección. • Establecer un equipo de trabajo. • Trazar planes y preparar el presupuesto.
2. Selección del producto	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer los criterios de selección. • Decidir. • Definir el informe de diseño.
3. Establecimiento de la estrategia de Ecodiseño	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar el perfil medioambiental del producto. • Analizar los puntos a favor internos y externos. • Generar opciones de mejora. • Estudiar su viabilidad. • Definir la estrategia de Ecodiseño.
4. Generación y selección de ideas	<ul style="list-style-type: none"> • Generar ideas de producto. • Organizar un taller de Ecodiseño. • Seleccionar las ideas más prometedoras.
5. Detalle del concepto	<ul style="list-style-type: none"> • Convertir en operaciones las estrategias de Ecodiseño. • Estudiar la viabilidad de los conceptos. • Seleccionar el más prometedor.
6. Comunicación y lanzamiento del producto	<ul style="list-style-type: none"> • Promover internamente el nuevo diseño. • Desarrollar un plan de promoción. • Preparar la producción.
7. Establecimiento de actividades de seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar el producto resultante. • Evaluar los resultados del proyecto. • Desarrollar un programa de Ecodiseño.

Referencia: 4. Fases de la metodología de Ecodiseño. Fuente: PROMISE. Tomado de (Ecodiseño: Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles, 2004, pág.92)

5.2 Ecorediseño

Propone el rediseño o mejora de productos existentes intentando reducir sus impactos ambientales.

Tabla 5. Fases del Ecorediseño

FASES DEL ECOREDESIGN	ACTIVIDADES DE LA METODOLOGÍA
1. Selección y análisis general del producto	<ul style="list-style-type: none">• Elaborar un dossier sobre las características técnicas, estéticas, económicas y medioambientales del producto que sirvan de punto de partida para la fase siguiente.• Consideraciones de: mercadeo, competencia, recursos y capacidades de la empresa, presiones o cambios potenciales, información del producto y de su ciclo de vida.
2. Análisis del impacto ambiental del producto y establecimiento de las direcciones de diseño	<ul style="list-style-type: none">• LCA del producto, o evaluación simplificada.• Realización de una sesión técnica de trabajo en grupo guiada, en la que participen los departamentos de producción, marketing, medio ambiente, técnico y gestión, que sirva para generar respuestas creativas a los impactos identificados.• Aplicación de técnicas de pensamiento creativo y estrategias generales de ecodiseño.• Evaluación crítica de valor de algunas de las ideas generadas.
3. Desarrollo de un nuevo producto medioambientalmente mejor	<ul style="list-style-type: none">• Clasificación de las ideas.• Verificación de la inexistencia de contradicciones o impactos medioambientales colaterales.

Referencia: 5. Fases del Ecorediseño. Tomado de (Ecodiseño: Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles, 2004, pág.95)

5.3 Estado de la técnica

Los siguientes diseños se escogieron como referentes porque están hechos con materiales ecológicos que reemplazan a los textiles convencionales, e incluso las técnicas y tecnologías que normalmente se emplean para la fabricación de los zapatos, como ejemplo el calzado en la figura 12, que está hecho en una sola pieza, producido con impresión 3D, haciendo que se modifique hasta un 95% de la línea de fabricación.

Por otro lado, se tendrán en cuenta porque son calzados que generan un comercio justo, y son producidos éticamente ofreciendo una alternativa para contrarrestar los diferentes impactos ambientales que se pueden generar en una fabricación convencional.

Figura 4 Estado de la técnica.

			
Figura 5. Kim Cork. Marca Londinense	Figura 17. Xınca Temuc. Marca Argentina.	Figura 6. Vivienne Westwood. Marca Brasileña	Figura 19. EQT ADV. Marca Alemana

Fuente: 4. Ver Anexo 2. Estado de la técnica

5.4 Huella de carbono - Huella ecológica- Análisis de ciclo de vida

✓ Huella de carbono.

(Contraloría de Bogotá, 2015) La huella de carbono es la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto como producto de fuentes antropogénicas y de la cantidad de absorciones que se obtienen en los sumideros de carbono (pág.14. prr.1)

Para medir la huella de carbono de un producto, su impacto ambiental es medido llevando a cabo un inventario de las emisiones de GEI¹¹ siguiendo normativas internacionales reconocidas, tales como ISO 14064-2¹², ISO 14044¹³, entre otras. En el informe de la contraloría de Bogotá se encuentra que para medir la huella de carbono de un producto se analizan todas las emisiones de GEI realizadas durante su ciclo de vida. Los estándares más utilizados son: PAS 2050:2011, ISO/TS 14067:2013, con el apoyo de ISO 14040 e ISO 14044 para la elaboración del Análisis de Ciclo de Vida. (Contraloría de Bogotá, 2015. pág. 14. Prr.4).

En relación con el concepto de huella de carbono (CF) (Wang, et al. 2019), afirman que esta huella relaciona las emisiones de GEI relevantes para el cambio climático con las actividades de producción o consumo humano. Con respecto a la energía hidroeléctrica, estos dos conceptos

¹¹ **GEI Gases de efecto invernadero:** Gases que forman parte de la atmósfera natural y antropogénica (emitidos por la actividad humana), cuya presencia contribuyen al efecto invernadero.

¹² **ISO 14064-2:** La Norma ISO 14064-2 se centra en los proyectos de GEI o en actividades basadas en proyectos diseñados específicamente para reducir las emisiones de GEI.

¹³ **ISO 14044:** La Norma Internacional ISO 14044 fue preparada por el Comité Técnico ISO/TC 207, *Gestión ambiental*, Subcomité SC 5, *Análisis del ciclo de vida*.

pueden usarse como indicadores importantes para evaluar el consumo de agua y las emisiones de carbono al aire a lo largo del ciclo de vida. (pág. 596. Parr.4)

La energía hidroeléctrica se encuentra entre las fuentes de energía renovable más ampliamente adoptadas en todo el mundo. Sin embargo, su desarrollo ha provocado impactos ambientales como las emisiones de carbono y la pérdida de agua. Hasta la fecha, se ha evaluado la huella hídrica (WF) y la huella de carbono (CF) de las centrales hidroeléctricas, pero no simultáneamente o a gran escala (Wang, et al. 2019) (Pág. 595. Parr.1)

✓ **Huella ecológica.**

Huella ecológica (FE) es un indicador de sostenibilidad para evaluar y los impactos humanos en la tierra determinando los recursos consumidos y los desechos generados.

La demanda de producción de recursos y la asimilación de desechos se traducen en hectáreas globales al dividir la cantidad total de un recurso consumido (o desechos generados) por el rendimiento promedio mundial del tipo de tierra que produce ese recurso o absorbe ese desperdicio. Esta área se multiplica por el factor de equivalencia apropiado para expresar la demanda total en hectáreas globales para cada recurso. Los rendimientos se calculan sobre la base de diversas estadísticas internacionales, principalmente las de la Organización de las Naciones Unidas.

✓ **Análisis de ciclo de vida.**

Según la norma ISO 14044, “el análisis del ciclo de vida (ACV) son las etapas consecutivas e interrelacionadas en el sistema de un producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final recopilando y evaluando las

entradas, resultados y los impactos ambientales potenciales de dicho sistema”. (Organización Internacional de Normalización, 2006)

ISO 14044 (2006) El ACV trata los aspectos e impactos ambientales potenciales (por ejemplo, la utilización de recursos y las consecuencias ambientales de las emisiones y vertidos) a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto desde la adquisición de la materia prima, pasando por la producción, utilización, tratamiento final, reciclado, hasta su disposición final (es decir, de la cuna a la tumba) (parr.5).

El ACV puede ayudar a

- La identificación de oportunidades para mejorar el desempeño ambiental de productos en las distintas etapas de su ciclo de vida
- La aportación de información a quienes toman decisiones en la industria, organizaciones gubernamentales o no gubernamentales (por ejemplo, para la planificación estratégica, el establecimiento de prioridades, el diseño y rediseño de productos o procesos).
- La selección de los indicadores de desempeño ambiental pertinentes, incluyendo técnicas de medición.

Capítulo 6. Resultados de la obtención de datos

6.1 Etapas generales de la fabricación de calzado

1. Marketing: Estudio del mercado y/o solicitud del cliente:

Explorar las tendencias actuales en el diseño de calzado, sus formas, texturas y colores. De acuerdo a estos, se mandan a cortar los moldes y las hormas.

2. Materiales

Se adquieren las hormas y moldes. Hay un molde para cada número de calzado (tallas).



La elaboración de calzado se inicia con la recepción de los insumos en la fábrica. Se tienen clasificados y ordenados el tipo de material, telas, tintas, lacas, suelas, adhesivos, cordones (si se necesita), broches y botones. Y luego Los materiales seleccionados se transportan al área de producción.

3. Corte de piezas:

Se realiza mediante la moldura de acuerdo con la medida que se requiera para dar forma a las telas según el modelo diseñado en una actividad que pueda ser externa a la microempresa.

Cuando se tienen las piezas cortadas, se estiran como amasándolas, para que el material sea más fácil de usar y coser.



4. Unión de piezas:



Se unen cada una de las piezas que componen el zapato con una costura, se cosen con maquina o a mano sólo cuando se es necesario. Cada zapato lleva de 6 a 12 piezas según el modelo. Cuando las piezas ya están cortadas y cosidas, se le llama capellada.

5. Montado:

El armado del calzado hasta llegar a la forma y/o estilo que se requiere.

Se selecciona la horma de acuerdo a la numeración para fijar la planta a base de clavos ensamblando cada una de las piezas, esto se hace manualmente.

Se montan puntas y talones. Después se realiza el proceso de asentar que consiste en hacer que el corte asiente perfectamente en la horma.



6. Ensuelado Por proceso de pegado tradicional:

Las suelas se compran hechas, primero se marca la suela.

En la parte de la suela que se ha de pegar al corte se hacen unas hendiduras para que el pegamento se impregne mejor y posteriormente se realiza pegado de suela.

Para el pegado de la suela se aplica presión a los objetos por unos 30 segundos a 1 minutos, por último, se desmonta la horma.

Para la unión de la suela con el cuerpo del producto existen diferentes procesos como el pegado y cosido. Para el pegado son de mayor uso los adhesivos de poliuretano ya que proporcionan una mayor durabilidad de unión de la suela en el calzado.

7. Guarneado:

Se pegan las plantillas, se pintan los cantos (bordes) de suelas y forros, se realiza el lavado del corte y forros con jabón suave y se desmancha el zapato de residuos del proceso productivo.



8. Empacado:

Pacheco Blanco, et al. (2015) Cuando el producto está listo para comercializar, es envasado de manera que quede protegido durante el transporte hasta el punto de venta. El envase suele estar compuesto de un papel o tela protectora que aísla de alguna manera el producto de la caja unitaria. La caja suele ser de cartón. Es decir, suele ser un envase que una vez convertido en residuos puede ser fácilmente gestionable.

Los envases son productos cuyo proceso de fabricación es independiente a la fabricación del calzado, cuyo volumen de producción e impactos al medio ambiente han sido estudiados por varios autores desde distintos enfoques (Percepciones, ACV como herramienta de decisión, Impactos sociales y ambientales del envasado, etc.). (pág. 136)

9. venta:

Una vez terminados los zapatos, se procede a clasificar los calzados por estilos, colores y tallas. Después de esto el producto es empacado. Generalmente, esta empacado en una caja de cartón o envuelto en papel o plástico vinipel para proteger su acabado y poder distribuirlo garantizando que llegue en buenas condiciones al consumidor final.

6.2 Entrevista

Se visitaron diferentes talleres de fabricación y reparación de calzado local para conocer aspectos de producción y técnicos, para rescatar o adquirir información relevante que ayudaría posteriormente al desarrollo de este trabajo.

De este proceso de entrevistas, se obtuvieron indicadores tales como; uso de materiales, desechos de residuos, entre otros, con los cuales se pudo conocer y evidenciar los materiales que más se implementan como materia prima para la fabricación de zapatos, los adhesivos que usan y un montón de conocimiento que los fabricantes poseen.

A continuación, se presenta una de las entrevistas y una encuesta de las que se llevaron a cabo.

Empresa: Calzado JOHE

¿Cuál etapa de producción requiere más tiempo?

R//: Se usan diferentes máquinas para cada proceso como, máquina de coser, ensanchadora, pulidora, prensa, remachadora, horno, y elementos de corte como tijeras y bisturí. Cada cosa que se necesita hacer, cada paso tiene su herramienta o máquina, que sí ayuda le ayuda a uno en el proceso, pero la parte que yo creo que necesita más tiempo es el ensuelado o pegado porque hay que dejar que seque muy bien y mirar si necesita ser calentado en el horno, porque cuando uno usa adhesivo de PVC debe ser calentado para que pegue bien.

¿Cuál o cuáles son los materiales que más implementa y por qué?

R//: Se usa mucho las telas como: lona, cuerina y mezclilla.

Accesorios como: broches, hebillas y taches y para correa, pegas, y variedad de suelas.

¿Qué tipo de pegamento usa?

R//: Uso el común, el pegamento amarillo de PVC, y cuando lo uso hay que meterlo al horno, porque el calor hace que se adhieran más las piezas con ese pegante.

¿Qué hace con los desechos (sobrantes) de material?

R//: yo los sobrantes o pedacitos de retal sobrante de algún material los reutilizo, pero si es un pedacito medio grande, si no, ya eso se va a la basura.

¿Le interesan los materiales ecológicos?

R//: Sí, aunque, aunque no conozco muchos y además no conozco bien su producción.

¿Ha probado materiales ecológicos?

R//: Si, de hecho, yo me acuerdo que una vez sí usé unas suelas de lo que llamamos fibras naturales. Creo yo que el más material más ecológico que he usado es la suela de corcho. Pero el corcho ya está discontinuado, ya no venden suelas de corcho al menos acá en Medellín no.

¿Conoce la huella de carbono de su fábrica?

R//: No. No sé qué es una huella de carbono y tampoco sabía que tenía que conocerla.

¿Cree usted que su fábrica contribuye así sea un poco en la contaminación de la ciudad?

R//: No, pues como yo compro todos los materiales ya hechos, y yo solo los uno. Yo compro las telas, las suelas y los herrajes, entonces no creo que pueda producir contaminación

¿Sabe el consumo de energía y agua que consume la empresa?

R//: Pues lo que pago de servicios públicos.

Energía 130 kwh = \$55,946.15

Agua 12m³ = \$ 39,794.32

¿Ha calculado la huella de carbono de alguno de sus productos?

R//: No, yo creí que la contaminación solo era producida por los carros y las grandes empresas, desconocía que locales como el mío también pudiera generar alguna cantidad de contaminación.

¿En cuál fabrica trabaja usted? Corrado Joke

1. ¿Cuál línea de calzado es la que más fabrican?

- a. Mujer b. Hombre c. Niños

2. ¿Para cuál temporada del año se fabrican más zapatos?

