

**Rediseño de casco de motociclista para reducir el impacto ambiental utilizando  
poliuretano de base biológica y estructuras auxéticas**

Por:

Andrés Mauricio Gutiérrez Salazar

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero en Diseño Industrial

Asesores:

Juliana Cuervo Calle

Fausto Alonso Zuleta Montoya

Instituto Tecnológico Metropolitano

Facultad de Artes y Humanidades

Departamento de Diseño

Medellín 2022

## **Dedicatoria**

ii

A mi familia que siempre me ha apoyado en este recorrido, en especial a mis padres que han estado de mi lado en todas las circunstancias más difíciles de toda mi carrera y mi vida, también a Edith que ha sido una de mis mayores motivaciones para culminar este proceso.

El texto habla sobre el aumento en la compra de motocicletas en Medellín y el crecimiento en el mercado de cascos para motocicletas, lo que ha llevado a un aumento en el uso del Poliestireno expandido (EPS) en la fabricación de cascos, un material altamente contaminante y perjudicial para el medio ambiente. Se plantea la necesidad de buscar alternativas para minimizar su impacto en el medio ambiente y se propone diseñar un casco que contenga componentes que disminuyan el impacto ambiental, cumpliendo las mismas o mejores especificaciones en cuanto a resistencia, peso y precio. Se investigan antecedentes teóricos y técnicos para dar solución al problema y se proponen alternativas al EPS, como el corcho o la espuma de poliuretano de base biológica, con una estructura auxética integrada para incrementar su capacidad de absorción de impactos y resiliencia. También se proponen ventilas en forma de compuertas, un sistema de corte de aire y una calota de fibra de carbono para el diseño externo del casco.

La metodología utilizada para el proyecto fue la investigación aplicada experimental, la cual es ideal para procesos de diseño y está centrada en mejorar productos existentes. Finalmente, se comprueba que la espuma de poliuretano es un material bastante amigable el cual puede reemplazar al EPS y con la mezcla del aceite de ricino su compuesto se vuelve mucho más ecológico, además el material propuesto promete resistir grandes cargas gracias a su estructura auxética conseguida a través de un tratamiento térmico que se le realiza a la espuma.

The text discusses the increase in the purchase of motorcycles in Medellin and the growth in the motorcycle helmet market, which has led to an increase in the use of expanded polystyrene (EPS) in the manufacture of helmets, a highly polluting and environmentally harmful material. The need to look for alternatives to minimize its impact on the environment is raised and a proposal is made to design a helmet containing components that reduce the environmental impact, meeting the same or better specifications in terms of resistance, weight and price. Theoretical and technical background is investigated to provide a solution to the problem and alternatives to EPS are proposed, such as cork or bio-based polyurethane foam, with an integrated auxetic structure to increase its impact absorption capacity and resilience. Vents in the form of dampers, an air cutting system and a carbon fiber shell are also proposed for the external design of the hull.

The methodology used for the project was experimental applied research, which is ideal for design processes and is focused on improving existing products. Finally, it is proven that polyurethane foam is a very friendly material which can replace EPS and with the mixture of castor oil its compound becomes much more environmentally friendly, also the proposed material promises to resist high loads thanks to its auxetic structure achieved through a heat treatment that is performed to the foam.

<b>Capítulo 1. Problema .....</b>	<b>1</b>
Planteamiento del problema.....	1
Hipótesis / Pregunta(s).....	9
Objetivos.....	9
<b>Capítulo 2. Marco teórico.....</b>	<b>11</b>
Antecedentes .....	11
Marco teórico.....	20
Estado de la técnica.....	24
<b>Capítulo 3. Marco metodológico.....</b>	<b>29</b>
Técnicas de recolección de datos .....	30
Desarrollo de concepto (ideación) .....	33
Lista de requerimientos.....	35
<b>Capítulo 4. Propuestas de diseño.....</b>	<b>41</b>
<b>Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>57</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>61</b>

## Lista de tablas

vi

Tabla 1. Propiedades del poliestireno expandido .....	5
Tabla 2. Metodología de investigación.....	29
Tabla 3. Análisis de datos recolectados .....	32
Tabla 4. Lista de requerimientos.....	35
Tabla 5. Ficha técnica .....	45
Tabla 6. Comparación de características principales entre el prototipo y tres de las marcas de cascos más vendidas en colombia.....	53

Ilustración 1. Corte de casco donde se puede ver su composición interna. ....	4
Ilustración 2. Superficies Mínimas Triplemente Periódicas .....	15
Ilustración 3. Modelo de casco con estructura de corcho aglomerado con perforaciones.....	16
Ilustración 4. Celda de estructura auxética .....	19
Ilustración 5. Bloque de 30 grados sin deformar (izquierda) y una vez sometido al impacto (derecha). ....	19
<i>Ilustración 6. Estructura del casco HEXR</i> .....	25
Ilustración 7. Casco Kupol.....	25
Ilustración 8. EcoHelmet .....	27
Ilustración 9. Espuma de poliuretano.....	28
Ilustración 10. Moodboard - alternativas al EPS .....	34
Ilustración 11. Boceto 1 .....	38
Ilustración 12. Boceto 2 .....	38
Ilustración 13. Boceto 3 .....	39
Ilustración 14. Render calota en fibra de carbono .....	43
Ilustración 15. Render 2 calota en fibra de carbono .....	44
Ilustración 16. Render3 calota en fibra de carbono .....	44
Ilustración 17. Fotografía 1 prototipo casco en fibra de carbono modificado .....	46
Ilustración 18. Fotografía 2 prototipo casco en fibra de carbono modificado spoiler .....	47
Ilustración 19. Fotografía 3 prototipo casco en fibra de carbono modificado parte frontal visor abierto .....	47
Ilustración 20. Fotografía 4 prototipo casco en fibra de carbono modificado parte posterior.....	48
Ilustración 21. Fotografía 5 prototipo casco en fibra de carbono modificado parte frontal visor cerrado.....	49
Ilustración 22. Fotografía 6 prototipo casco en fibra de carbono modificado parte lateral .....	49
Ilustración 23. Fotografía 7 guardapolvo para desviar aire en la parte inferior del casco y reducir el ruido interno.....	50
Ilustración 24. Representación de espuma de poliuretano que va al interior del casco.....	51
Ilustración 25. Representación de espuma de poliuretano que va al interior del casco.....	51
Ilustración 26. Representación de espuma de poliuretano que va al interior del casco.....	52
Ilustración 27. Entrada de aire frontal con rejillas mas amplias .....	58
Ilustración 28. Entrada de aire superior tipo compuerta .....	59
Ilustración 29. Spoiler para suavizar el flujo de aire y dar mayor estabilidad al casco .....	59

## **Capítulo 1. Problema**

### **Planteamiento del problema**

En Medellín, Antioquia, Colombia, un gran número de personas dependen del transporte público para sus actividades diarias, como ir al trabajo o a la escuela. Sin embargo, los tiempos de espera prolongados han llevado a un aumento en la compra de motocicletas en los últimos años. De acuerdo con un estudio realizado por Gómez et al. (2019), se encontró que la insatisfacción con el transporte público y los tiempos de espera han impulsado a más personas a adquirir motocicletas como medio de transporte alternativo.

Según el informe de calidad de vida en Medellín, se ha venido dando un crecimiento importante en el parque automotor desde el año 2011, son 1'464.328 carros y motos circulando para el 2018, lo que indica un crecimiento del 54% con respecto al 2011 (Restrepo, P., et al., 2019), esto se deriva de varios factores muy importantes que hacen posible este crecimiento, como lo son, la facilidad de adquirir una motocicleta financiada a cuotas muy accesibles para casi cualquier persona, también la idea que se ha implantado ya sea por influencia publicitaria o por un deseo heredado de tener una moto, la libertad que se siente al conducirla y la facilidad de moverse y más por una ciudad como Medellín que tiene un gran problema de movilidad vial. Este contexto inicial se aclara para llegar a lo que realmente se quiere analizar en este texto que es el consumo de cascos de motocicletas, y precisamente es necesario empezar anunciando el mercado de las motos porque de este se deriva el de los cascos con el cual tiene un crecimiento directamente

proporcional y aún más desde que se implantó la nueva resolución para los motociclistas, la Resolución 23385 del 20 de noviembre de 2020, la cual establece las condiciones técnicas y de uso mínimas que debe tener un casco para motociclista, a partir de esta norma que se empezó a implementar en enero del 2021 se dio un crecimiento considerable en la venta de cascos (Mintransporte, 2021).