- a. Invierno b. Verano

3. Indiferente a la línea de calzado, aproximadamente ¿cuantos pares de zapatos fabrican al año?

- ~ c ~ o ~ 3 a. 1.000 b. Entre 2.000 y 3.000 c. Más de 3.000

4. ¿Cuál o cuáles son los materiales que más se implementan como materia prima para la fabricación de zapatos?

- a. Piel b. Sintéticas c. materiales orgánicos

5. ¿Cuál o cuáles son los tipos de suela que usan?

- a. Suelas de PVC d. Suelas de materiales orgánicos
b. Suelas EVA e. Suelas de NYLON - Poliamida
c. Suelas de Poliuretanos f. Suelas Goma termoplástica

Otro, ¿Cuál? _____

6. ¿Fabrican ustedes las suelas?

- a. Sí b. No

7. ¿Qué tipo de adhesivo utilizan?

a. Adhesivos Base Agua

c. Adhesivos Hot Melt

b. Adhesivos de poliuretano

d. Adhesivos de contacto

Otro, ¿Cuál? _____

8. ¿Qué hacen con los residuos de material?

a. Se reutilizan

c. Se desechan de forma correcta

b. Se regalan

d. Simplemente se botan

9. ¿Hay alguna persona en su empresa encargada de tratar los temas ambientales?

a. Sí

b. No

10. ¿Cree usted que los materiales e insumos que implementan para la fabricación de zapatos, contribuye en la contaminación ambiental del aire?

a. Sí

b. No

11. ¿En su puesto de trabajo, utiliza elementos de seguridad como guantes, tapabocas etc?

a. Sí

b. No

12. ¿Cree usted que su salud se ha visto afectada por las condiciones de su trabajo?

a. Sí

b. No

✓ 6.3 Sistematización de los datos

En la obtención de los resultados de los instrumentos tanto de entrevistas como de encuestas, se obtuvieron datos de frecuencia, porcentaje, y porcentaje acumulado que posteriormente fueron contrastados empíricamente; tanto los datos mixtos como los cuantitativos. Para esto se cruzaron ambos resultados, los de las entrevistas como los de las encuestas, para realizar un análisis multivariado de forma descriptiva.

A continuación, se muestra de forma gráfica todo el análisis estadístico.

✓ **6.3.1 Frecuencias datos estadísticos.**

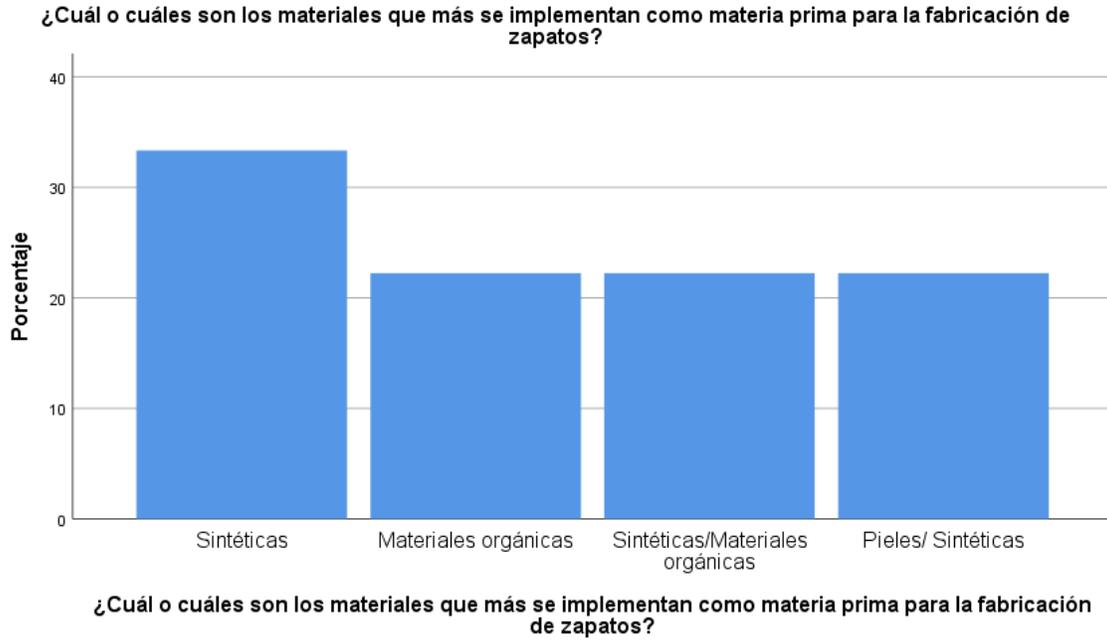
		¿Cuál o cuáles son los materiales que más se implementan como materia prima para la fabricación de zapatos?	¿Cuál o cuáles son los tipos de suela que usan?	¿Qué tipo de adhesivo utilizan?	¿Qué hacen con los residuos de material?	¿Cree usted que los materiales e insumos que implementan para la fabricación de zapatos, contribuye en la contaminación ambiental del aire?	¿Cree usted que su salud se ha visto afectada por las condiciones de su trabajo?
N	Válido	9	9	9	9	9	9
	Perdidos	0	0	0	0	0	0

Se realizaron 9 entrevistas y a los entrevistados se les realizó una encuesta.

Tanto de las encuestas como de las entrevistas se tomaron las preguntas con mayor relevancia para determinar si hay cruce de información y posteriormente tomar sus resultados para un análisis multivariado como base o foco central para el desarrollo de este proyecto.

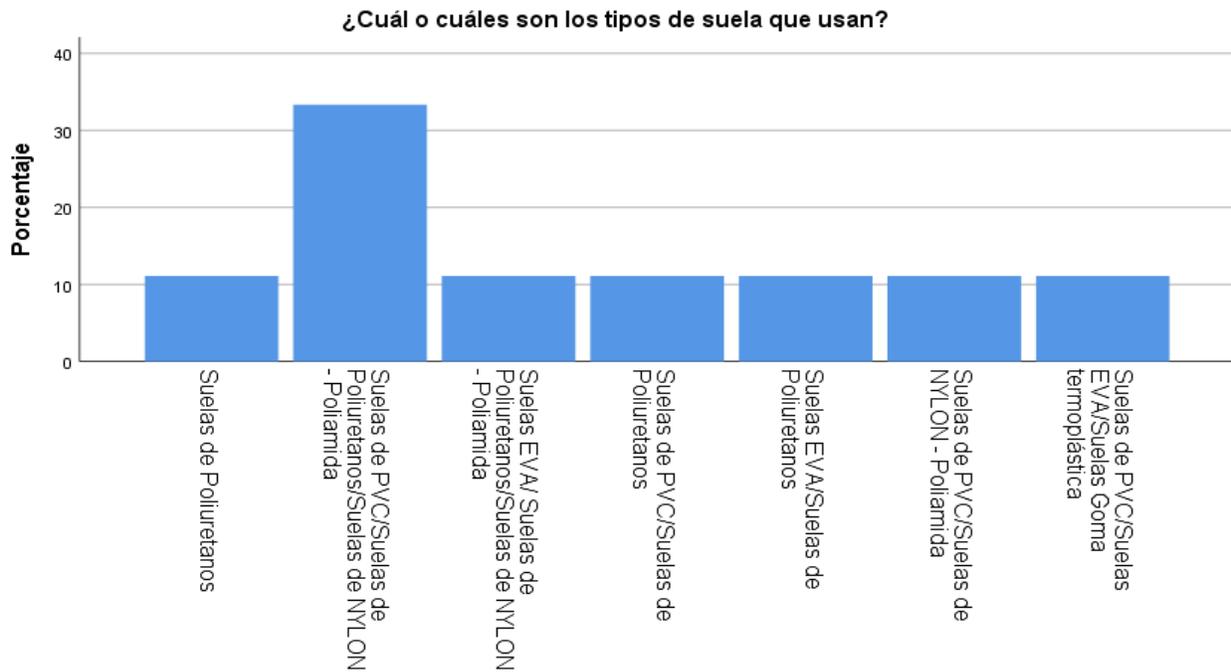
Tablas de frecuencias.

Figura 7. Análisis estadístico 1



Con este resultado se puede notar qué, en las empresas en donde se realizaron los instrumentos allí se tiene mayor inclinación por usar materiales sintéticos en sus producciones, pues cabe destacar que los materiales o pieles sintéticas son un tipo de cuero que no usa piel animal para ser elaborada.

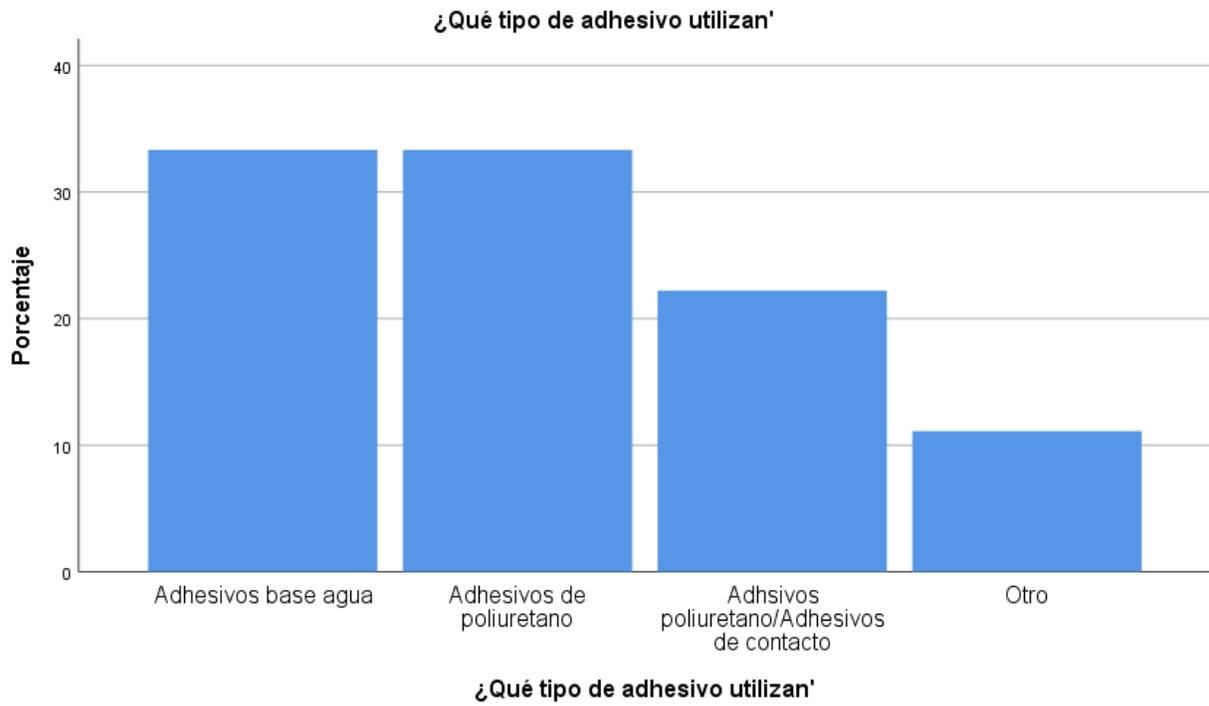
Figura 8. Análisis estadístico 2



En este resultado se destacan las suelas poliméricas. De debe tener en cuenta que las empresas visitadas no fabricaban sus suelas, por lo cual, ellas deben adquirir este producto con terceros.

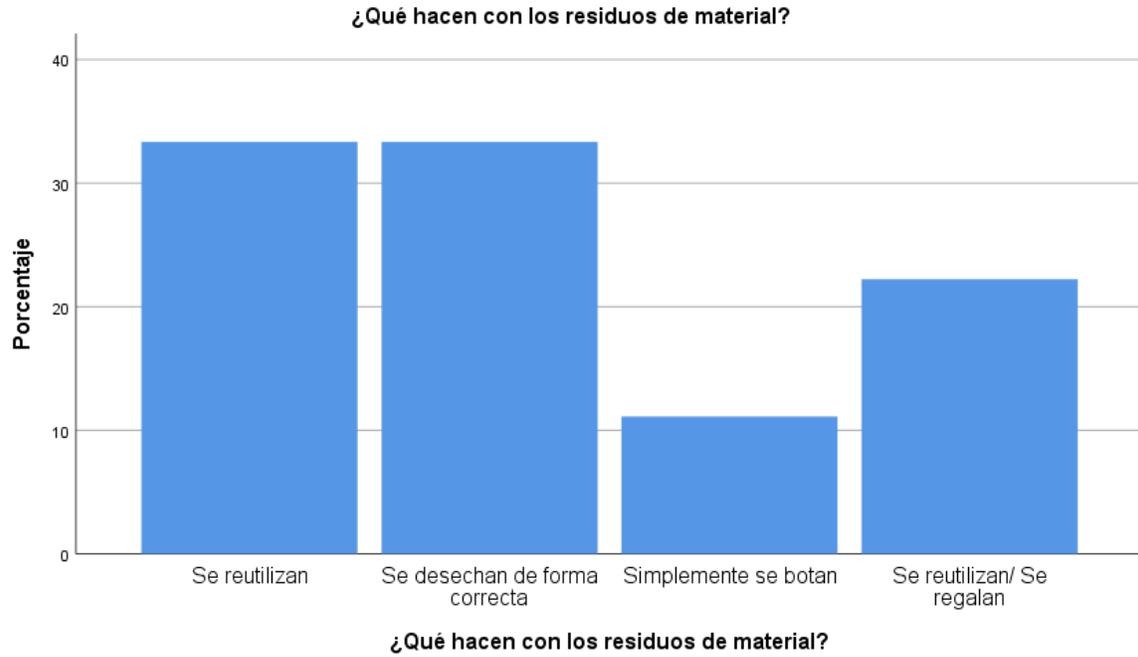
Las suelas poliméricas son las que más se encuentran en el mercado por su fácil fabricación, pero estas también tienen mayor grado de contaminación en el medio ambiente.