Podemos considerar que gracias a que se ha venido presentando un crecimiento exponencial en el mercado de las motocicletas, se ha visto un notable aumento económico en esta área, es por esto, que es igualmente importante hablar de los elementos de protección como en este caso los cascos para motocicleta los cuales aunque no parezca empiezan a jugar un papel bastante importante en la vida de las personas, pues estas cada vez son más conscientes de que deben adquirir un buen casco, ya que es algo fundamental para su protección a la hora de salir en la moto.

El mercado de la venta al por mayor de cascos en Colombia está regido por un oligopolio liderado principalmente por la comercializadora Inducascos S.A. que tiene presencia desde 1998 en Medellín, esto se debe a que es la mayor importadora de cascos del país, actualmente es representante de varias de las marcas más reconocidas a nivel mundial como lo son LS2, Nolan, Nexx, X-Lite, AGV entre otras, pero su producto más masivo en el mercado es de la marca Shaft, pues los usuarios prefieren esta marca por su relación

calidad-precio, su valor va desde los 200.000 hasta los 380.000 pesos colombianos (COP) y su composición principalmente es en Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)<sup>1</sup>.

Inducascos no solo es la importadora más grande, sino que también es la mayor productora en todo el país, pues esta produce aproximadamente 40.000 cascos al mes y todos certificados bajo la norma técnica colombiana NTC 4533, su mercado no solo se queda en Colombia, también exporta sus productos a otros países, entre estos Brasil y México (Semana, 2019). Es importante analizar esta empresa y hacer un rastreo de su crecimiento porque va directamente relacionado al aumento de la demanda de materia prima empleada para la fabricación de los cascos y como protagonista principal para el tema que se quiere abordar se pone en juicio al Poliestireno expandido (EPS por sus siglas en inglés) más conocido como “Icopor”<sup>2</sup> (Ver figura 1) material utilizado en el interior de los cascos para proteger el cráneo, su función es amortiguar los golpes para que la energía del choque del casco contra el suelo no se transfiera directamente a la cabeza evitando lesiones como por ejemplo la lesión cerebral traumática que puede variar desde una conmoción cerebral leve hasta una lesión cerebral grave. Las LCT pueden tener efectos

---

<sup>1</sup> “El acrilonitrilo butadieno estireno o ABS es un termoplástico duro, resistente al calor y a los impactos. Es un copolímero obtenido de la polimerización del estireno y acrilonitrilo en la presencia del polibutadieno, resultado de la combinación de los tres monómeros” (QuimiNet, 2006).

<sup>2</sup> “El Icopor es un material llamado poliestireno expandido, el cual se compone principalmente por aire y partículas de petróleo que se calientan y se expanden. En Colombia lo llamamos Icopor porque así se llamaba la primera empresa que comenzó a producir ese material en el país: la Industria Colombiana de Porosos” (¿Porque El Icopor Es Un Material NO Aprovechable?, s.f.).

duraderos en la función cerebral y pueden requerir tratamiento y rehabilitación a largo plazo (Traumatic brain injury, 2021). El EPS para evitar estas lesiones cubre toda la parte del cráneo, las mejillas y la barbilla.

*Ilustración 1.*

*Corte de casco donde se puede ver su composición interna.*



Fuente: <https://www.bemoto.uk/blog/new-2020-motorcycle-helmet-safety-regulations>

El Poliestireno expandido junto a otros desperdicios de polímeros dejan 2.000 millones de toneladas en dióxido de carbono al año (Rodríguez et al., 2014). Es preocupante cuanto puede llegar a contaminar este material, en la industria de los cascos es el material por excelencia que se usa en la parte interior de estos, gracias a su gran

capacidad de absorción de energía (Ver tabla 1) generada por los impactos que se tienen al momento de un choque contra alguna superficie rígida como el asfalto, también es un material fácil de hacer y muy económico, lo cual es un factor clave para cualquier industria pero más allá de sus características de protección hay que considerarlo como un gran contaminante y dar alternativas para minimizar su impacto en el medio ambiente, en algunos lugares como Washington DC se prohíbe su uso para algunas aplicaciones como lo son los empaques para alimentos. Esto deja una gran duda al respecto que es la base de esta investigación y el motivante principal para hacer un rastreo, ¿qué va a suceder con los desperdicios que este material pueda generar en el futuro? es una pregunta de prospectiva y se plantea debido a que hoy en día las empresas que fabrican cascos no están pensando realmente o aplicando ninguna alternativa al uso de un material que es altamente contaminante y perjudicial, en este trabajo se pone la mira en un futuro no muy lejano donde esto podría empezar a ser realmente un problema y se propone actuar antes de que sea más difícil de manejarlo.

*Tabla 1.*

*Propiedades del poliestireno expandido*

<b>PROPIEDAD DES</b>	<b>NOR MA UNE</b>	<b>UDS .</b>	<b>TIPOS EPS</b>						
			<b>TIPO I</b>	<b>TIPO II</b>	<b>TIPO III</b>	<b>TIPO IV</b>	<b>TIPO V</b>	<b>TIPO VI</b>	<b>TIPO VII</b>
<b>DENSIDAD Nominal</b>	EN- 1602	Kg/ m <sup>3</sup>	10	12	15	20	25	30	35
<b>DENSIDAD Mínima</b>		Kg/ m <sup>3</sup>	9	11	13.5	18	22.5	27	31.5



<b>Capacidad Térmica Específica</b>	J/(kg K)		1210	1210	1210	1210	1210	1210	1210
<b>Clase de reacción al fuego</b>	-		M1 ó M4						
<b>Absorción de agua en condiciones de inmersión al cabo de 7 días</b>	EN-12087	% (vol.)	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5
<b>Absorción de agua en condiciones de inmersión al cabo de 28 días</b>	EN-12087	% (vol.)	1-3	1-3	1-3	1-3	1-3	1-3	1-3
<b>Índice de resistencia a la difusión de vapor de agua</b>	92226	1	<20	<20	20-40	30-50	40-70	50-100	60-120

*Nota.* Esta tabla muestra de forma ordenada las propiedades físicas del poliestireno expandido, lo cual ayuda a una mejor comprensión del texto y de la intención del mismo.

*Nota.* Asociación Nacional del Poliestireno Expandido (2004).

### **Justificación**

Este trabajo se lleva a cabo gracias a que se evidencia el gran impacto ambiental que genera en esta industria del EPS en general, más adelante se va a especificar a detalle qué tanto se contamina puntualmente con la fabricación de los cascos, ya que estos en el futuro van a estar provocando una contaminación que según el crecimiento de la industria de las motocicletas puede ser de gran importancia para Antioquia y habrá que prestarle

atención. No obstante, se aclara que para este punto de la investigación aún no se ha indagado a profundidad en el tema y hay más datos importantes por recopilar a forma de sustentación, pero como experiencia personal y según lo que se ha investigado sobre el tema, se puede afirmar que esto es un punto importante, el cual puede y debe desarrollarse como aporte a la sociedad.

Parte de esta justificación se basa en el aumento de la compra de cascos de moto, en una conferencia expuesta en EAFIT en 2019 llamada Gerenciar por Ramiro Agudelo fundador de Inducascos él explica que el modelo de venta anteriormente era menos rentable debido a que los cascos eran en un solo color, sin ningún tipo de diseño y un motociclista promedio podía tener 2 cascos pero gracias a una fórmula que introdujo al mercado de los cascos llamada Prontamoda utilizada en la industria de la moda ahora el promedio es de 10 a 12 cascos ya que estos se toman como una prenda de vestir más y no se cambian porque estén malos sino porque ya sale una nueva colección que hace ver al anterior obsoleto o fuera de estilo (Canal En VIVO - Universidad EAFIT, 2019, 46m02s), ya que Inducascos es el principal distribuidor nacional de cascos con una participación del 70% en el mercado, hay que prestar especial atención a esta empresa pues con este tipo de conceptos que promueven el consumo masivo se incrementa la producción, los desechos y la contaminación que estos provocan.

### **Conceptos clave**

EPS, contaminación, motocicleta, movilidad en el área metropolitana, cascos de motocicleta.

### **Hipótesis / Pregunta(s)**

Se puede suponer que al cabo de algunos años la industria de los cascos crezca mucho más, lo que supondría un incremento del material residual que dejan todos los procesos concernientes a esta y más adelante el desperdicio de los cascos que los usuarios desechen, bien sea porque se dañó y no se puede reparar o por deterioro natural, lo que lleva a reflexionar que esto traería problemas de sostenibilidad como ya lo presentan muchas empresas de diferentes sectores que producen en cantidades superiores a las de cascos. Las empresas de cascos tendrían que regular sus procesos y buscar alternativas más sostenibles, pero ya todo esto cuando el daño al planeta sea lo suficientemente significativo como para que se proceda a sancionar las actividades de las fábricas. Siendo un poco tarde para gestionar este problema ambiental, se van a buscar soluciones rápidas o de alguna manera desesperadas y posiblemente no tan efectivas por el poco tiempo de ejecución que ya puedan tener. Según esto, se crea la siguiente pregunta la cual se responderá dando solución a cada uno de los objetivos planteados en este trabajo.

¿Cómo reducir desde el diseño industrial el impacto ambiental generado por los cascos para motociclistas?

### **Objetivos**

#### **Objetivo general**

Diseñar un casco que contenga algunos componentes que disminuyan el impacto ambiental provocado, cumpliendo las mismas o mejores especificaciones en cuanto a resistencia, peso y precio.

**Objetivos específicos**

Analizar el casco, su estructura, y los sistemas de protección existentes para desarrollar desde el diseño una alternativa para el EPS.

Proponer una estructura que se pueda adaptar al interior de los cascos sin disminuir las cualidades que por norma debe tener el EPS.

Elaborar un diseño que contenga los componentes básicos de un casco y cumpla con requerimientos técnicos y generales.

## **Capítulo 2. Marco teórico**

### **Antecedentes**

En la búsqueda de los antecedentes se expone en primera instancia la historia del casco de motocicleta de forma cronológica, de qué manera se empieza su uso obligatorio y también su composición, además, se anuncian diferentes investigaciones realizadas sobre el EPS y alternativas posibles al uso de este desde diferentes campos de la investigación.

El origen de los cascos de moto no se debe contar sin antes hablar un poco del contexto de estos que es la invención de las motocicletas, este acontecimiento se da en 1867 cuando Sylvester Howard Roper diseña lo que es una estructura de madera con ruedas impulsada por un motor de vapor, pero hablando de lo que hasta el día de hoy se ve en mayor proporción que son las motocicletas con motor a gasolina fueron Gottlieb Daimler y Wilhelm Maybach quienes la hicieron con este sistema. Para el siglo XIX las motocicletas eran una solución más económica que los autos de aquella época, pues estas eran realmente bicicletas a las cuales se les agregaba un motor. La seguridad no era prioridad en ese momento, las motos no tenían ningún sistema de seguridad como frenos seguros, amortiguación, ni nada por el estilo y tampoco la persona que la conducía, únicamente existía una gorra de cuero que el mismo Gottlieb había construido, la cual ofrecía una protección casi nula, su función principal era cubrir del frío y esta iba acompañada de unas gafas de aviación que evitaban el polvo en los ojos. Para 1914 el doctor Eric Gardner propuso que los motociclistas, particularmente los que participaban en competencias llevaran casco, pero la mayoría no estaban de acuerdo con esto. A pesar de

que se había hecho esa propuesta el casco seguía sin ser obligatorio y eso se veía reflejado en la drástica suma de 200 muertos a la semana solo en Inglaterra. El 19 de mayo de 1935 TE Lawrence (más conocido como Lawrence de Arabia) sufrió un grave accidente de motocicleta y murió a causa de lesiones en su cabeza, este suceso perturbó al doctor Hugh Cairns quien había atendido a Lawrence, lo que lo motivó a iniciar una investigación acerca de las lesiones en la cabeza y cuantas muertes habían relacionadas con esto en accidentes de motocicleta, las cifras fueron impactantes. Fue para 1941 que Cairns logró en parte su propósito cuando el ejército británico emitió una orden para que todos los que conducían motocicletas en expediciones estaban obligados a utilizar cascos con cubierta de corcho o caucho. Después de todo esto, en 1946 el doctor Cairns realizó un segundo estudio que demostraba que era mucho más difícil perder la vida si se utilizaba un casco cuando se conducía una motocicleta que cuando no se usaba y se logró reducir la cifra de muertos a 50 por mes. Posteriormente el número de accidentes y muertes aumentó debido a que se fabricaban motocicletas cada vez más veloces, fue así que un profesor de la Universidad del sur de California diseñó el primer casco para absorber impactos, este fue diseñado especialmente para conducción a alta velocidad, el casco estaba compuesto por dos capas de acolchado para comodidad y para absorber y disipar la energía del impacto (La fascinante historia del casco de moto, 2018).

A partir de este primer acercamiento a lo que son los cascos para motocicleta hoy en día se desencadenó una serie de diseños diferentes y se fue perfeccionando la estructura y composición de estos hasta llegar a lo que se ve ahora. Fibra de vidrio, fibra de carbono,

y ABS son los materiales más usados para la fabricación de cascos, estos materiales acompañados de sus componentes internos que en su mayoría son el Poliestireno expandido el cual se encarga de reducir la magnitud del impacto que recibe la cabeza, al disipar la energía y un acolchado de espuma y tela para mayor comodidad, el poliestireno expandido o EPS, el cual en Colombia es más conocido como Icopor como se menciona anteriormente, es el componente posiblemente más contaminante de todo el casco debido a su proceso de fabricación e ineficiente reciclaje, este último no es imposible de llevar a cabo pero que resulta demasiado tedioso y su margen de ganancia es muy bajo porque ocupa mucho espacio y su peso es demasiado bajo y como bien se sabe se paga es por el peso del material no por el volumen, esto provoca que los recicladores tengan que llevar volúmenes muy grandes por poco dinero. Lo anterior es uno de los motivos por el cual se ha vuelto un problema para el medio ambiente y si no se actúa ahora podría hacerse más grande el problema. Existen diferentes compañías y personas que están en pro de cambiar el panorama y buscar alternativas al uso del EPS, sin embargo, el reto no es fácil y esto lleva a que desarrollen investigaciones que justifiquen su propósito y que así descubrir una forma de solucionar esta problemática que es latente en la actualidad, por eso a continuación se resumen algunas de estas investigaciones, en las cuales se evidencia la importancia del tema y que información se tiene hasta el momento.