Figura 9. Análisis estadístico 3



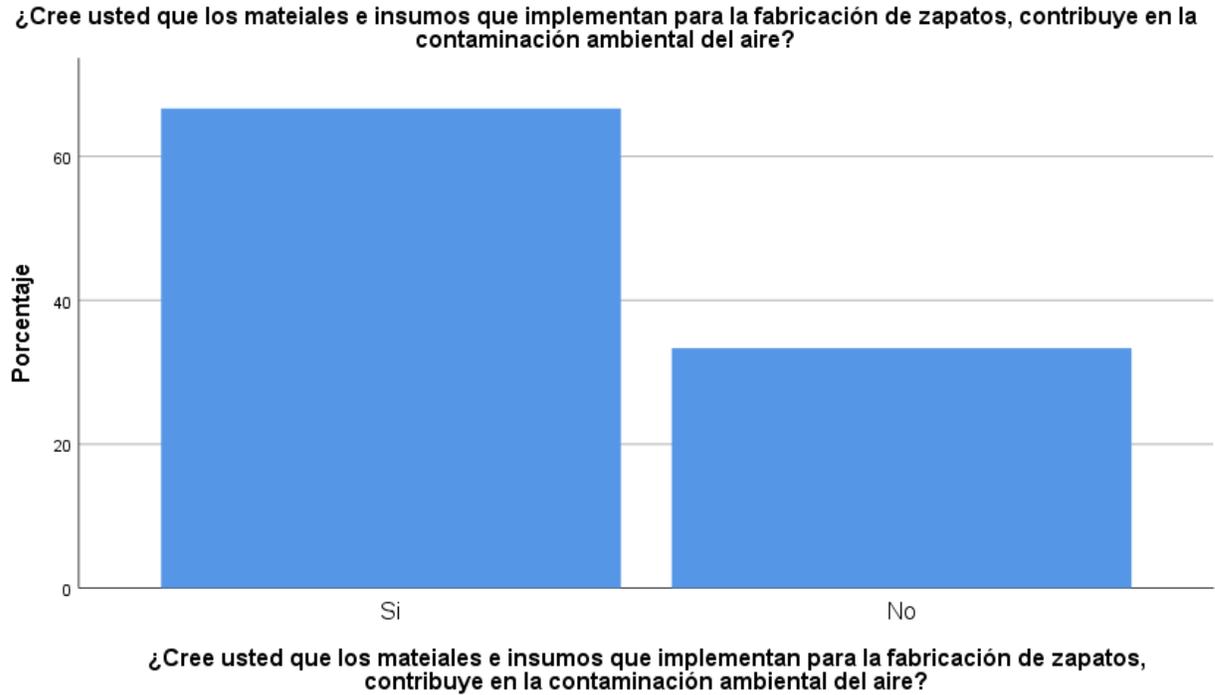
Dependiendo del tipo de suela que se emplee se debe usar un tipo de pegamento, y hasta se deben llevar a cabo varios procesos para cada uno, por ejemplo, cuando se usa el pegamento de PVC, este se aplica en las piezas que se van a pegar y posteriormente estas piezas deben calentarse para así tener mejor resultado del pegamento adquiriendo mayor resistencia.

Figura 10. Análisis estadístico 4



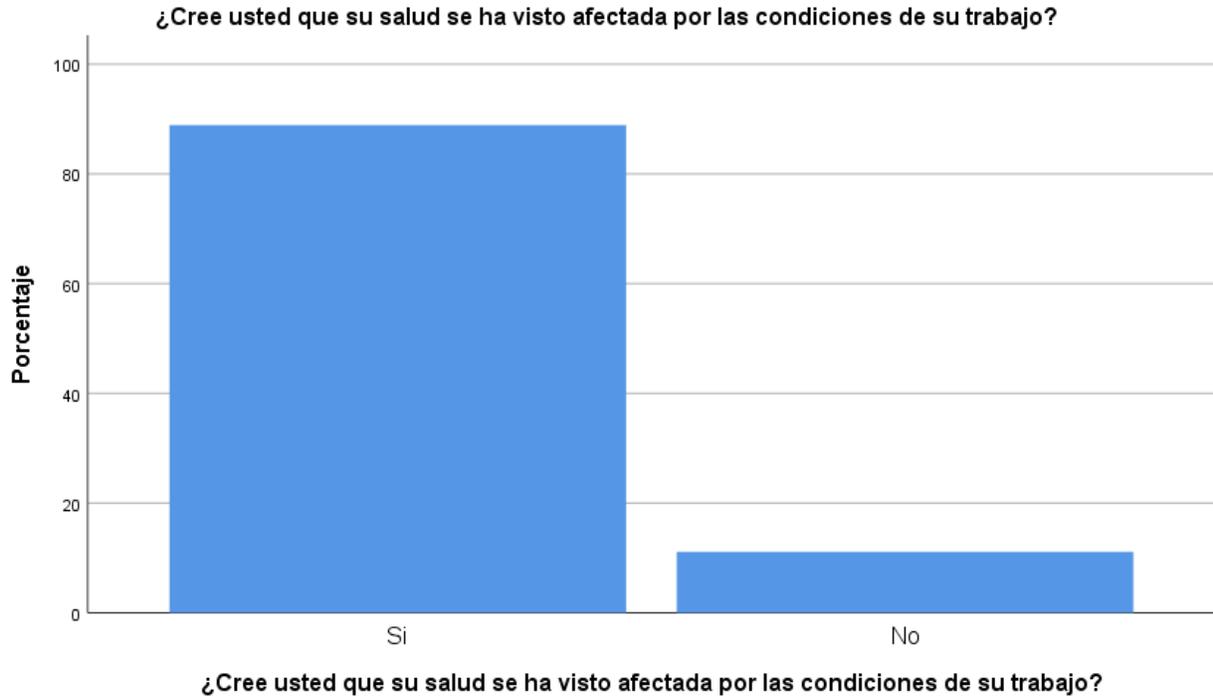
Es importante tener un buen desecho de los residuos, pues eso no solo poder ir a los vertederos de cualquier forma, es necesario separarlos por tipo de material, pues si hay una adecuada separación de los residuos, la recuperación de estos para su reciclabilidad es mayor.

Figura 11. Análisis estadístico 5



Aunque los entrevistados manifestaron que no conocían la huella de carbono de su empresa e incluso ninguna de sus productos, estos fabricantes tienen presente que hay un nivel de contaminación emitido por ellos, esto es importante, porque conlleva al mejoramiento de sus procesos y técnicas explorando otros materiales que quizá no conocían como los materiales naturales. Es necesario concientizar a los fabricantes de esto, pues el planeta pasa por unos grados de contaminación considerables y es necesario aportar a la reducción de los mismos.

Figura 12. Análisis estadístico 6.



Al haber emisiones de gases contaminantes en un puesto de trabajo se considera que la salud de los empleados está en riesgo, por lo cual se le sugirió a las empresas tener esto presente y tener en consideración emplear elementos de protección como mascararas de oxígenos sobre todo en las áreas de soladura que es en donde se usan los adhesivos para soldar o pegar el carzado.

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación
¿Cuál o cuáles son los materiales que más se implementan como materia prima para la fabricación de zapatos?	9	2	5	3,33	1,225
¿Cuál o cuáles son los tipos de suela que usan?	9	3	14	8,89	3,296
¿Qué tipo de adhesivo utilizan?	9	1	6	2,78	1,986
¿Qué hacen con los residuos de material?	9	1	5	2,89	1,616
¿Cree usted que los materiales e insumos que implementan para la fabricación de zapatos, contribuye en la contaminación ambiental del aire?	9	1	2	1,33	,500
¿Cree usted que su salud se ha visto afectada por las condiciones de su trabajo?	9	1	2	1,11	,333
N válido (por lista)	9				

✓ **6.3.2 Tablas cruzadas.**

Avisos

Las Pruebas de homogeneidad de la tabla de razón de ventajas y de la tabla de estimación de razón de ventajas común de Mantel-Haenszel no se han calculado para ¿Cuál o cuáles son los materiales que más se implementan como materia prima para la fabricación de zapatos? * ¿Qué hacen con los residuos de material?, porque (1) la variable del grupo no tiene dos valores no perdidos exactamente distintos y/o (2) la variable de respuesta no tiene dos valores no perdidos exactamente distintos.

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdido		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
¿Cuál o cuáles son los materiales que más se implementan como materia prima para la fabricación de zapatos? * ¿Qué hacen con los residuos de material?	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%

Tabla cruzada ¿Cuál o cuáles son los materiales que más se implementan como materia prima para la fabricación de zapatos? * ¿Qué hacen con los residuos de material? (4/8)

		¿Qué hacen con los residuos de material?				Total
		Se reutilizan	Se desechan de forma correcta	Simplemente se botan	¿Qué hacen con los residuos de material? Se reutilizan / se regalan	
¿Cuál o cuáles son los materiales que más se implementan como materia prima para la fabricación de zapatos?	Sintéticas	1	2	0	0	3
	Materiales orgánicos	0	1	0	1	2
	Sintéticas/Materiales orgánicos	1	0	0	1	2
	Pieles/ Sintéticas	1	0	1	0	2
	Total	3	3	1	2	9

Tablas cruzadas

Avisos

Las Pruebas de homogeneidad de la tabla de razón de ventajas y de la tabla de estimación de razón de ventajas común de Mantel-Haenszel no se han calculado para ¿Cuál o cuáles son los materiales que más se implementan como materia prima para la fabricación de zapatos? * ¿Qué hacen con los residuos de material?, porque (1) la variable del grupo no tiene dos valores no perdidos exactamente distintos y/o (2) la variable de respuesta no tiene dos valores no perdidos exactamente distintos.

Las Pruebas de homogeneidad de la tabla de razón de ventajas y de la tabla de estimación de razón de ventajas común de Mantel-Haenszel no se han calculado para ¿Cuál o cuáles son los materiales que más se implementan como materia prima para la fabricación de zapatos? * ¿Qué tipo de adhesivo utilizan?, porque (1) la variable del grupo no tiene dos valores no perdidos exactamente distintos y/o (2) la variable de respuesta no tiene dos valores no perdidos exactamente distintos.

Las Pruebas de homogeneidad de la tabla de razón de ventajas y de la tabla de estimación de razón de ventajas común de Mantel-Haenszel no se han calculado para ¿Cuál o cuáles son los materiales que más se implementan como materia prima para la fabricación de zapatos? * ¿Cree usted que su salud se ha visto afectada por las condiciones de su trabajo?, porque (1) la variable del grupo no tiene dos valores no perdidos exactamente distintos y/o (2) la variable de respuesta no tiene dos valores no perdidos exactamente distintos.

Las Pruebas de homogeneidad de la tabla de razón de ventajas y de la tabla de estimación de razón de ventajas común de Mantel-Haenszel no se han calculado para ¿Cuál o cuáles son los tipos de suela que usan? * ¿Qué hacen con los residuos de material?, porque (1) la variable del grupo no tiene dos valores no perdidos exactamente distintos y/o (2) la variable de respuesta no tiene dos valores no perdidos exactamente distintos.

Las Pruebas de homogeneidad de la tabla de razón de ventajas y de la tabla de estimación de razón de ventajas común de Mantel-Haenszel no se han calculado para ¿Cuál o cuáles son los tipos de suela que usan? * ¿Qué tipo de adhesivo utilizan', porque (1) la variable del grupo no tiene dos valores no perdidos exactamente distintos y/o (2) la variable de respuesta no tiene dos valores no perdidos exactamente distintos.

Las Pruebas de homogeneidad de la tabla de razón de ventajas y de la tabla de estimación de razón de ventajas común de Mantel-Haenszel no se han calculado para ¿Cuál o cuáles son los tipos de suela que usan? * ¿Cree usted que su salud se ha visto afectada por las condiciones de su trabajo?, porque (1) la variable del grupo no tiene dos valores no perdidos exactamente distintos y/o (2) la variable de respuesta no tiene dos valores no perdidos exactamente distintos.

Las Pruebas de homogeneidad de la tabla de razón de ventajas y de la tabla de estimación de razón de ventajas común de Mantel-Haenszel no se han calculado para ¿Cree usted que los materiales e insumos que implementan para la fabricación de zapatos, contribuye en la contaminación ambiental del aire? * ¿Qué hacen con los residuos de material?, porque (1) la variable del grupo no tiene dos valores no perdidos exactamente distintos y/o (2) la variable de respuesta no tiene dos valores no perdidos exactamente distintos.

Las Pruebas de homogeneidad de la tabla de razón de ventajas y de la tabla de estimación de razón de ventajas común de Mantel-Haenszel no se han calculado para ¿Cree usted que los materiales e insumos que implementan para la fabricación de zapatos, contribuye en la contaminación ambiental del aire? * ¿Qué tipo de adhesivo utilizan', porque (1) la variable del grupo no tiene dos valores no perdidos exactamente distintos y/o (2) la variable de respuesta no tiene dos valores no perdidos exactamente distintos.

¿Cuál o cuáles son los tipos de suela que usan? * ¿Qué hacen con los residuos de material? (5/8)

Tabla cruzada

		¿Qué hacen con los residuos de material?				Total
		Se reutilizan	Se desechan de forma correcta	Simplemente se botan	¿Qué hacen con los residuos de material? Se reutilizan/ Se regalan	
¿Cuál o cuáles son los tipos de suela que usan?	Suelas de Poliuretanos	0	0	0	1	1
	Suelas de PVC/Suelas de Poliuretanos/Suelas de NYLON - Poliamida	0	3	0	0	3

Suelas EVA/ Suelas de Poliuretanos/Suel as de NYLON - Poliamida	0	0	0	1	1
Suelas de PVC/Suelas de Poliuretanos	1	0	0	0	1
Suelas EVA/Suelas de Poliuretanos	1	0	0	0	1
Suelas de PVC/Suelas de NYLON - Poliamida	0	0	1	0	1
Suelas de PVC/Suelas EVA/Suelas Goma termoplástica	1	0	0	0	1
Total	3	3	1	2	9

¿Cuál o cuáles son los tipos de suela que usan? * ¿Qué tipo de adhesivo utilizan' (5/7)

Tabla cruzada

¿Qué tipo de adhesivo utilizan?

		Adhesivos base agua	Adhesivos de poliuretano	Adhesivos poliuretano/Adhesivos de contacto	¿Qué tipo de adhesivo utilizan' / otro	Total
¿Cuál o cuáles son los tipos de suela que usan?	Suelas de Poliuretanos	1	0	0	0	1
	Suelas de PVC/Suelas de Poliuretanos/Suelas de NYLON - Poliamida	1	0	1	1	3
	Suelas EVA/ Suelas de Poliuretanos/Suelas de NYLON - Poliamida	1	0	0	0	1
	Suelas de PVC/Suelas de Poliuretanos	0	1	0	0	1
	Suelas EVA/Suelas de Poliuretanos	0	1	0	0	1

	Suelas de PVC/Suelas de NYLON - Poliamida	0	1	0	0	1
	Suelas de PVC/Suelas EVA/Suelas Goma termoplástica	0	0	1	0	1
Total		3	3	2	1	9

¿Cuál o cuáles son los tipos de suela que usan? * ¿Cree usted que su salud se ha visto afectada por las condiciones de su trabajo? (5/12)

Tabla cruzada

		¿Cree usted que su salud se ha visto afectada por las condiciones de su trabajo?		
		Si	No	Total
¿Cuál o cuáles son los tipos de suela que usan?	Suelas de Poliuretanos	1	0	1
	Suelas de PVC/Suelas de Poliuretanos/Suelas de NYLON - Poliamida	3	0	3
	Suelas EVA/ Suelas de Poliuretanos/Suelas de NYLON - Poliamida	1	0	1
	Suelas de PVC/Suelas de Poliuretanos	0	1	1
	Suelas EVA/Suelas de Poliuretanos	1	0	1
	Suelas de PVC/Suelas de NYLON - Poliamida	1	0	1
	Suelas de PVC/Suelas EVA/Suelas Goma termoplástica	1	0	1
	Total	8	1	9

¿Cree usted que los materiales e insumos que implementan para la fabricación de zapatos, contribuye en la contaminación ambiental del aire? * ¿Qué hacen con los residuos de material? (10 /8)

Tabla cruzada

¿Qué hacen con los residuos de material?