En un primer trabajo en la investigación realizada a nivel nacional se encontró a Rodríguez y Montilla (2021) quienes en Santiago de Cali, Valle del Cauca, con su trabajo de grado titulado "Icopor Asesino Silencioso de la Vida" buscaron diseñar una propuesta

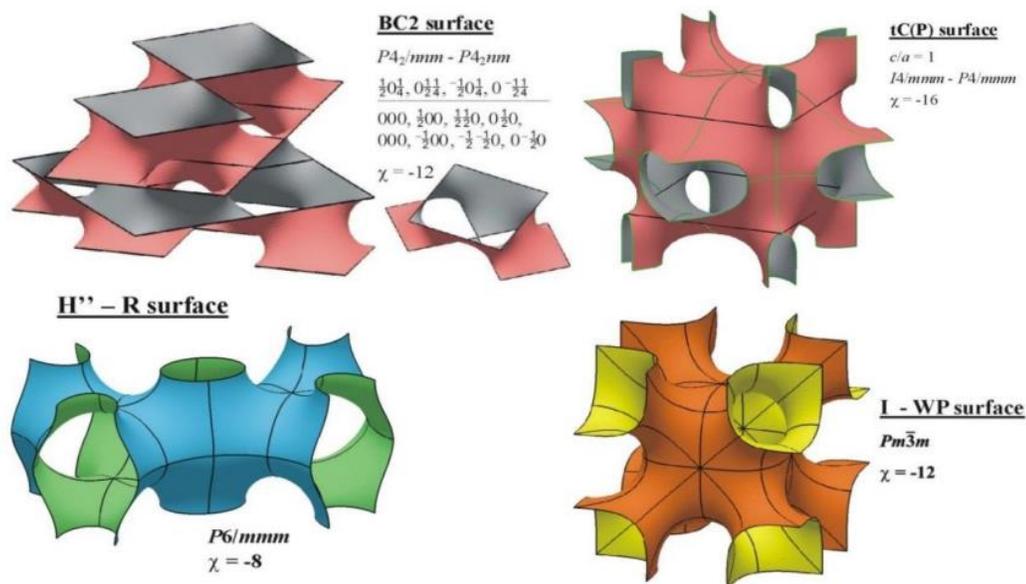
para el manejo del residuo final del poli estireno expandido en su ciudad, a través de un estudio descriptivo y explicativo en el cual va principalmente resaltada la afectación a la salud de todos los seres vivos debido al consumo masivo de este material. Para esto, implementaron una estrategia exploratoria, recopilando la información a través de la consulta que les permitió descubrir y medir el desconocimiento de las personas frente a esta situación y el consumo desmedido del EPS en Colombia, en conclusión se puede afirmar que, así como la población también los residuos sólidos van en incremento y esto se evidencia principalmente en los conjuntos residenciales, también se especifica que menos del 10% de los residuos generados por este material se reciclan, debido a que pocas organizaciones están interesadas en fomentar esta práctica y además los recicladores no están interesados en él, ya que sus ganancias son mínimas (40 veces menores) comparadas con el cartón, plástico, vidrio, entre otros materiales que se pueden reciclar.

Por otro lado, en el ámbito del ciclismo hay un trabajo de grado del estudiante García (2020) de la universidad de Zaragoza llamado “Diseño de un casco ciclista basado en superficies mínimas periódicas triplicadas” el cual pretende explorar una alternativa al uso de Poliestireno expandido como materia prima en la fabricación de cascos para ciclismo, ya que como se sabe este material presenta varias dificultades en cuanto a su reciclaje y su viabilidad económica hablando de sostenibilidad. Para este proyecto se hace un análisis del casco y sus funciones, partes, tipos, además de las alternativas que hay hasta el momento, también se documenta las normas asociadas al uso del casco de bicicleta y que factores influyen en las lesiones provocadas a un usuario a la hora de un accidente. Se

plantea según lo investigado que la mejor alternativa para reemplazar el EPS del casco son las Superficies Mínimas Triplemente Periódicas (TPMS) (ver figura 2) las cuales son estructuras cristalinas que se encuentran en la naturaleza y se pueden construir con cualquier material para potenciar sus propiedades tales como la ligereza, resistencia y disipación de calor.

*Ilustración 2.*

*Superficies Mínimas Triplemente Periódicas*



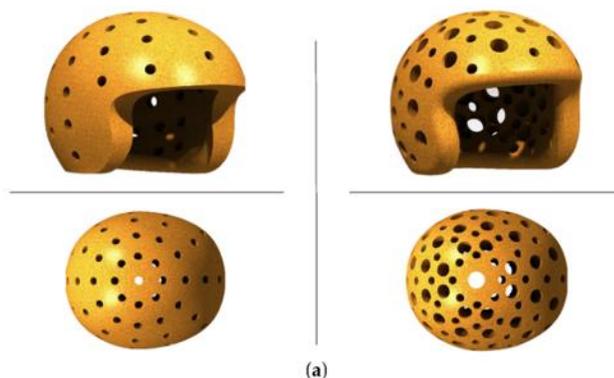
Fuente: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/12440/u672166.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

En el siguiente trabajo realizado por Fernandes, F., Alves de Sousa, R., Ptak, M., y Migueis, G. (2019) nombrado “Diseño de casco basado en la optimización de revestimientos absorbentes de energía biocompuestos bajo carga de impacto múltiple” el objetivo principal es analizar si es posible incorporar el corcho aglomerado como material

de relleno en cascos de protección como alternativa al EPS, en este estudio se hacen pruebas con un modelo de elementos finitos<sup>3</sup> de un casco de motocicleta disponible en el mercado, y estas se comparan con las realizadas al corcho aglomerado, el cual es un material que se produce a partir del desecho de la producción de los tapones de vino, tiene excelentes propiedades en cuanto a la absorción de impactos y resistencia a temperaturas extremas, este tiene un comportamiento viscoelástico que le permite recuperarse casi por completo después de una deformación. Como conclusión de los estudios realizados al corcho aglomerado y al EPS se ven resultados favorables para el primero, se realizaron dos pruebas de impacto para cada uno obteniendo mejor rendimiento el corcho, además el modelo óptimo que se desarrolló cuenta con perforaciones de 15 mm de diámetro (ver figura 3) para reducir volumen y por lo tanto el peso del casco también se reduce.

*Ilustración 3.*

*Modelo de casco con estructura de corcho aglomerado con perforaciones*



---

<sup>3</sup> “Se le llaman “elementos finitos” porque la geometría de la estructura se divide en partes más pequeñas. Gracias a estas divisiones, el problema se vuelve más específico y permite que la computadora lo resuelva con más exactitud” (Seismouse, s.f.)

*Fuente:* <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/4/735>

En la revista Kuxulkab' de Divulgación de la División Académica de Ciencias Biológicas se encuentra a Martínez & Laines (2014) con una publicación basada en el perjuicio del EPS para el medio ambiente llamada “Poliestireno Expandido (EPS) y su problemática ambiental” en la cual anuncian que en su país el incremento del desecho de este material va directamente ligado a el rápido crecimiento demográfico, económico, urbanístico y a la industrialización, debido a esto se van requiriendo cada vez más sitios donde depositarlo, pues en la fabricación del EPS se utiliza una densidad mínima de  $10 \text{ kg/m}^3$  y puede ir hasta lo  $20 \text{ kg/m}^3$  pero cuando es almacenado como un material de desecho puede conseguir solo la mitad de la densidad que son  $5 \text{ kg/m}^3$ . Según los datos anteriores se puede decir que una tonelada de poliestireno Expandido abarca  $200 \text{ m}^3$ , lo que equivale a 200.000 litros, esto es una cantidad enorme para tan poco material y necesita un espacio demasiado grande para almacenarse y eso pasa porque el material es 98% aire y el 2% restante es poliestireno. Como conclusiones finales de esta investigación se da como posible solución la compresión de los desechos de Poliestireno Expandido, pues este es un proceso el cual involucra la compresión por calor de fricción y reduce significativamente el volumen del material, también afirman que puede ser un sustituto en la fabricación de otras materias primas como lo son las resinas y así de igual forma reducir la producción de estas.

En el quinto trabajo está la investigación realizada en la Universidad de El Salvador por Arriola y Velásquez (2013) quienes desarrollaron la “Evaluación técnica de alternativas

de Reciclaje de poliestireno expandido (EPS)” basada en el impacto ambiental del poliestireno expandido con la cual buscan crear adhesivo o barniz a partir de la disolución de poliestireno expandido en solventes orgánicos, ellos indican que el poliestireno expandido es altamente contaminante para la vida marina debido a que algunos animales ven las perlas del EPS como alimento y las ingieren, esto posteriormente les causa la muerte. Plantean que el EPS es altamente sensible a los solventes orgánicos y en su proyecto realizan pruebas para verificar la viscosidad que adquieren con diferentes de estos solventes. Como metodología de investigación se usa la recolección de datos y cifras encontradas en otros trabajos y en empresas que se dedican a la elaboración de productos derivados del reciclaje de poliestireno expandido, se realizaron pruebas de disolución en los cuales se utilizaron solventes como el butil acetato, etil acetato y metil isobutil cetona (MIBK) y mezclas entre ellos en diferentes porcentajes de concentración para cada uno. Se llega a la conclusión de que la mezcla de etil acetato con Poliestireno Expandido es la que mejor resultados da Para su aplicación como adhesivo comercial y se demostró que la mezcla de MIBK con EPS y butil acetato/MIBK con EPS fueron las que mejor desempeño tuvieron para el uso como barniz comercial.

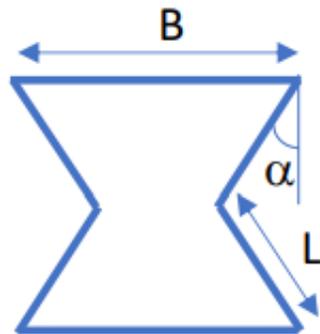
En una investigación realizada en la Universidad Carlos III de Madrid por Tabernero (2019) se habla de las estructuras auxéticas (ver figura 4), las cuales son un tipo de estructura que tiene la capacidad de expandirse en todas las direcciones cuando se someten a una carga, lo que las hace ideales para la fabricación de objetos de protección. Este proyecto se enfoca en el estudio de celdas auxéticas con geometría reentrante,

analizando el coeficiente de Poisson resultante en función del ángulo de sus miembros inclinados y su capacidad de absorción de energía frente a impactos. El objetivo es obtener una mejor comprensión del comportamiento de estas estructuras ante este tipo de esfuerzos, incluyendo la historia de las estructuras auxéticas, los tipos existentes y sus principales características. Para ello, se han utilizado métodos analíticos, numéricos y experimentales.

Los análisis realizados en este trabajo dejaron como resultado que los bloques de estructuras auxéticas con mayor capacidad de resistencia a los impactos son lo que presentan un ángulo de 30 grados ya que el Coeficiente de Poisson es más elevado, estos ensayos fueron realizados con piezas impresas en 3D en PLA que fueron sometidas a impactos de 2 Julios (ver figura 5).

*Ilustración 4.*

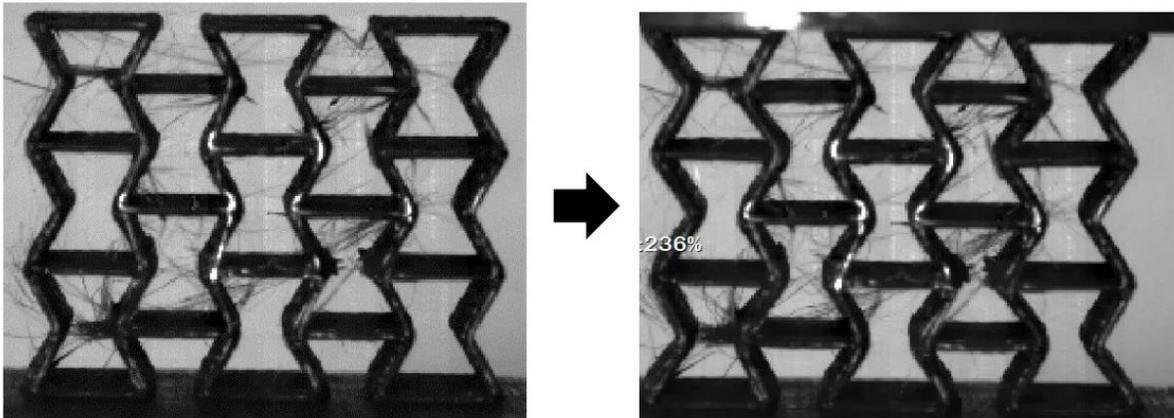
*Celda de estructura auxética*



Fuente: <https://core.ac.uk/download/pdf/288502067.pdf>

*Ilustración 5.*

*Bloque de 30 grados sin deformar (izquierda) y una vez sometido al impacto (derecha).*



Fuente: <https://core.ac.uk/download/pdf/288502067.pdf>

### **Marco teórico**

A continuación, se van a definir cada uno de los conceptos clave para llegar a una comprensión más profunda del tema que se está trabajando, debido a que hay gran variedad de definiciones para dichos conceptos se realiza un análisis para tomar las que podrían ser de mayor aporte para la investigación.

### **Poliestireno expandido**

Según Rodríguez y Montilla (2021) “es un material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas pre expandidas de poliestireno expandible o uno de sus Copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire.”

El poliestireno expandido (EPS) es una espuma rígida y resistente de celda cerrada. Las aplicaciones de construcción y construcción representan alrededor de dos tercios de la demanda de poliestireno expandido. Se utiliza para el aislamiento de paredes (cavidades), techos y pisos de concreto. Debido a sus propiedades técnicas, como el bajo peso, la rigidez y la conformabilidad, el poliestireno

expandido se puede utilizar en una amplia gama de aplicaciones, por ejemplo, bandejas, platos y cajas de pescado (Connor, 2019).

“Poliestireno expandido (EPS) se deriva de los monómeros de estireno infundidos con agentes de expansión como los gases pentano y hexano para producir partículas ligeras de forma esférica que tienen una densidad que oscila entre 10 y 50 kg/m<sup>3</sup>” (Assaad, 2018).

Según las anteriores definiciones, se puede decir que el EPS como material presenta unas excelentes propiedades que apuntan un gran valor a cualquier proyecto que se lleve a cabo, sea para cascos o cualquier otra aplicación, pero el uso no controlado de este puede llegar al ser altamente perjudicial, pues sus componentes a la hora de pasar a ser un desecho son altamente tóxicos según el lugar y las condiciones en que se encuentre.

### **Contaminación**

“Introducción directa o indirecta, mediante la actividad humana, de sustancias, vibraciones, calor o ruido en la atmósfera, el agua o el suelo que pueden tener efectos perjudiciales para la salud humana o la calidad del medioambiente.” (Real Academia Española, s.f., definición 1).

La contaminación es un fenómeno que existe desde que se originó la Tierra. Desde hace ya tanto tiempo, las sustancias contaminantes se dispersan y transportan sobre y dentro de los recursos naturales modificando sus características originales. Pero, a medida que el hombre fue evolucionando y se transformó en sedentario,

consumidor despiadado y derrochador de recursos, este problema ha crecido notablemente (Gonzales, s.f.).

El termino contaminación es bastante importante dentro de la investigación ya que se refiere a agentes físicos, químicos o biológicos o una combinación entre estos, que pueden afectar sustancialmente al entorno y los que lo habitan, por eso y enmarcado en lo que se desea puntualmente hacer énfasis, la segunda definición da un mayor acercamiento de lo que es contaminación si se toma desde la perspectiva del poliestireno expandido.

### **Motocicleta**

“Vehículo automóvil de dos ruedas, con uno o dos sillines y, a veces, con sidecar.” (Real Academia Española, s.f., definición 1).

“Es un vehículo automotor de dos ruedas denominada en su extensión como Motocicleta, que de manera abreviada se denomina Moto, la Mecánica de Motos, es la acción de la persona que trabaja en estos vehículos” (CIPET, 2018).

Es un vehículo de dos ruedas impulsado por un motor. El cuadro y las ruedas constituyen la estructura fundamental del vehículo. La rueda directriz es la delantera y la rueda motriz es la trasera. Tienen la consideración de motocicleta los automóviles que se definen en los dos epígrafes siguientes:

- 1- Motocicleta de dos ruedas: vehículo de dos ruedas sin sidecar, provisto de un motor de cilindrada superior a 50 c.c., si es de combustión

interna, y/o con una velocidad máxima por construcción superior a 45 Km/h. (Real Academia Española, s.f., definición 1).

2- Motocicleta con sidecar: vehículo de tres ruedas asimétricas respecto a su eje medio longitudinal, provisto de un motor de cilindrada superior a 50 c.c, si es de combustión interna, y/o con una velocidad máxima por construcción superior a 45 Km/h. (Coruna, 2014).

En las tres definiciones que se encuentran de motocicleta se entiende que es un vehículo para el transporte de dos personas impulsado por un motor, con respecto a la investigación este punto es importante ya que abre inicialmente un panorama y aporta un dato que puede ser relevante como que si en una moto van dos pasajeros o por lo menos el dueño de una motocicleta piensa que en algún momento va a transportar a alguien va a necesitar de un segundo casco.