		Se reutilizan	Se desechan de forma correcta	Simplemente se botan	Se reutilizan/ Se regalan	Total
¿Cree usted que los materiales e insumos que implementan para la fabricación de zapatos, contribuye en la contaminación ambiental del aire?	Si	1	3	0	2	6
	No	2	0	1	0	3
	Total	3	3	1	2	9

¿Cree usted que los materiales e insumos que implementan para la fabricación de zapatos, contribuye en la contaminación ambiental del aire? * ¿Qué tipo de adhesivo utilizan' (10/7)

Tabla cruzada

		¿Qué tipo de adhesivo utilizan'				Total
		Adhesivos base agua	Adhesivos de poliuretano	Adhesivos poliuretano/Adhesivos de contacto	Otro	
¿Cree usted que los materiales e insumos que implementan para la fabricación de zapatos, contribuye en la contaminación ambiental del aire?	Si	3	1	1	1	6
	No	0	2	1	0	3
Total		3	3	2	1	9

¿Cree usted que los materiales e insumos que implementan para la fabricación de zapatos, contribuye en la contaminación ambiental del aire? * ¿Cree usted que su salud se ha visto afectada por las condiciones de su trabajo? (10/12)

Tabla cruzada

		¿Cree usted que su salud se ha visto afectada por las condiciones de su trabajo?		
		Si	No	Total
¿Cree usted que los materiales e insumos que implementan para la fabricación de zapatos, contribuye en la contaminación ambiental del aire?	Si	6	0	6
	No	2	1	3
Total		8	1	9

Capítulo 7. Calzado de referencia

Mocasín como calzado de referencia para rediseño

El mocasin se ha tomado como calzado de referencia teniendo en cuenta que, esta tipología de calzado es mayormente fabricado en materiales como el cuero o sintéticos para imitar dicho material, y estimando que la obtención del cuero se considera como un proceso textil de bastante contaminación porque “la curtiduría es una de las fases de mayor importancia en todas las categorías de impacto, debido al vertido de residuos de curtiembre, esas emisiones son responsables de la contribución al cambio climático, formación de ozono fotoquímico, acidificación y eutrofización” (Pacheco Blanco, et al. 2015, pág. 138).

Por lo cual este proyecto ha adoptado este calzado para su rediseño basandose en una metodología de diseño ecologico, fabricandolo con materiales de menor impacto como las fibras naturales.

Figura 13. Partes del mocasín



Fuente: 4. Mocasín Felisa de cuero para mujer. Tomado de <https://www.velez.com.co/1020467-mocasines-felisa-de-cuero-para-mujer/p>

7.1 Proceso del cuero

El proceso de la obtención del cuero es: El sacrificio de la res, se le quita la piel al animal, se limpia la piel, se emulsiona y al final se pinta. Después de pintar, se troquela el cuero dependiendo de la forma que lleva el zapato.

Tratamiento de pieles: (Pacheco Blanco et al. (2015) Esta etapa se inicia una vez han sido extraídas las pieles de los animales, que se desinfectan y curan. El “curado” consiste en apilar las pieles con gran cantidad de sal durante 30 días para que la sal absorba las sustancias líquidas de la piel. (pág.135. Prr.4).

(Aproque s.f) Se produce la recepción de los cueros que provienen de frigoríficos y mataderos y se recortan las partes inservibles. Si los cueros no van a usarse inmediatamente en el proceso, se los acondiciona para poder conservarlos. La grasa adherida a la carne del cuero, y los restos de carne, son separados pasando la piel por una máquina descarnadora dotada de cilindros con cuchillas (par.1).

El proceso consta de tres etapas: el precurtido, el curtido y el acabado.

... **El precurtido:** (Pacheco Blanco et al. (2015) Esta operación comienza con el remojo y lavado de la piel. Durante el pelambre, que dura aproximadamente 24 horas, el pelo es eliminado, y la piel se hincha y abre sus fibras permitiendo el ingreso de los productos químicos usado en la etapa anterior.

Esta operación se lleva a cabo con dos fines principales: impedir la putrefacción del cuero y mejorar su apariencia y propiedades físicas, asegurando la estabilidad química y biológica del

mismo. Este proceso puede efectuarse utilizando curtientes vegetales o sales de cromo; El curtido vegetal, se aplica en particular a las pieles de los bovinos destinadas a la producción de cueros para suelas de calzado. El curtido mineral se aplica cuando se desea obtener cueros finos, muy flexibles, delgados y suaves, este es el más usado.

El precurtido tiene como objetivo Tiene por objeto limpiar la piel, así como eliminar la capa interna conjuntiva y todos los pelos o cerdas en aquellos casos en que el producto acabado deba estar en condiciones. El precurtido dota de elasticidad y flexibilidad a la piel. (pág.135. prr.5) ... En las distintas etapas del precurtido, es donde se produce un mayor nivel de contaminación a través de las aguas residuales, que contienen sulfuro como principal sustancia contaminante y una gran cantidad desales. El sulfuro se utiliza en la eliminación del pelo, sobre todo en las tenerías de pieles lanares. (Pacheco Blanco et al. 2015, pág.135. prr.6).

...El curtido: Es el proceso que da a la piel el carácter inerte frente a los agentes exteriores. En la curtición, las sustancias más contaminantes son el cromo III y la salmuera. El cromo debido al reciclado del agua de los baños, se encuentra en concentraciones muy bajas. Los taninos vegetales, que fundamentalmente se utilizan en las pieles vacunas, son de difícil biodegradabilidad, deben ser eliminados mediante tratamientos físico-químicos. (pág.135. prr.7).

(Aproque s.f) Después del curtido, el cuero se deja reposar para que el curtiente se fije mejor y para que se deshidrate hasta cierto punto. Este procedimiento se realiza en caballetes, apilando las pieles durante el tiempo que requieran, dependiendo de la humedad con que lleguen a esta etapa. Luego se llevan los cueros a un escurrido más exigente en una máquina escurridora, la cual posee un par de rodillos que giran a gran velocidad (par.2)

... **El acabado:** (Pacheco Blanco et al. (2015) Confiere a la piel el aspecto deseado. Sólo entre un 20- 25% en peso de la materia prima se transforma en piel curtida acabada, el resto de la piel procesada se convierte en residuos sólidos. Los residuos y subproductos sólidos que se generan en una tenería tienen un alto contenido en grasas, colágeno, proteínas, poder absorbente, poder calorífico en la combustión, resistencia mecánica, aislante térmico y acústico, etc. Aunque su aprovechamiento no siempre es rentable porque van acompañados de una gran cantidad de agua. Suele ser más económico depositarlos en el suelo o en un vertedero controlado. Algunos de estos residuos, como las carnazas, serrajes y recortes de serraje deben acondicionarse antes de ser depositados, porque se pudren fácilmente, causando problemas por el ataque bacteriano, olores desagradables, atracción de moscas, etc. (pág.135. prr.8).

7.2 Fabricación del mocasín

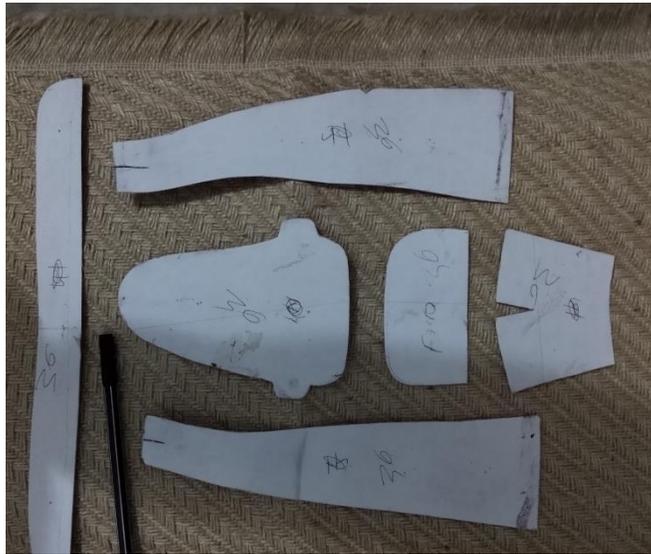
El mocasín se caracteriza por tener punta redonda, no lleva adornos; solamente hebilla o cintas de amarre y la altura de tacón es mínima.

El mocasín solo tiene 3 piezas fundamentales, la chapeta (usualmente llamada lengua), los laterales y una parte trasera (talonera) a parte de la suela.

1. Preguarnecido:

Se tiene el molde adecuado de cada pieza que se necesita cortar. Teniendo definido el material a usar, se raya con la forma del molde para identificar las líneas de corte, si lleva algún tipo de dobléz o si su estilo es diferente y la distancia del borde al hilo de costura.

Figura 14. Moldes de mocasín



Fuente: 8. Imagen propia. Preparación de moldes sobre material para la fabricación de calzado.

En los extremos, en la parte en donde se va a costurar el zapato se tiene que hacer un pequeño desbaste en el material, porque al unir las dos piezas, estas deben estar delgadas para que al momento de unirse la costura quede bien y el zapato no quede rustico o con un mal acabado. Para dicho desbaste hay empresas que usan una maquina llamada “Camoga”, con esta máquina se le puede dar un calibre al material o sea a las telas con las que se pretende fabricar el zapato.

Básicamente en esta etapa se hace: biselar las piezas con la forma adecuada, darle el estilo deseado como; “chiripeados” o perforaciones y dejar rayada las piezas para que posteriormente en guarnecida que es en donde se cosen las piezas, se arme con estas la capellada.

2. Guarnecido:

Teniendo cada pieza Preguarnecida con cada uno de sus detalles, se procede a guarnecer, ósea coser para unir cada una de esas piezas; los laterales, las punteras y taloneras teniendo en cuenta

cuales piezas van unidas entre sí. Estas partes deben ir cosidas firmemente para aportar durabilidad y debe hacerse de forma sutil para un buen acabado. Existe una gran variedad de construcción del calzado: el montado convencional, el cosido blake, el san crispino, el cosido guante, el strober, el goodyear, el kiowa, el vulcanizado y el de inyección directa al corte. El proceso de unión de las piezas suele hacerse con máquinas de coser piel que pueden ofrecer diferentes patrones de cosido dejando un acabado uniforme. En el caso del mocasín la “vena” se hace de forma manual.

En esta etapa también se le colocan cada uno de los elementos adicionales como hebillas, botones, cordonerías, etc.

Después de costurar las piezas, queda un solo cuerpo llamado “*capellada*”. Esta capella en todo su borde tiene alrededor de 10 mm de ventaja para poder pegarlo posteriormente a la plantilla de montado, dejando el área de montaje libre para aplicar el adhesivo

3. Producción

Teniendo la capellada se lleva al área de producción en donde se pondrá su plantilla de montado.

Aquí, se monta y se realiza el acabado del calzado, juntando las plantillas o “avíos”, una vez esto se realiza, se procede a colocar sobre la horma la capellada estirándola bien, y sin aflorar en los 10 mm de ventaja, de le aplica adhesivo al igual que a la plantilla de montado para que estas peguen uniformemente y se adhieran bien y así obtener un solo cuerpo que posteriormente se dispondrá a montar la suela.

La plantilla de montado, “avio” o plantilla de armado tiene la función de servir, como base de construcción del zapato. Sobre ella va montado la capellada y también sostiene la suela.

4. Soldadura

Una vez todo esto está listo siempre pueden quedar sobrantes de piel tras el proceso, por ello es importante realizar una revisión a fin de localizar estos fallos y subsanarlos bien rebajando con una cuchilla o lijando a fin de que ningún defecto pueda afectar a la comodidad del zapato.

Se desbasta el material por las partes que se van a adherir a la suela para aplicarle pegamento. Este proceso tiene su importancia ya que en gran medida es el responsable de que la unión entre dos piezas de distintos materiales permanezca unida a lo largo de la vida útil del calzado.

Normalmente después del proceso de pegado se procede al prensado para aplicar presión en las zonas donde se ha realizado la unión para conseguir un resultado de pegado duradero y uniforme

Figura 15. Plantilla de montado y suela



Fuente: 9. Imagen propia. Se usa esta imagen para entender mejor cuál es y en donde irá la plantilla de montado.

Capítulo 8. Usuario

Caracterización del usuario

El usuario escogido para la realización de este trabajo, se define por la característica de movilidad reducida enmarcada por la situación de discapacidad debido a la falta de uno de sus miembros inferiores.

Como perfil principal se tiene a, mujeres mayores de edad, con dicha limitante de movilidad. Para este ejercicio no es un factor diferenciador la causa de la falta de su miembro inferior.

Agamez Lombana (2018) La Secretaría de Inclusión, Familia y Derechos Humanos de Medellín, indicó que, en Medellín el registro de localización y caracterización de personas con discapacidad es una responsabilidad de la Secretaría de Salud, quienes actualmente se encuentran actualizando el registro y a la fecha presentaron un informe en el que se reveló que existen 57.000 personas en la ciudad que presentan algún tipo de discapacidad (prr.13).

MINSALUD (2018) Declara qué, la discapacidad según la Organización Mundial de la Salud, es un término general y complejo que resulta de la interrelación de las condiciones de salud del individuo, sus deficiencias físicas, intelectuales o cognitivas, sus factores psicosociales con las barreras debidas a la actitud de la comunidad y el entorno en el que vive, obteniendo como resultado dificultades en su participación plena y efectiva en la sociedad en igualdad de condiciones que las personas sin discapacidad (pág.1).

En relación con el párrafo anterior se tiene la siguiente expresión descrita por la Organización Mundial de la salud (2001), “los factores son externos a los individuos y pueden tener una influencia negativa o positiva en el desempeño/realización del individuo como miembro de la sociedad, en la capacidad del individuo o en sus estructuras y funciones corporales” (pág.26). Partiendo de esto, se encuentra la principal razón por la cual se ha desarrollado este proyecto, pues las personas con movilidad reducida enmarcada por el faltante de uno de sus miembros inferiores a la hora de adquirir calzado deben llevar el par de zapatos, aunque solo vayan a usar uno, pues los almacenes no les ofrece la alternativa de llevar un solo zapato, el que necesitan. Por lo cual estas personas deben desechar el otro zapato, siendo este un calzado nuevo y que su nivel de contaminación es durante todo su ciclo de vida desde su fabricación hasta su descomposición teniendo en cuenta que este tarda bastante tiempo en degradarse, entonces al desechar un zapato, no solo se tiene la contaminación ya producida desde su fabricación sino también el residuo sólido o basura que va genera en los vertederos.

La industria del calzado es responsable de un gran flujo de residuos desde el inicio hasta el final de la vida funcional de los zapatos que a menudo se desechan en vertederos. Una restricción que tiene el calzado convencional es, que la posible reutilización o reciclaje de estos está condicionada por el tipo de materiales del que están compuestos, su diversidad y la posibilidad de separarlos.