### **Movilidad en el área metropolitana**

“Por movilidad se entiende el conjunto de desplazamientos, de personas y mercancías, que se producen en un entorno físico. Cuando hablamos de movilidad urbana nos referimos a la totalidad de desplazamientos que se realizan en la ciudad.” (Ecologistas en acción, 2007).

“Movilidad significa desplazamiento, siempre refiriéndose básicamente al movimiento o desplazamiento de una persona y/o vehículo por una vía” (Garrido, 2018).

### **Estado de la técnica**

En el estado de la técnica se muestran desarrollos tecnológicos que se han presentado derivados de la urgencia de alternativas para el EPS, como ya se ha evidenciado a partir de todo el trabajo de investigación que se ha realizado, hay una preocupación grande en cuanto a los residuos de este material y por eso es que algunas personas han iniciado investigaciones para solucionar o por lo menos reducir el impacto que genera para el medio ambiente, algunos de estos desarrollos van direccionados particularmente a cascos de protección y otros a la industria de los empaques, se mencionan aquí porque de alguna manera nutren y abren más el panorama de las alternativas posibles y verificadas que existen.

Un desarrollo tecnológico para reemplazar el EPS de los cascos de bicicleta fue HEXR, (ver figura 6) es un casco de bicicleta personalizado y fabricado mediante impresión 3D que ofrece seguridad y comodidad optimizadas. Utiliza una tecnología de escaneo 3D para crear un casco que se adapte perfectamente a la forma de la cabeza del usuario y, de este modo, proporcionar un ajuste más seguro y cómodo. El casco está construido con una estructura de celdas hexagonales, llamada estructura en panal, que permite una mayor absorción de impactos y una ventilación eficiente. Además, el casco Hexr es respetuoso con el medio ambiente, ya que está fabricado con materiales de poliamida 11, un polímero de origen biológico proveniente del aceite de ricino, que es 100% reciclable (HEXR, s.f.)

*Ilustración 6.  
Estructura del casco HEXR*



Fuente: <https://hexr.com/pages/manufacturing>

Kupol es otro casco de bicicleta que se compone de tres capas, esta estructura es llamada Kollide Safety System (ver figura 7), la primera capa que es la externa tiene amplios canales para la ventilación y está impresa en 3D, la segunda son piezas de goma que absorben una cantidad media de energía y la última capa son capsulas con forma de ventosas que se ajustan al cráneo brindando un mayor confort, estas disipan la energía con un movimiento relativo (Ranum, 2018).

*Ilustración 7. Casco Kupol*



Fuente: <https://www.sculpteo.com/blog/2018/10/19/the-world-first-3d-printed-helmet-by-kupol/>

EcoHelmet es un casco de bicicleta plegable, económico y ecológico diseñado para ciclistas urbanos. Está fabricado con papel reciclado mediante una técnica de estructura de nido de abeja que proporciona una protección segura y eficiente para la cabeza. El casco es ligero, plegable y resistente al agua, lo que lo convierte en una opción conveniente y portátil para ciclistas que deseen protegerse durante sus desplazamientos en la ciudad.

Además, EcoHelmet ha sido reconocido por su innovación y diseño, ganando el premio James Dyson Award en 2016 (Isis Shiffer, 2016). (Ver Figura 8)

*Ilustración 8.*

*EcoHelmet*



*Fuente:* <https://www.ecohelmet.com/>

### **Espuma de poliuretano**

La espuma de poliuretano (ver figura 9) de base biológica es una alternativa ecológica y sostenible a los materiales de poliuretano derivados del petróleo. Utilizando el aceite de ricino como componente clave, este tipo de espuma de poliuretano presenta propiedades similares a las de su contraparte basada en petróleo, pero con un menor impacto ambiental. El aceite de ricino, obtenido de las semillas de la planta de ricino (*Ricinus communis*), es un recurso renovable y su utilización en la producción de espumas de poliuretano contribuye a reducir la dependencia de los combustibles fósiles y disminuir la huella de carbono en la fabricación de estos materiales (Sharmin y Bajpai, 2015).

Las espumas de poliuretano de base biológica tienen aplicaciones en diversas industrias, como la construcción, el transporte y la fabricación de muebles. La incorporación del aceite de ricino en la síntesis de poliuretano ofrece beneficios adicionales, como la mejora de propiedades mecánicas, térmicas y de resistencia a la hidrólisis. Además, estas espumas biodegradables y sostenibles tienen el potencial de reducir la cantidad de residuos plásticos en vertederos y océanos, contribuyendo al manejo responsable de los recursos y la protección del medio ambiente (Sharmin y Bajpai, 2015).

*Ilustración 9.*

*Espuma de poliuretano*



Fuente: <https://especialidadesplasticas.com/espuma-de-poliuretano/>

### Capítulo 3. Marco metodológico

#### Tipo de investigación

Esta es una investigación experimental aplicada del tipo investigación y desarrollo ya que está enfocada en el desarrollo de diseños y/o productos, averigua cuales son las necesidades que hay en el mercado y se centra en cómo mejorar los productos que ya cumplen con su propósito de satisfacer una necesidad.

#### Diseño de la investigación

Para que este proyecto tenga relación con sus objetivos se deben desarrollar cada uno de estos y se puede lograr con un paso a paso en cada uno de ellos.

*Tabla 2.*

*Metodología de investigación*

<b>Objetivo específico 1</b>	<b>Metodología</b>
<b>Elaborar un diseño que contenga los componentes básicos de un casco y cumpla con requerimientos técnicos y generales.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacer una investigación apropiada y específica sobre que componentes contiene el casco</li> <li>• Hacer simulación de esfuerzos en el software donde se desarrolle el diseño.</li> </ul>
<b>Objetivo específico 2</b>	<b>Metodología</b>
<b>Analizar el casco, su estructura, y los sistemas de protección existentes para desarrollar desde el diseño una alternativa para el EPS.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer el funcionamiento de los componentes del casco y como estos aportan a la protección del usuario.</li> <li>• Hacer un listado de los sistemas de protección para la cabeza de los</li> </ul>

---

motociclistas seleccionando los más efectivos y ver como se pueden extraer formas y materiales de cada uno de ellos para juntarlos en un nuevo diseño.

---

### **Objetivo específico 3**

### **Metodología**

**Desarrollar a partir del diseño una estructura que se pueda adaptar al interior de los cascos sin disminuir las cualidades que por norma debe tener el EPS.**

- Tener en cuenta propiedades físicas y estructurales que aporten lo necesario para que el producto cumpla las especificaciones técnicas exigidas en Colombia.
  - Desarrollar las maquetas o modelos necesarios para verificar si el producto cumple con las expectativas.
  - Construir un prototipo el cual es adaptado al casco que se utilice como modelo para el proyecto.
- 

### **Técnicas de recolección de datos**

Principalmente se pretende iniciar con la observación para descubrir aspectos que puedan afectar al usuario o lo pueda beneficiar al usar un casco de motocicleta. Además, realizar una entrevista en la cual se le pedirán puntos específicos para analizar su relación con el casco, hablando de comodidad sobre todo y para determinar qué tipos de cascos

prefieren, así se sabrá si esta preferencia va ligada al material, el peso u otra característica que pueda servir como dato para el diseño del prototipo.

### **Preguntas para entrevista**

1. ¿Monta en moto frecuentemente?
2. ¿Es conductor o pasajero?
3. ¿Qué tipo de casco prefiere? ¿por qué? (cerrado, abierto, abatible, doble propósito (es Cross con visor y gafas))
4. ¿Qué le gusta de su casco? ¿por qué?
5. ¿Qué no le gusta de su casco? ¿por qué?
6. ¿Prefiere un casco liviano o pesado? ¿por qué?
7. ¿Cómo es la ventilación dentro de su casco? (Es decir, entra bastante aire o no, cree que fluye por todo el interior o solo se percibe en su rostro, siente demasiado calor o frío dentro del casco)
8. ¿Considera que su casco le permite una visión panorámica de la vía?
9. ¿Qué le cambiaría a su casco? ¿por qué?
10. ¿Cuál elemento que tenga otro casco le agregaría al suyo?