8.1 Problemas en la extremidad o miembro inferior que la persona dispone

Las personas que han perdido toda o parte uno de sus miembros inferiores, pueden sufrir de dolores fantasmas, los cuales son la sensación de dolor en la extremidad ausente y otras complicaciones como:

- Dolores y padecimientos en la columna vertebral, cadera y rodilla al desplazarse el centro de gravedad y causar cambios posturales y biomecánicos: dolor y trastornos al caminar.
- Aumento de hasta un 80% del gasto cardíaco debido al sobreesfuerzo.
- Aumento del gasto energético al caminar, siendo mayor en los pacientes cuya amputación se debe a enfermedades cardiovasculares.

Capítulo 9. Desarrollo de propuestas de diseño

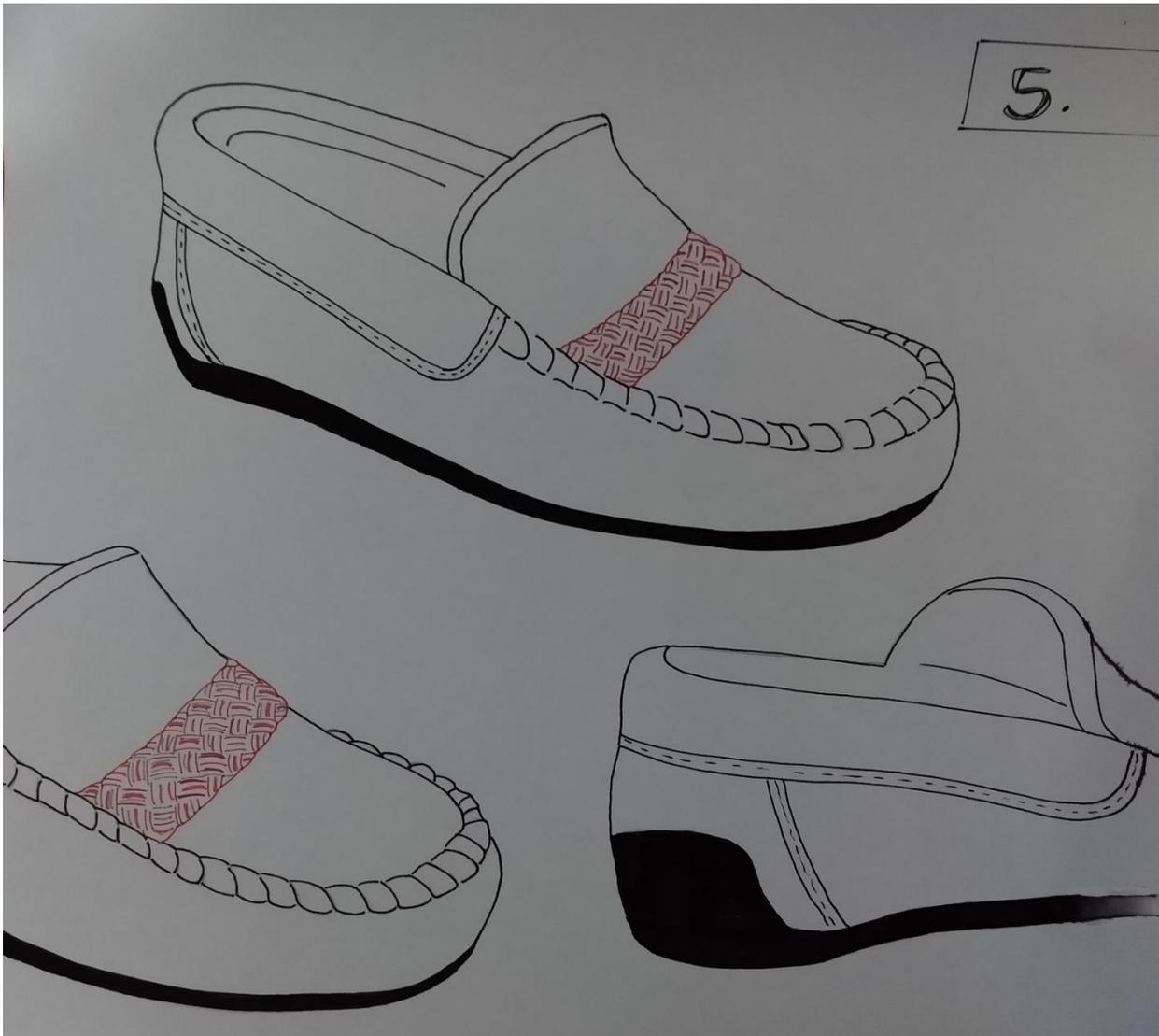
Para el desarrollo de la propuesta de diseño primero se hizo un diagnóstico para capturar una imagen de los modelos de calzado tipo mocasín en la actualidad y posteriormente hacer un análisis para realizar relevamientos e identificar los principales problemas. Así pues, se proponen las posibles mejoras a implementar en función de su material e impacto, y por último se jerarquizan las propuestas de diseño.

Propuesta de diseño

Se realizaron 10 propuestas diseño conservando la tipología del calzado, cambiando y resaltando la interfaz del zapato. De las 10 propuestas realizadas, la usuaria seleccionó la propuesta final definiendo la propuesta No 5, pero sin los materiales. La alternativa de diseño está direccionada para ser fabricada en materiales ecológicos como lo son las fibras naturales.

Los materiales implementados para su fabricación fueron analizados con 10 zapateros de la ciudad de Medellín, a los cuales se les expuso las posibles fibras naturales que se podrían emplear para la fabricación de esta propuesta, entre ellas; fique, algodón orgánico, yute y otros. Posteriormente con base en los materiales socializados, se les realizó una encuesta para así, tomar la decisión sobre cuáles de esas fibras eran las más idóneas para la producción.

Figura 16. Propuesta de diseño No 5



9.1 Materiales seleccionados para el rediseño

Como se declaró anteriormente, para escoger las fibras naturales a usar para la realización del calzado, se llevó a cabo una encuesta a 10 zapateros de la ciudad, el diseño de dicha encuesta fue el siguiente:

De acuerdo con los materiales y la propuesta previamente expuesta, cuales materiales considera usted qué pueden ser empleados para la fabricación de dicha propuesta de calzado...

1. ¿Cuál tipo de suela cree usted que se puede emplear?

- a. Suela de llanta reciclada
- b. Suela de corcho
- c. Suela plástica reciclada
- d. Suela de fique

2. ¿La capellada del calzado se puede guarnecer en?

- a. Fique con madre selva
- b. Madre selva 100% natural
- c. Yute virgen
- d. Caña flecha

3. ¿Cuál adhesivo recomienda para la soldadura del calzado?

- a. Pvc
- b. Adhesivos de base acuosa

c. Adhesivos de poliuretano libres de tolueno

d. Adhesivos Hot Melt

4. ¿Conociendo el diseño del antifaz, cual material recomienda para realizarlo?

a. Seda

b. Hilo de algodón orgánico

c. Yute

d. Fique (cabuya)

e. Caña flecha

f. Madre selva

g. Lino

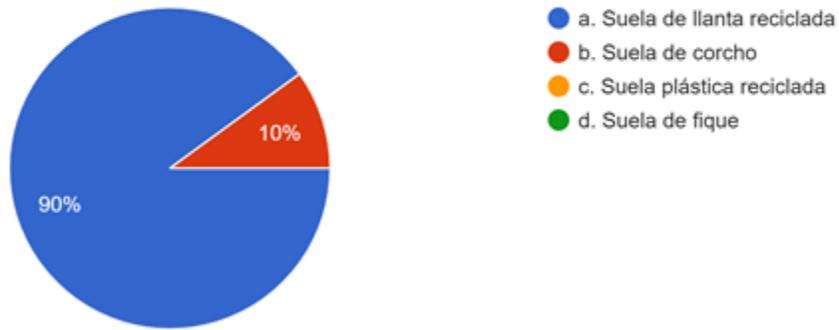
5. ¿Qué tan bien cree usted que funcionaría este producto en comparación con las expectativas de los clientes?

a. Será aceptado positivamente y tendrá buena acogida

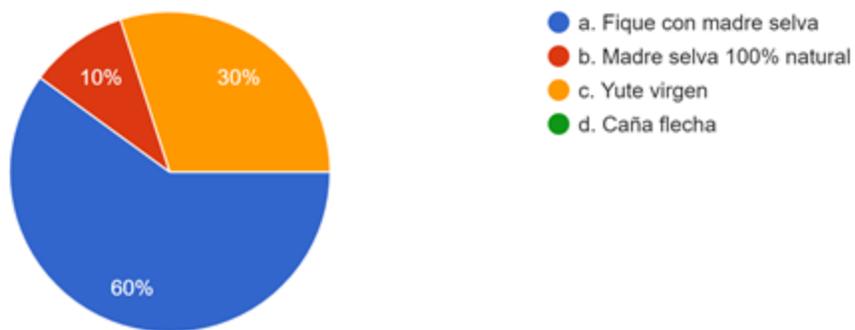
b. No es viable, por los materiales

De la anterior encuesta los resultados obtenidos fueron

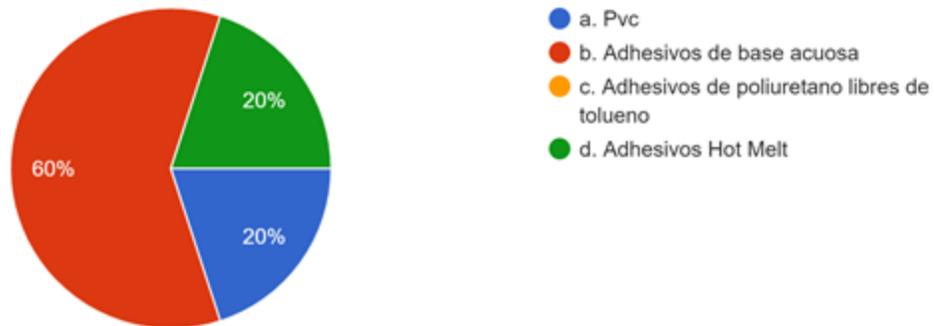
1. ¿Cuál tipo de suela cree usted que se puede emplear?



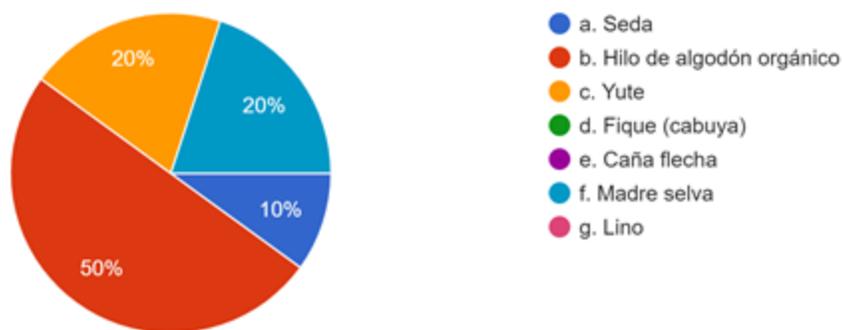
2. ¿La capellada del cazado se puede guarnecer en?



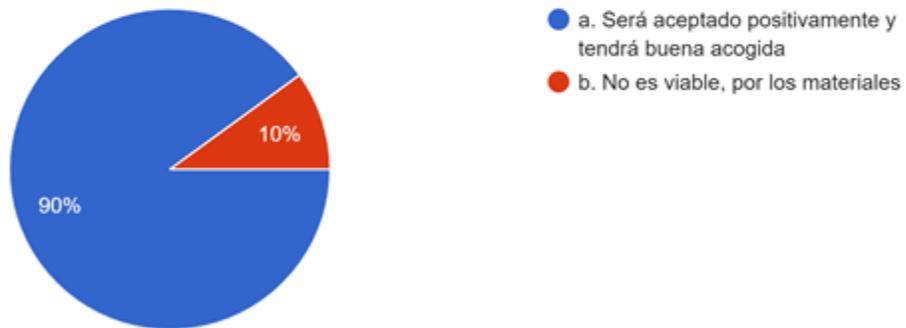
3. ¿Cuál adhesivo recomienda para la soldadura del calzado?



4. ¿Conociendo el diseño del antifaz, cual material recomienda para realizarlo?



5. ¿Qué tan bien cree usted que funcionaría este producto en comparación con las expectativas de los clientes?



Como resultado de la encuesta para la selección de materiales, se definen los materiales resultantes arrojados por dicho instrumento, los cuales fueron: para la capellada fique, para el forro interior madre selva, para el antifaz, algodón orgánico y para la suela; caucho de llanta reciclada.

✓ **Fique.**

El fique es una de las fibras naturales utilizadas para la fabricación de materiales de tipo biomateriales. Esta es una fibra nativa de Colombia, posee una densidad aproximada de 0,870 g/cm³, una resistencia a la tracción de 237 MPa, un módulo de elasticidad de 8,010 GPa y respecto a sus propiedades térmicas puede soportar 220°C sin degradarse (Gómez, Ramón, & Guzmán, 2018, pág. 78)

El fique (*Furcraea* sp) es una planta de la cual se extrae una fibra natural (cabuya) cuya producción se remonta a las épocas indígenas. Es uno de los cultivos más importantes en Colombia, y es empleado como una fibra alternativa en la industria textil, aunque el fique se produce en casi todas las regiones del país, la producción se encuentra concentrada en áreas de minifundio de los departamentos: Cauca, Nariño, Santander y Antioquia.

La extracción de la cabuya se realiza mediante el proceso de beneficio, el cual contempla varias etapas tales como: corte, desfibrado, fermentado, secado, empaque y comercialización.

◆ ***Cortado, desfibrado y lavado:***

Para esto se usa una Máquina desfibradora, que cumple con el propósito de raspar las hojas o pencas, eliminando completamente el bagazo y otros residuos, quedando como resultado una fibra limpia.

El desfibrado consiste en separar la corteza de las hojas de las fibras de cabuya que están en su interior. Posteriormente se extrae el jugo de la fibra natural de fique y se lava con abundante agua para quitarle el color verdoso y esta adquiere un color amarillo que una vez seco se vuelve blanco para que la fibra posteriormente pueda teñir con colorantes de forma más. El lavado se realiza en tanques con el fin de evitar la contaminación de las aguas.

El corte debe ser recto y cerca del tallo y de abajo hacia arriba. Es importante que la planta quede con un mínimo de hojas, entre 15 y 20 para que continúe su proceso biológico.

◆ ***Escarmenado:***

También conocido con el nombre de “peinado”, consiste en despegar y desenredar las fibras, pasando los manojos de fique secos a través de un cepillo de clavos con el fin desenredar. Es necesario aplicar una grasa vegetal a la fibra para poder desenredarla y darle una textura suave. (Proceso del FIQUE, s.f.)

◆ ***Tinturado:***

Esta fase no siempre se lleva a cabo, se realiza solo si se desea que la fibra tenga algún color. Casi nunca se tiñe.

Consiste en aplicar color a la fibra con tintes naturales. Para teñirla se selecciona la cabuya que se va a teñir, teniendo preferencia por las fibras más frescas y las que han obtenido un color más blanco. Se deja en remojo la fibra, se lava con agua y jabón, luego en agua frío o caliente dependiendo de la tinta que se utilice. Se aplica la tintura, los mordientes o fijadores, el suavizante y se deja hervir para que la fibra absorba el color. Después se lava con abundante agua y se extiende para exponerlo al sol.

◆ ***Hilado:***

Después de tinturada o Escarmenada la fibra, se prepara la fibra. El fique escarmenado y tinturado se amarra longitudinalmente a un madero de donde se sacan haces de fibra que se van estirando y calibrando en el torno para formar así el hilo continuo.

Es un arte dentro del sistema artesanal pues hay que unir las fibras con las yemas de los dedos de modo continuo y uniforme para sacar un hilo. (Artesanías de Colombia, s.f.)

◆ **Tejido:**

Tejeduría. Este proceso permite entrelazar las fibras del fique hilado con las fibras de algodón. Se realiza en telares horizontales de diferentes marcos permitiendo elaborar telas de 0.90, 1.20 y 1.50 metros de ancho. Se alternan los hilos en sentido horizontal (urdimbre) y vertical (trama) para obtener una densidad del tejido. El paso de la lanzadera en forma horizontal debe ser coordinado con un movimiento de manos y pies.

Tejidos a mano. También se realizan diversos artículos con agujas o con solo las manos de artesanos y artesanas.

◆ **Engomado:**

Este proceso se realiza para la elaboración de telas. A través de la calandra (máquina engomadora), se impregna el tejido con agua-algodón, lo seca y lo prensa. Esto se realiza para dar textura, consistencia y buen acabado.

✓ **Algodón orgánico.**

El algodón orgánico sólo utiliza productos naturales reportando beneficios al medio ambiente y al consumidor como ejemplo: - *No es tóxico*, preserva la salud de los productores y consumidores. - *Ausencia de plaguicidas* y el uso de algodón no modificados genéticamente (no transgénicos) permite un mayor respeto por los recursos naturales y el ecosistema. - Por último, el uso de algodón orgánico *evita alergias* relacionadas con el uso indebido de productos

químicos. La ausencia de residuos tóxicos, influye en que sea más suave y beneficiosa a la piel (concienciaeco, 2011. prr.9)

Entre el algodón orgánico se encuentra la denomina Madre selva. La madre selva es un textil fabricado a partir de algodón 100% natural se usa mucho para; Cortinas; Arte; Culinaria; Telas multipropósito, telas ecológicas, bolsos ecológicos, lienzos, tapicería, muebles (para interiores y exteriores), lonas y lienzos para zapatería y embonado.

✓ **Suela de llanta reciclada.**

Las suelas de zapatos fabricadas a partir del caucho reciclado de llantas, son compatibles con entresuelas de otros materiales. Su resistencia al desgaste es muy grande, así como su capacidad de agarre a cualquier tipo de suelo o superficie.

✓ **Tinte con achiote.**

(Ver videos sobre proceso industrializado del achiote.
Ubicado en carpeta de anexos fotografías y videos)

Uno de los colorantes naturales más conocidos y de mayor aplicación en diferentes industrias es el que se obtiene a partir de la semilla del achiote (Annatto). Cordoba V. (Como se citó en Devia Pineda & Saldarriaga Calderón, 2003) expone que, el colorante obtenido de las semillas del achiote (annatto) se utiliza en las industrias de los derivados lácteos, cárnicos, grasas, helados,

cosméticos, condimentos, cerámica, pintura, tintes, jabones, esmaltes, barnices, lacas, teñido de sedas y telas de algodón y en la medicina y la industria farmacéutica (pág. 8).

Respecto a las características generales del achiote, (Devia Pineda & Saldarriaga Calderón, 2003) declaran que, el cultivo del achiote (*Bixa orellana*), conocido también como annato, achote, onnote, cocote, bija, bixa, urucu, etc., es originario de la América Tropical.



Fuente: 5. Achiote, usado como pigmento natural. Tomado de <https://www.imbarex.com/es/bixina-y-norbixina-proceso-de-elaboracion/>

... La planta del achiote es un arbusto de rápido crecimiento, que alcanza de cuatro a seis metros de altura, su aspecto es robusto, con flores muy vistosas y de color blancas o rosadas según sea la variedad; el fruto es una cápsula de color pardo rojizo o amarillo verdoso que contiene

de 30 a 45 semillas cubiertas por una delgada capa o arilo que, por su contenido de Bixina, es de color rojo o anaranjado y constituye la sustancia tintórea propiamente (pág. 9).

El proceso de la extracción comienza a partir de una secuencia de actividades que se inicia la obtención del fruto de la planta, este fruto se abre y se extrae las semillas teniendo preferencia por las más frescas para un mejor rendimiento y calidad. Es importante que para este paso se utilicen guantes, para evitar adquirir coloración en las manos ya que la pulpa de las semillas es bastante fuerte no porque sea tóxico sino porque es manchoso.

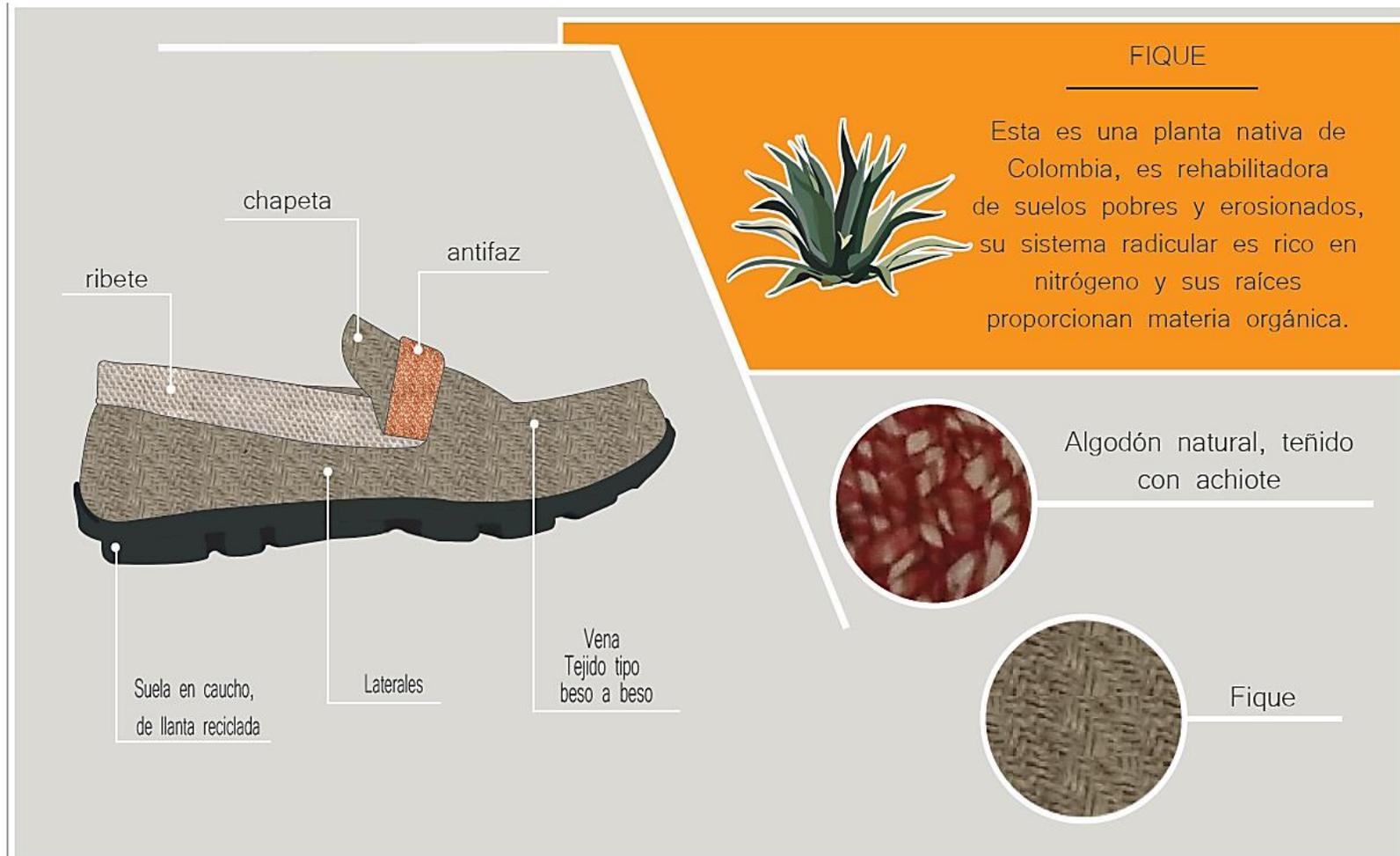
El principal componente del colorante de la semilla del achiote es la bixina de color rojo oscuro. La semilla en realidad es de color blanquecino y está recubierta por la pulpa o ricina, de color rojo oscuro que cuando tiene contacto con el agua, es soluble con este.

El siguiente proceso es remojar en agua fría las semillas del achiote, así el polvo de estas se diluye con el agua y se obtiene la tinta. Es importante que estas semillas se dejen en el agua alrededor de 4 horas, pero si se quiere acelerar el proceso se puede poner las semillas en agua caliente por 2 horas.

Luego se tamiza las semillas para separarlas del líquido, y estas se ponen al sol para que sequen y posteriormente usarlas en otros procesos como ejemplo en artesanías.

Modelo del calzado rediseñado

Al tener seleccionado tanto la propuesta como los materiales, se ha diseñado el siguiente modelo.





Prototipo

Es un producto elaborado bajo la norma ISO 14040 y 14044, normas encargadas de comprender, describir y referenciar los principios para el análisis del ciclo de vida de un producto, la conciencia y protección ambiental y los posibles impactos de los de estos, tanto manufacturados como consumidos. Por lo cual es un calzado con menos impacto ambiental, confeccionado con materiales ecológicos más amigables con el medio ambiente, estos materiales son fibras naturales anteriormente descritas.



Capítulo 10. Resultado Medición Huella de carbono

Análisis del ciclo de vida y Huella de Carbono

Para el análisis de la huella de carbono del zapato fabricado a partir de cuero de bovino y un zapato diseñado y elaborado a partir de fibras naturales, se hará una revisión por cada una de las etapas de su ciclo de vida desde sus entradas y salidas comparado con los datos encontrados y teniendo en cuenta el proceso establecido por Brezet & Van Hemel (como se citó en Capuz Rizo & Gómez Navarro, 2013) partiendo desde cada una de las etapas del ciclo de vida establecidas y citadas por ellos.

✓ **Etapas 1. Obtención de Materias primas**

Calzado de cuero: Un zapato de cuero proviene de un animal bovino, el cual es responsable de emitir a la atmósfera un gas invernadero más potente que el dióxido de carbono; el metano. Este gas se produce en el proceso digestivo de estos animales; adicionalmente, un campo de criadero de bovinos, no se usa para nada más y es destrozado por estos en su crianza, por lo que puede inhabilitar el suelo para ser usado posteriormente para cultivos en la agricultura.

En cuanto las suelas a usar en este calzado, estas provienen de caucho natural o sintético, este último ocasiona la emisión de gases efecto invernadero, ya que los materiales usados, caucho EPDM, Poliuretano y otras, provienen del petróleo, el cual en esta etapa no solo produce metano, si no también CO₂ debido a la gran cantidad de energía requerida en el proceso, adicionalmente

causa deforestación y afectaciones a la biodiversidad, debido a la construcción de infraestructura, contaminación del suelo, agua y atmósfera a causa de las emisiones no controladas, o sea las fugas, derrames y manejo inadecuado de residuos, compactación y erosión del suelo. (Vázquez Morillas, Beltrán Villavicencio, Espinosa Valdemar, & Velasco Pérez, 2016)

Calzado sostenible: Para esta etapa se tuvieron en cuenta la selección de materiales de bajo impacto, para este caso materiales limpios y renovables como las fibras naturales. Los productos fabricados de fibra natural pueden contribuir a reducir las emisiones de carbono, ya que estos pueden absorber dióxido de carbono atmosférico en su vida, y así ayudar a reducir la concentración de CO₂ en el medio ambiente (Pervaiz & Sain, 2003). Sin embargo, un estudio determinó que el almacenamiento para cada tipo de material biológico puede ser diferente y depende de las técnicas de producción y adquisición (Pawelzik, y otros, 2013) y que por lo tanto no hay un enfoque estandarizado para la contabilidad de dicho almacenamiento.

En este proceso de cultivo se debe tener en cuenta los procesos de labranza, siembra, cosecha y fertilización, ya que es la fertilización el mayor contribuyente a las emisiones de GEI que representan alrededor del 42% al 76% de las emisiones totales de producción de cultivos (Al-Mansour y Jecic, 2016). Sin embargo, es de anotar que esto depende del tipo de fertilizante que se use y las condiciones climáticas que rodean el área de cultivo. Por lo que, en el caso estudiado, los fertilizantes usados en los campos de donde se tomó la fibra a usar, son naturales, disminuyendo así dichas emisiones.

La suela no se tendrá en cuenta en esta etapa, ya que se usará material reciclado.

✓ **Etapa 2. Procesamiento de la materia prima**

Calzado de cuero: En el sacrificio de los bovinos para poder usar su piel se presentan grandes impactos debido a los residuos que se generan y a su disposición. Uno de estos impactos se podría ver reflejado en la huella hídrica debido a la gran cantidad de agua que se usa y a la gran contaminación que se genera debido a las descargas de una planta de este tipo, con altas cargas de contaminación orgánica. (AMVA, Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2007)

El proceso de salado, remojo, pelambre, descarnado, división, desencallado, desengrasado, purgado, curtido, lavado y limpieza de la planta generan un gran consumo de agua y de energía que se utiliza en los procesos, algunas de estos requieren la producción de agua caliente y vapor y en las empresas del AMVA usan calderas que funcionan a partir de combustibles fósiles, como el carbón, uno de los mayores productores de CO₂ en su combustión.

El teñido del cuero se puede realizar mediante colorantes, naturales o artificiales, dependiendo del color que se requiera, siendo más usados en la industria del cuero los colorantes artificiales, liberando contaminación al aire por COV's y al agua por sus componentes químicos.

El material de las suelas, en esta etapa se realiza por polimerización, las emisiones generadas contienen bisulfuro de carbono (CS₂), en las diversas partes del proceso, y se producen COV's provenientes de los hidrocarburos usados. En cuanto al agua se producen algunos vertimientos que deben ser tratados por contener metales pesados.

Calzado sostenible: En cuanto al proceso de recolección de la fibra se puede hacer manualmente, o con máquinas, este último implicaría generación de emisiones de CO₂ debido al combustible usado o la energía consumida.

La fibra se obtiene manualmente y si se requiere algún color especial se pueden teñir con tintes naturales que provienen del achote y la jagua. En este caso, se usó el achiote.

En cuanto a la fabricación de las suelas, se realiza posterior al reciclado de las llantas, el cual se debe triturar, proceso en el cual se gasta energía eléctrica, pero se disminuyen procesos.