### **Población y muestra**

Para la muestra se estudia a la población de clientes que compran cascos para motocicletas en Medellín, sea que tengan o no una motocicleta.

### **Análisis de datos**

Se recolectaron los datos obtenidos en las entrevistas realizadas a los usuarios de motocicletas en una tabla que los organiza de una forma fácil de entender y se agruparon las respuestas dadas por los usuarios. Se hizo para unificar sugerencias de los usuarios y para desarrollar el aspecto y los elementos finales que va a llevar el prototipo.

*Tabla 3.*

*Análisis de datos recolectados*

<b>Usuario</b>	<b>Frases clave</b>	<b>Análisis</b>
<b>Usuario 1</b>	Pasajero, liviano, cerrado, poca ventilación, comodidad, fresco.	Desde una perspectiva de pasajera ve en su casco varias deficiencias, como que da mucho calor, o que le hace falta protección de los rayos UV.
<b>Usuario 2</b>	Abatible, calidad, liviano, diseño, calor, basura en los ojos, resistencia.	Este usuario prefiere cascos abatibles seguramente por lo ventilados que son, aunque sacrifiquen un poco la seguridad, hay personas que prefieren estar más cómodos.
<b>Usuario 3</b>	Pasajero, cerrado, comodidad, estilo, liviano, frio, empañamiento, poca visibilidad.	Para muchos es difícil adaptarse al casco integral, ya que la visión puede verse un poco más reducida en comparación con cascos sport, este usuario le da gran importancia a la estética, pero también al confort.
<b>Usuario 4</b>	Conductor, cerrado, peso, comodidad, estética, liviano, poca ventilación, buena visión, empañamiento, gafas.	Este como la mayoría de entrevistados sugiere un casco liviano, cómodo y cerrado, posiblemente, su propósito de uso sea para viajes, ya que describe algunas características que tienen este tipo de cascos de Turing

<b>Usuario 5</b>	Conductor, cerrado, protección, estética, seguridad, calidad, removible, liviano, poca ventilación, buena visión, pines.	Esta persona es un poco más enfocada en el estilo y los elementos que se le puedan modificar a su casco, igual que la mayoría prefiere cascos cerrados y con buena ventilación.
<b>Usuario 6</b>	Conductor, cerrado, sobrio, liviano, poca ventilación, diseño, cortes aerodinámicos.	El último usuario describe una personalidad neutra, con un perfil bajo, posiblemente sea el común denominador para el diseño final, algo que a todos les guste, resalta la importancia de la ventilación y el buen diseño.

### **Desarrollo de concepto (ideación)**

El proyecto busca realizar un casco de motocicleta totalmente funcional con características específicas las cuales le aportan ventajas en comparación a los cascos convencionales, los cuales por separado contienen piezas que los hacen eficientes en algunos aspectos, pero siempre descuidan otros bastante importantes. Algunos cascos contienen elementos que los hacen ideales para tareas específicas, la idea del prototipo que se desarrolla en este trabajo es integrar varias de esas cualidades que los hacen eficientes y crear un rediseño con un buen balance que sea ideal para la ciudad o viajar por carretera.

Adicionalmente se ha estudiado la posibilidad de sugerir un material el cual reemplace el EPS que lo haga idealmente más ecológico en su fabricación y la finalización de su ciclo de vida, para esto se han propuesto diferentes materiales.

## Mood Board

En este Mood Board (ver figura 10) se integran varias imágenes las cuales son alternativas comprobadas al EPS, entre ellas podemos encontrar contenedores biodegradables de bagazo de caña, contenedores biodegradables de trigo, platos en fibra de coco, el EcoCradle que son envases fabricados con hongos y desechos agrícolas y el Green Cell Foam que está hecho de maíz y se utiliza para embalaje, todos tienen propiedades muy similares a las del EPS pero con la diferencia que son mucho más ecológicos y biodegradables.

*Ilustración 10.*

*Moodboard - alternativas al EPS*



Fuentes:

<https://www.reforma.com/aplicacioneslibre/articulo/default.aspx?id=1401703&md5=6c3d34364b37ee71dd8974ee9429af71&ta=0dfdbac11765226904c16cb9ad1b2efe>

<https://greencellfoam.com/>

<https://ecoinventos.com/ecocradle-envase-fabricado-con-hongos-y-deshechos-agricolas/>

<https://renovapack.com/>

### Lista de requerimientos

A partir de lo anteriormente encontrado, se realiza una lista de requerimientos basada en la forma como el Product Design Specifications o PDS determina ciertas variables. Aquí se condensan los hallazgos visualizados en el trabajo de campo.

Tabla 4.

Lista de requerimientos

Necesidad	Requerimiento técnico	Unidad de métrica	Valor - Rango	Importancia
<b>Forma interior</b>	Su forma permite que se ajuste a diferentes tamaños de cráneo según su talla	Talla	S, M, L, XL	4
<b>Forma exterior</b>	El casco es completamente integral	Piezas	2 (máx.)	5
<b>Resistencia</b>	El casco al igual que cualquier otro que esté certificado, debe resistir a fuertes impactos.	J	89.8 J - N J (min)	5
<b>Capacidad de producción</b>	Permite ser producido en serie gracias a sus ángulos de desmoldeo.	Unidades/h ora	400 - 500	4

<b>Visión periférica</b>	La abertura frontal del casco permite una buena visión al usuario.	Grados (°)	200 - 220	5
<b>Altura</b>	El casco tiene una altura adecuada.	cm	22 – 24	4
<b>Ancho</b>	El casco tiene un ancho adecuado.	cm	20 - 25	4
<b>Largo</b>	El casco tiene un largo adecuado.	cm	28 - 30	4
<b>Sistema de ventilación</b>	Tiene las ventilaciones adecuadas para la disminución de la temperatura interna en el casco.	Unidades	4 - 7	4
<b>Peso</b>	El casco debe tener un peso adecuado que le permita al usuario usarlo en trayectos largos.	gr	1600 gr ± 50 (máx.)	4
<b>Estética externa</b>	El color del casco preferiblemente es monocromático con algunas piezas reflectivas.	Monocromático	Negro	3
<b>Material externo</b>	La calota debe ser en un material que soporte los esfuerzos a los que sea sometido el casco	xxx	ABS, Fibra de vidrio, fibra de carbono	5

<b>Material interno</b>	Se utiliza para el interior del casco un material como alternativa al EPS	xxx	Corcho, biopolímero	5
<b>Ergonomía interna</b>	Contiene sistemas incluyentes como acceso fácil para los lentes.	xxx	xxx	4
<b>Ergonomía interna</b>	Viene preparado para intercomunicador	xxx	xxx	4
<b>Ergonomía externa</b>	El casco es fácil de transportar y compacto.	xxx	xxx	3

*Nota.* Según la lista de requerimientos y las entrevistas realizadas a diferentes usuarios se extraen las siguientes características, las cuales idealmente debe llevar el prototipo que se desarrolla: Ventilación, bajo peso, cómodo, integral, cuenta con visión panorámica, material acorde al peso y la calidad

### **Propuestas iniciales**

A continuación, se plantean los siguientes bocetos como propuestas iniciales, se aclara que estos tuvieron modificaciones y combinaciones para obtener finalmente el más apropiado para el prototipo.