Para esta etapa del ciclo de vida en el calzado sostenible, se presenta en general una reducción de etapas del proceso de fabricación, lo que significa un menor consumo de agua y de energía, también consumos de menos recursos, y consumo de recursos más limpio y por último una reducción de residuos.

✓ **Etapa 3. Fabricación del calzado**

Calzado de cuero: Luego de tener el cuero, según el molde del diseño escogido, se realiza el corte y la fabricación de este, mediante maquinaria especializada, con consumo de energía eléctrica.

Las suelas se fabrican por proceso de inyección, generando una alta producción y un gran consumo de energía.

Calzado sostenible: De igual manera para hilar las fibras se utiliza dos métodos, manuales o telares. Este último consume energía eléctrica. En cuanto a las suelas se realizan por el mismo método de inyección, pero con caucho reciclado.

Sin embargo, para determinar los impactos ambientales del consumo de energía, se depende de la configuración de la matriz energética del lugar donde se desarrolla el producto, la energía eléctrica en Colombia, procede en un 68% de las centrales hidroeléctricas (La República, 2019, parr.1). Las centrales hidroeléctricas generan dióxido de carbono en su construcción, especialmente en el llenado del embalse, luego de esto la producción de estos tipos de gases y comparada con la energía termoeléctrica es menor, sin demeritar la producción de GEI. (Wang, et al. 2019, parr.1)

Por esto se puede decir que para esta etapa se considerarían los consumos de energía, por lo que se podría concluir que en este momento son menores los de la fabricación de calzado con fibras naturales, debido a su poca comercialización en su hacer manual.

✓ **Etapas 4. Empaque, Almacenamiento y Distribución**

Calzado de cuero: El diseño de los empaques de la mayoría de los zapatos comercializados en nuestra ciudad son empaques de cartón o en telas no tejidas, las cuales vienen de fibras poliméricas. Por lo que, si son de cartón se están talando árboles para la producción de la pulpa y se está generando consumo de energía en su fabricación, generando gases efecto invernadero debido al uso de calderas para la producción de vapor. Adicionalmente, la tala de árboles, evita que estos absorban dióxido de carbono atmosférico en su ciclo de vida. En cuanto a la tela no tejida

proveniente de los polímeros, por lo tanto, del petróleo, impactos que se citaron en la etapa 1, de extracción de materias primas y etapa 2, procesamiento, para el caso de la suela.

Calzado sostenible: El empaque desarrollado para el calzado de fibra natural, también será diseñado en este tipo de fibras., tomando como punto de partida caña flecha y madre selva, disminuyendo así los gases efectos invernadero, pero aclarando que se debe tener en cuenta lo citado en los procesos de la etapa 1 y 2 para este tipo de fibras naturales.

Para el almacenamiento se tiene en cuenta el espacio que ocuparan los dos tipos de calzado, que en este caso puede considerarse igual.

En cuanto a la distribución, el transporte es uno de los principales contribuyentes al cambio climático global y representa aproximadamente el 20% de las emisiones mundiales totales de CO₂ de la combustión de combustibles fósiles en 2013 ((IEA, 2014). La cuantificación de las emisiones relacionadas con el transporte del producto a menudo presenta varias dificultades, la mayoría de ellas relacionadas con el factor como las fuentes de emisión seleccionadas para el estudio, la cuantificación del consumo de combustible y el factor de emisión de combustible, entre otros (Lindstad & Eskeland, 2015, pág. 245).

Es por lo que se concluye, que la distribución de cualquiera de los dos tipos de calzado en nuestra región causara gases efecto invernadero, ya que la gran mayoría de los transportadores de carga en nuestra ciudad y país, usan Diésel o ACPM como combustible, causantes de emisión de CO₂, CO y del smog gris de nuestras ciudades.

Es de anotar, que, para establecer las emisiones relacionadas con las actividades de transporte, hay tres tipos de datos que deben tenerse en cuenta para poder estimar la emisión de gases efecto invernadero, primero la cantidad de combustible consumido durante el transporte, el valor económico relacionado con el consumo de combustible, y la distancia recorrida, tipo y modelo del vehículo de transporte (Climatic, 2011, pág. 26). Sin embargo, en este último, una de las consideraciones del ecodiseño para disminuir estas emisiones, es a través de logística, intervenir las rutas y hacerlas más eficientes. (Capuz Rizo & Gómez Navarro, 2013)

✓ **Etapas 5. Uso**

Calzado de cuero: Los zapatos de cuero, requieren de mantenimiento con betunes y grasas especiales, o en el caso de manchas, estos deben ser limpiados con solventes, todos estos elementos en su elaboración requirieron energía para producirlos y por lo tanto la generación de gases efecto invernadero, además los compuestos químicos que los conforman producen COV's, tanto en su producción como en su uso.

Calzado sostenible: En esta etapa los zapatos de fibra sólo requieren el uso de agua y jabón para su limpieza. Es de tener en cuenta que los detergentes causan impacto en el agua y en su generación también ocasionaron la producción de GEI.

Para esta etapa, se podría concluir que, aunque los dos generan impactos por los elementos que usan para su mantenimiento, el calzado sostenible genera menos impactos.

✓ **Etapas 6. Fin de vida**

Calzado de cuero: Los zapatos de cuero por tener un procesamiento tan largo y con la adición de tantos químicos, hacen que la piel del bovino ya no sea degradable. Las suelas no son reciclables por su desgaste generando residuos en el vertedero que durarán muchos años para degradarse.

Calzado sostenible: Los zapatos fabricados con fibras naturales pueden degradarse fácilmente ya que no se vieron sometidos a tratamientos con químicos y el tinte usado fue a base de otras plantas, siendo también de origen natural. En cuanto a la suela ocurre lo mismo que pasa en el análisis del calzado anterior.

Para esta etapa, el fin de vida del zapato sostenible genera menos impactos, que los generados por el otro tipo de calzado.

Evaluación de la huella de carbono en el Ciclo de vida

La evaluación del ciclo de vida ayuda a comprender cómo la selección del material tiene repercusiones en el producto, guiando a los fabricantes a decidir qué sustituciones de material son favorables para mejorar los beneficios ambientales del material. El origen del material y la biodegradabilidad establecen un conjunto de consideraciones ambientales, sociales, económicas y técnicas que determinan la esencia sostenible del material (Correa, Montalvo-Navarrete, & Hidalgo-Salazar, 2019, pág. 785)

Para la huella de carbono, (Wiedmann & Minx, 2008, pág. 2) declararon que es importante que la huella de carbono incorpore en su análisis todas las emisiones de CO₂ directas e indirectas

cuantificadas en términos de unidad funcional, y que otros gases de efecto invernadero no deberían tenerse en cuenta para este tipo de indicador. Para este caso, otros autores consideran que la huella de carbono debería incluir los otros gases de efecto invernadero como un insumo en términos de carbono equivalente (Allen, Pentland, & Korre, 2011, pág. 383) y que se deberían tener en cuenta otras variables como el área de tierra requerida para el secuestro de carbono (Browne, O'Regan, & Richard, 2009, pág. 2205). Todas estas variables pueden ocasionar variaciones en el balance de carbono total de un producto, lo que llevaría a reducir un cálculo preciso de las emisiones reales relacionadas para el producto y su material.

Teniendo en cuenta lo antes citado, durante la revisión en cada una de las etapas del ciclo de vida de los dos tipos de zapatos analizados, podemos determinar que el calzado fabricado a partir de fibras naturales reduce la huella de carbono, debido a la reducción de las emisiones en las dos etapas iniciales. Adicionalmente, se debe tener en cuenta, el porcentaje de secuestro de carbono que realizan las plantas durante su vida, y también la generación de metano que se produce en la producción de las suelas por la explotación de combustibles fósiles, y la producción de CO₂, en el transporte de alimentos para los bovinos; todo esto contribuyendo a disminuir dicha huella. Es de anotar también la reducción que se presenta en la huella hídrica, debido a que en la etapa 1 no se generaría el impacto que se da en el calzado de cuero. Sin embargo, se debe tener en cuenta que aunque las fibras naturales son un recurso renovable y tienen una mayor disponibilidad sin generar daños a los ecosistemas, su origen y biodegradabilidad lo hacen sostenible, pero antes de establecer un proyecto como estos, se debe evaluar el rendimiento del calzado, ya que su vida útil puede ser más corta en comparación con el zapato de cuero o de otros compuestos, y es así como puede verse limitada la usabilidad y los beneficios que podría traer el zapato tanto sociales, como económicos y ambientales.

Por último, se cita lo mencionado por Correa, Montalvo, “*La sostenibilidad no es una condición que pueda cuantificarse fácilmente o definirse objetivamente en un proceso de diseño de producto. Hay muchas variables involucradas y su evaluación requiere la aceptación de esta complejidad. Las características individuales pueden analizarse sistemáticamente, pero la integración de ellas para llegar a una evaluación final requiere reflexión, juicio y debate para establecer un estado integral de sostenibilidad.*” (Correa, Montalvo-Navarrete, & Hidalgo-Salazar, 2019).

Capítulo 11. Conclusiones y recomendaciones

1. Se hizo un análisis de impacto ambiental y ciclo de vida a través del software “Ces Edupack” que proporciona apoyo a la enseñanza de materiales en áreas de Ingeniería, Diseño, Ciencias y Desarrollo sostenible, y los datos arrojados son tan mínimos que se puede evidenciar que el impacto del calzado fabricado a partir de fibras naturales es mejor por varios aspectos; en efecto su impacto ambiental es menor, hay que destacar también que al finalizar su vida útil este se degrada fácilmente por ser natural y lo más importante es, que la planta del fique, absorbe CO₂. El análisis se hizo bajo la suposición de industrialización el calzado diseñado a partir de fibras naturales, los datos obtenidos se hicieron para 1 calzado y una producción de 20 calzados. (ver anexos 14 y 15 Resultados CES Edupack)
2. La fabricación masiva de productos ha producido consigo notables daños en el ambiente debido al creciente desarrollo económico, causando un deterioro ambiental en el aire. Es por esta razón que las diferentes industrias se han visto interesadas y obligadas en la transformación de su economía replanteando sus procesos de producción e implementando la sostenibilidad en su industria.
3. Para la producción de cualquier artículo u objeto, se recomienda utilizar algunas herramientas de la ecología industrial, como estrategia para alcanzar sus propósitos con un análisis de ciclo de vida (ACV) y producción más limpia. Todo esto para generar oportunidades en cuanto al aprovechamiento de los residuos como materia prima, reduciendo significativamente la cantidad de residuos con disposición final en los vertederos.

4. La industria colombiana del calzado debe adoptar y adaptarse a los nuevos métodos de técnicas y tecnologías innovadoras para la fabricación de zapatos, pues estos permiten una fabricación adecuada y ecoeficiente.

Referencias

Barrera Jurado , G. S. (2004). *DISEÑO CON RESPONSABILIDAD SOCIAL*. Obtenido de <https://www.icesi.edu.co/disenohoy/memorias/Barrera.pdf>

Danish Design Committee 2020. (2011). The Vision Of The Danish Design Committee 2020. 66. Obtenido de https://danskdesigncenter.dk/sites/default/files/pdf/the-vision-of-the-danish-design2020_0.pdf

Ferruzca Navarro, M. V., & Rodríguez Martínez, J. (2011). Diseño sostenible: herramienta estratégica de innovación. *Legislativa de estudios sociales y de opinión pública*, 4(8), 47-48. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4085421>

Molina Ochoa, M. J., Garmendia López, I., & Mangas Martín, V. J. (Octubre 2011). Evaluación medioambiental del sector del calzado: casos de Almansa y Elda. *Cuides*(7). Obtenido de <http://www.publicacionescajamar.es/pdf/publicaciones-periodicas/cuaderno-interdisciplinar-de-desarrollo-sostenible-cuides/7/7-463.pdf>

Afirm-group. (s.f.). *COMPUESTOS VOLÁTILES ORGÁNICOS (COV)*. Obtenido de Afirm-group: https://www.afirm-group.com/wp-content/uploads/2018/02/Volatile-Organic-Compounds-VOCs_spanish.pdf

Agamez Lombana, A. (29 de junio de 2018). ¿Cuál es el panorama de las personas con discapacidad en Medellín? *PUBLIMETRO*. Obtenido de

<https://www.publimetro.co/co/medellin/2017/06/29/panorama-las-personas-discapacidad-medellin.html>

Alcántara, E., Artacho, M., González, J., & García, A. (agosto de 2005). Aplicación de la semántica de producto al diseño de calzado. Parte I — Identificación del espacio semántico del calzado aplicando semántica diferencial. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(8), 713-725. Obtenido de sciencedirect: <https://www-sciencedirect-com.itm.elogim.com:2443/science/article/pii/S0169814105000429#!>

Allen, S., Pentland, C., & Korre, A. (junio de 2011). Carbon Footprint of Electricity Generation. *Houses of Parliament*(383). Obtenido de parliament.uk/documents/post/postpn_383-carbon-footprint-electricity-generation.pdf

AMVA, Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2007). *Producción más limpia sector curtiembres*. Medellín. Obtenido de http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=13834&shelfbrowse_itemnumber=14659

Aproque. (2016 de junio de 28). Obtenido de Proceso y obtención del cuero: <http://www.aproque.com/proceso-y-obtencion-del-cuero/>

Artesanías de Colombia. (s.f.). Obtenido de Fique_ preparación de la fibra: http://www.artesantiasdecolombia.com.co/PortalAC/C_sector/fique_190

Asturias, R. A. (s.f.). *Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)*. Obtenido de <https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnextoid=00e8e54f41639210VgnVCM10000097030a0aRCRD>

Brezet, H., & Van Hemel, C. (1997). *Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption*. (P. I. United Nations Environment, Ed.) Paris, France : United Nations Environment Programme, Industry and Environment, Cleaner Production ; The Hague : Rathenau Institute ; Delft, Netherlands : Delft University of Technology.

Browne, D., O'Regan, B., & Richard, M. (junio de 2009). Use of ecological footprinting to explore alternative domestic energy and electricity policy scenarios in an Irish city-region. *Energy Policy*, 37(6), 2205-2213. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.01.039>

Capuz Rizo , S., & Gómez Navarro, T. (2013). *Ecodiseñ. Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles* (1 ed.). (U. P. València, Ed.) España.

Chu, J. (22 de mayo de 2013). Footwear's (carbon) footprint. *MIT News*. Obtenido de <http://news.mit.edu/2013/footwear-carbon-footprint-0522>

Climatic, D. C. (MARZO de 2011). GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO UNVERNADERO (GEI). *Generalitat de Catalunya Comisión Interdepartamental del Cambio Climático*.

Collado Ruiz, D., Pacheco Blanco, B., & Capuz Rizo, S. (febrero de 2015). Identification of impacts of stages and materials on life cycle of footwear. *DYNA*(82), 134-141. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v82n189.42575>

Colombia, A. d. (18 de mayo de 2018). *Colombia Artesanal: Caña flecha, trenzando historias*. Obtenido de http://artesaniasdecolombia.com.co/PortalAC/Noticia/colombia-artesanal-cana-flecha-trenzando-historias_11766

concienciaeco. (26 de junio de 2011). *LOS BENEFICIOS DEL ALGODÓN ECOLÓGICO*. Obtenido de conciencia eco: <https://www.concienciaeco.com/2011/06/26/los-beneficios-del-algodon-ecologico/>

Contraloría de Bogotá. (2015). *CALCULO DE LA HUELLA DE CARBONO*. Bogotá: Contraloría de Bogotá.

Cordoba V., J. A. (1987). “El Achiote : Cultivo, Beneficio y posibilidades de exportación”. *Revista ESSO Agrícola*, 34(1), 3-7.

Corominas, J. (2014). Los primeros minutos del efecto invernadero. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(1), 100-107. doi:10498/15716

Correa, J., Montalvo-Navarrete, J., & Hidalgo-Salazar, M. (20 de enero de 2019). Carbon footprint considerations for biocomposite materials for sustainable products: A review. *Journal of Cleaner Production*, 208, 785-794. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.099>

Cuesta Garrote, N. (2013). Adhesivos proteicos bioinspirados para calzado. 341. Alicante, España.

Obtenido de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/36365/1/tesis_cuesta_garrote.pdf

Curtidos Anton. (6 de julio de 2016). *Proceso de Pegado del Calzado*. Obtenido de

<https://www.curtidosanton.com/blog/2016/07/06/proceso-de-pegado/>

De León Yepes, J. R. (enero de 2005). Sistema De Gestión Ambiental Aplicado A La Industria

Del Calzado. *Trabajo de graduación*. Guatemala. Obtenido de

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1363_IN.pdf

De vera, Beatriz. (8 de agosto de 2018). ¿Por qué la industria textil es la más contaminante después

del sector petrolero? *EL ESPECTADOR*. Obtenido de

<https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/por-que-la-industria-textil-es-la-mas-contaminante-despues-del-sector-petrolero-articulo-805061>

Devia Pineda, J. E., & Saldarriaga Calderón, L. (2003). Planta piloto para obtener colorante de la

semilla del achiote (Bixa orellana). *Universidad EAFIT*, 39(131), 8-22.

DINERO. (9 de septiembre de 2018). Braskem revoluciona el calzado con zapatos hechos de caña

de azúcar. *DINERO*. Obtenido de <https://www.dinero.com/empresas/articulo/zapatos-ecologicos-de-resina-de-cana-de-azucar-de-braskem/262277>

DPN. (febrero de 2018). *Calidad Del Aire, Una Prioridad De Política Pública En Colombia*.

Obtenido

de

https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Presentaci%C3%B3n%20Calidad%20del%20Aire%2015_02_2018.pdf

ecoalkesan. (s.f.). *RPET – MATERIAL RECICLADO DE BOTELLAS DE PLASTICO*. Obtenido de <https://www.ecoalkesan.com/materiales/>

Ecogestos. (2018). *La industria del calzado y su impacto ambiental*. Obtenido de <https://www.ecogestos.com/la-industria-del-calzado-y-su-impacto-ambiental/>

Ecototal. (s.f.). *Zapatos ecológicos y solidarios*. Obtenido de <https://www.ecototal.com/zapatos-ecologicos/>

EcuRed. (s.f.). *Contaminantes antropogénicos*. Obtenido de EcuRed: https://www.ecured.cu/Contaminantes_antropog%C3%A9nicos

EL TIEMPO. (18 de Junio de 1996). EL PVC, UN PLÁSTICO NOCIVO PARA LA SALUD. *EL TIEMPO*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-316564>

EL TIEMPO. (24 de agosto de 2006). Diseñan zapatos de caña flecha. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-2148578>

Escobar, D. (14 de Septiembre de 2011). Desarrollo textil sustentable. Proyecto de diseño textil sustentable para la República Argentina. 104. Buenos aires. Obtenido de https://fido.palermo.edu/servicios_dyc/catalogo_de_proyectos/detalle_proyecto.php?id_proyecto=435&titulo_proyectos=Desarrollo%20textil%20sustentable.

Fibres, B. a. (2005). Pineapple, curauá, craua (caroá), macambira, nettle, sunn hemp, Mauritius hemp and fique. En R. E. Franck (Ed.), *Bast and Other Plant Fibres* (págs. 322-344). ELSEVIER. doi:<https://doi.org/10.1533/9781845690618.322>

Fundación para la salud Geoambiental. (2013). Obtenido de saludgeoambiental: <https://bit.ly/2UjIGrR>

Gaviria G, C. F., Muñoz M, J. C., & González, G. J. (2012). Contaminación del aire y vulnerabilidad de individuos expuestos: un caso de estudio para el centro de Medellín. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 30(3), 316-327. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/120/12025369009.pdf>

Gobierno del principado de Asturias. (s.f.). *Red ambiental de Asturias* . Obtenido de Principales contaminantes atmosféricos: <https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnnextoid=daca2ae109539210VgnVCM10000097030a0aRCRD>

Gómez Comba , C. A. (Enero de 2017). Contaminación Del Aire En Medellín Por Pm10 Y Pm2.5y Sus Efectos En La Salud. *Especialización Planeación Ambiental y Manejo Integral de Recursos Naturales*, 21. Obtenido de <http://cort.as/-FMcI>

Gómez Navarro, T., Capuz Rizo, S., Vivancos Bono, J. L., Viñoles Cebolla, R., Ferrer Gisbert, P., López García, R., & Bastante Ceca, M. (2004). *Ecodiseño: Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

- Gómez, J. H. (16 de febrero de 2019). Fabricación de calzado. (K. Cadavid, Entrevistador)
- Gómez, S., Ramón, B., & Guzmán, R. (Junio de 2018). Análisis modal de material compuesto de resina bioepoxy / fibra de dique. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 12(23), 78-83. doi:<http://dx.doi.org/10.31908/19098367.3706>
- Greenpeace. (2011). *Unravelling the corporate connections to toxic water pollution in China*. Obtenido de Greenpeace Internacional: <https://www.greenpeace.org/archive-international/Global/international/publications/toxics/Water%202011/dirty-laundry-report.pdf>
- Heredia Plasencia, G. E., & Marrufo Saldaña, L. d. (2013). “Evaluación De Riesgos A La Salud Y Medio Ambiente Por El Uso De Disolventes Orgánicos En Tres Pymes De La Industria De Calzado Y Propuesta De Un Plan De Acción Para La Minimización De Riesgos”. *Tesis*. Lima, Perú. Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1149/1/heredia_pg.pdf
- Herva , M., Álvarez, A., & Roca, E. (2011). Sustainable and safe design of footwear integrating ecological footprint and risk criteria. En *Diario de materiales peligrosos* (Volume 192, Issue 3 ed., págs. 1876 - 1881). Elsevier. Obtenido de <https://www-sciencedirect-com.itm.elogim.com:2443/science/article/pii/S0304389411009095#!>
- Hess, A. A. (22 de diciembre de 2011). *El PVC en la construcción y en nuestras vidas*. Obtenido de EcoHabitar: <http://www.ecohabitar.org/el-pvc-en-la-construccion/>
- IEA. (2014). CO2 Emissions from Transport (% of TotalFuel Combustion).

Jacques, J. J., Agogino, A. M., & Guimarães, L. B. (18 de agosto de 2010). Sustainable Product Development Initiatives In The Footwear Industry Based On The Cradle To Cradle Concept. *Proceedings of the ASME 2010*, 44144, 473-481.

K B KRISHNAN, Doraiswamy, I., & Chellamani, K. P. (s.f.). Jute. En B. a. Fibras, & R. E. Franck (Ed.). doi:<https://doi.org/10.1533/9781845690618.24>

La República. (19 de febrero de 2019). Las plantas hidroeléctricas representan 68% de la oferta energética en Colombia. *La República*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/especiales/efecto-hidroituango/las-plantas-hidroelectricas-representan-68-de-la-oferta-energetica-en-colombia-2829562>

Lee, M. J., & Rahimifard, S. (diciembre de 2012). An air-based automated material recycling system for postconsumer footwear products. *Resources, Conservation and Recycling*, 69, 90-99.

LEY 9 de 1979 - Congreso de Colombia. (s.f.). LEY 9 de 1979. *DE LA PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE*, 84. Colombia. Obtenido de http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0009_1979.html

Lindstad, H., & Eskeland, G. S. (diciembre de 2015). Low carbon maritime transport: How speed, size and slenderness amounts to substantial capital energy substitution. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 41, 244-256. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.10.006>

Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 34-39. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

Mathai, P. (2005). Coir. En R. E. Franck (Ed.), *Bast and Other Plant Fibres* (págs. Pages 274-314). Elsevier.

Meroli, V. V. (2012). Huella Libre. Calzado Sustentable. *Trabajo final de grado*, 232. Argentina. Obtenido de <https://repositorio.uesiglo21.edu.ar/handle/ues21/11289>

Ministerio de ambiente, v. y. (24 de marzo de 2010). Resolución número 610. *Norma de Calidad del Aire*. Colombia. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/bf-Resoluci%C3%B3n%20610%20de%202010%20-%20Calidad%20del%20Aire.pdf>

Ministerio del medio ambiente y desarrollo sostenible. (1 de noviembre de 2017). Resolución 2254. Colombia. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=82634&dt=S>

MINSALUD. (2018). *CARACTERIZACION DE LA POBLACIÓN CON DISCAPACIDAD EN LAS CINCO CIUDADES PRINCIPALES DE COLOMBIA*. Boletín.

momoc. (s.f.). *Materiales sostenibles*. Obtenido de MOMOC: <https://www.momocshoes.com/es/materiales-sostenibles/>

Organización Internacional de Normalización. (2006). Norma ISO 14044. *Análisis del ciclo de vida*. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14044:ed-1:v1:es>

Organización Mundial de la salud. (2001). *Clasificación internacional del funcionamiento de la discapacidad y de la salud*. (M. d. Sociales, Ed.) Colombia.

Pacheco Blanco , B., Collado Ruiz, D., & Capuz Rizo, S. (Febrero de 2015). Identificación de etapas y materiales de mayor impacto en el ciclo de vida del calzado. *DYNA*, 82 (189), 134-141. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v82n189.42575>

Pawelzik, P., Carus, M., Hotchkiss, J., Narayan, R., Selke, S., Wellisch, M., . . . Patel, M. (abril de 2013). Critical aspects in the life cycle assessment (LCA) of bio-based materials – Reviewing methodologies and deriving recommendations. *Resources, Conservation and Recycling*, 211-228. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.02.006>

Pervaiz, M., & Sain, M. (noviembre de 2003). Carbon storage potential in natural fiber composites. *Resources, Conservation and Recycling*, 39, 325-340. Obtenido de [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(02\)00173-8](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(02)00173-8)

Portafolio. (3 de agosto de 2010). El colombiano promedio compra 2,2 pares de zapatos cada año. *Portafolio*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/colombiano-promedio-compra-pares-zapatos-ano-415934>

Proceso del FIQUE. (s.f.). Obtenido de Tejido texturizado: <https://tejidotexturizado.wordpress.com/procesodelfique/>

Quadrelli, R., & Peterson, S. (noviembre de 2007). The energy–climate challenge: Recent trends in CO₂ emissions from fuel combustion. *Energy Policy*, 35(11), 5938-5952. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.07.001>

Quiminet. (24 de Julio de 2012). *quiminet*. Obtenido de <https://bit.ly/2TfCl3c>

Ramírez Restrepo, Elizabeth - El COLOMBIANO. (1 de junio de 2016). Identifican a dos posibles responsables de vertimientos en el río Medellín. *EL COLOMBIANO*. Obtenido de <https://www.elcolombiano.com/antioquia/identifican-a-dos-posibles-responsables-de-vertimientos-en-el-rio-medellin-CN4258433>

Restrepo, J. (2000). Diseño–Sociedad–Naturaleza: Hacia Un Desarrollo Sostenible En Latinoamérica. (1), 8. Buenos Aires, Argentina: REVISTA THEOMAI. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12400105>

Roberto. (30 de 10 de 2015). ¿QUÉ ES EL CALZADO ECOLÓGICO? Obtenido de twenergy: <https://twenergy.com/a/zapatos-ecologicos>

Roca, E., & Herva, D. (2015). *Ecological footprints in the textile industry*. Obtenido de sciencedirect: <https://www-sciencedirect-com.itm.elogim.com:2443/science/article/pii/B9780081001691000034>

SEMANA. (2018). Medellín: vuelve y juega la contaminación del aire. *Semana*, <https://bit.ly/2TnoVku>.

Serrada Bautista , A. J., & Fierro Porto, H. A. (Noviembre de 2013). Sector calzado en Colombia, caso de estudio y consideración de modelos de negocio en las empresas de calzado: MSS, BRG Y CHS. Colombia: Repositorio Universidad del Rosario. Obtenido de <http://repository.urosario.edu.co/handle/10336/4929>

Staikos, T., & Rahimifard, S. (September de 2007). A decision-making model for waste management in the footwear industry. *International Journal of Production Research*, 45(18-19), 4403-4422.

Style America. (Enero de 2018). El Calzado frente al cambio Climático. *Materiales, Style America*. Obtenido de <https://www.styleinsumos.com/insumos-para-calzado/calzado-frente-al-cambio-climatico/>

Vallejo, C. (21 de enero de 2014). Sostenibilidad y Responsabilidad Social. *Distintas huellas: carbono, ecológica, hídrica y social*. Madrid. Obtenido de http://www.madrimasd.org/blogs/sostenibilidad_responsabilidad_social/2014/01/20/1322
99

Vázquez Morillas, A., Beltrán Villavicencio, M., Espinosa Valdemar, R. M., & Velasco Pérez, M. (2016). El origen de los plásticos y su impacto en el ambiente. (U. A. Metropolitana, Ed.) México: ANIPAC. doi:10.13140/RG.2.1.3260.5047

Vilches, A., Gil Pérez , D., Toscano, J. C., & Macías , O. (2004). *La sostenibilidad o sustentabilidad como [r]evolución cultural, tecnocientífica y política*. Obtenido de OEI -

<https://www.oei.es/historico/decada/accion.php?accion=1>

Vogt, V. (2018). La ropa local también deja huella en el medioambiente. *El TIEMPO*. Obtenido de <https://bit.ly/2BWOnDV>

Wang, J., Chen, X., Liu, Z., Frans, V., Xu, Z., Qiu, X., . . . Li, Y. (2019). Assessing the water and carbon footprint of hydropower stations at a national scale. *ELSEVIER*, 595–612.

Wang, J., Chen, X., Liu, Z., Frans, V., Xu, Z., Xinjiao, Q., . . . Li, Y. (1 de agosto de 2019). Assessing the water and carbon footprint of hydropower stations at a national scale. *Environment, Science of The Total*, 676, 595-612. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.148>

Wiedmann, T., & Minx, J. C. (enero de 2008). A definition of "carbon footprint". (C. C. Pertsova, Ed.) *Ecological Economics Research Trends*, 1, 1-11. Obtenido de https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=5999

Wong, W. (1997). *Fundamentos del diseño*. Barcelona: Gustavo Gili S.A.