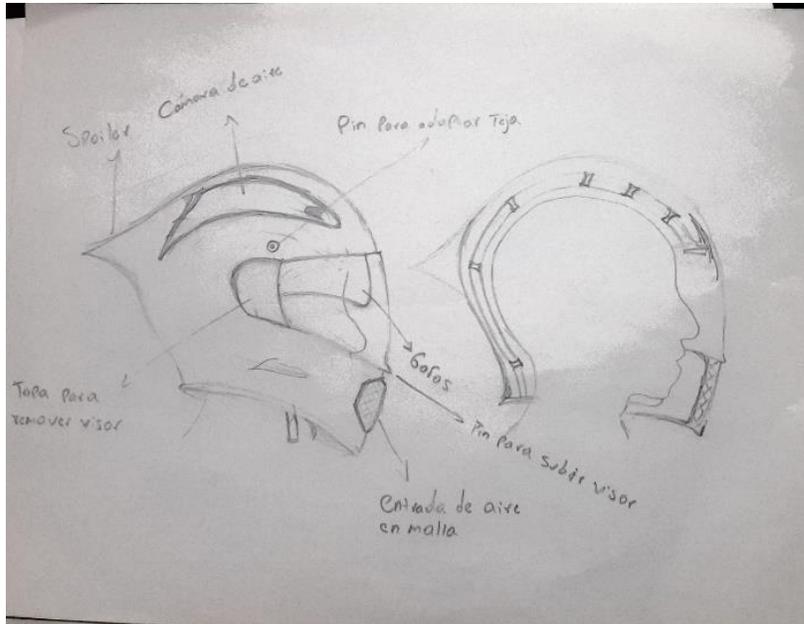
Casco sport touring<sup>4</sup> con ventilaciones amplias, visor interno y material interno con tecnología anti-traumas cerebrales por golpes a baja velocidad (Ver siguiente imagen).

---

<sup>4</sup> Un casco sport touring es aquel que como su nombre lo indica tiene aspectos tanto de un casco sport como de uno tipo touring, pues este es un casco integral, con interiores cómodos, con capacidad para la

*Ilustración 11.*

*Boceto 1*



Fuente: elaboración propia

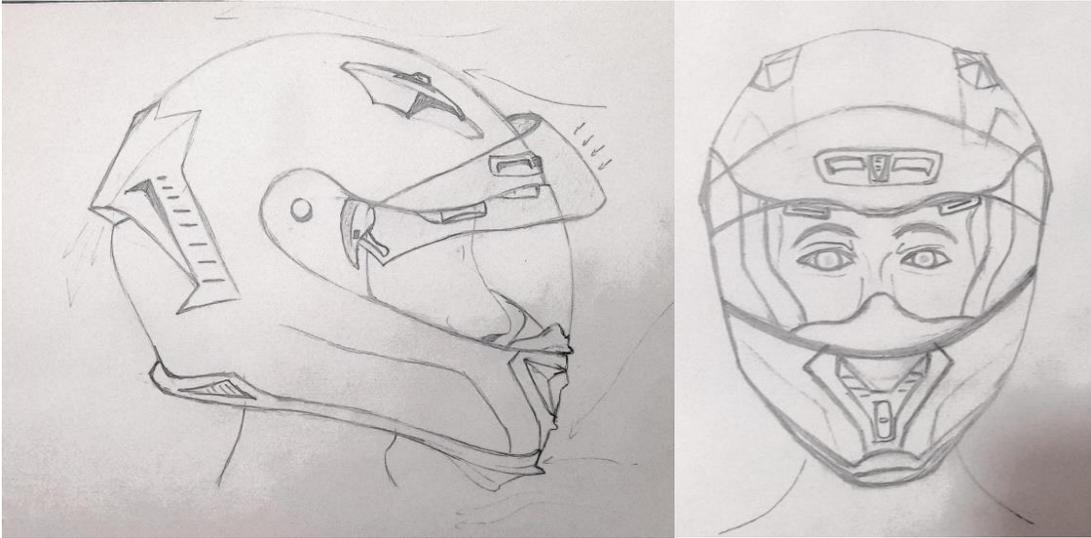
Casco sport touring, ventilaciones amplias, generalmente redondo para disipar golpes angulares de forma efectiva, visor oscuro externo para no reducir material interno que protege el cráneo, sistema inferior de flujo de aire con desvío hacia abajo para evitar ruidos molestos al interior de este (Ver siguiente imagen).

*Ilustración 12.*

*Boceto 2*

---

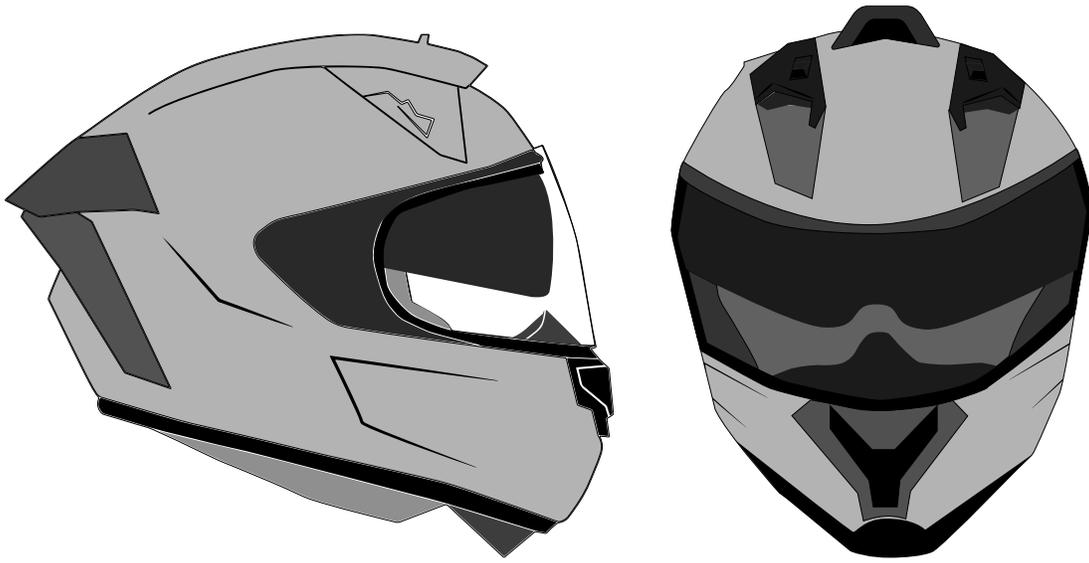
instalación de intercomunicador, además traen gafas en su interior, todo pensado para que el usuario tenga gran versatilidad y pueda usar este concepto en todo tipo de motos (Solomoto, 2018).



Fuente: elaboración propia

Casco sport touring con entradas de aire amplias, visor interno oscuro, cortes aerodinámicos, spoiler para mejorar estabilidad a velocidades altas, sistema inferior de flujo de aire con desvío hacia abajo para evitar ruidos molestos al interior de este (Ver siguiente imagen).

*Ilustración 13. Boceto 3*



Fuente: elaboración propia

#### **Capítulo 4. Propuestas de diseño**

Se desarrolla finalmente un prototipo de casco el cual contiene muchas de las sugerencias de las personas entrevistadas para llegar a una estética que agrade en general, además se utilizan materiales de alta resistencia como lo son la fibra de carbono, la cual está comprobada que presenta alta capacidad de soportar impactos, en resumen, todo lo que es estética del casco y mejoras externas fueron adaptadas gracias al análisis de las personas entrevistadas. Ahora, todo lo que compromete al interior, específicamente la alternativa al EPS se deriva de toda la investigación previa, y una preselección de los mejores materiales encontrados para hacer el desarrollo del prototipo, para finalmente tener como material elegido a la espuma de poliuretano de base biológica con estructuras auxéticas (Ver pág. 14), el motivo de su elección se debe a que la espuma de poliuretano presenta unas propiedades mecánicas similares a las del EPS y además al ser de una base biológica (específicamente de aceite de ricino) su impacto ambiental es mucho menor, además, agregándole a todo esto el tipo de estructura que va a tener, la cual incrementa sus propiedades mecánicas, lo hace el material ideal para ser desarrollado en este proyecto.

Para desarrollar una estructura hecha de espuma de poliuretano de base biológica integrando en ella las estructuras auxéticas para su uso como material de protección en los cascos de motocicleta, se pueden seguir los siguientes pasos:

1. Selección de materiales: Se debe seleccionar una espuma de poliuretano de base biológica que tenga propiedades de absorción de impactos similares o superiores al poliestireno expandido.

2. Diseño de la estructura: Se debe diseñar la estructura de la espuma de poliuretano de base biológica de tal manera que se integren las estructuras auxéticas. Esto se puede lograr mediante la creación de una estructura de celdas que permita la expansión de las estructuras auxéticas en todas las direcciones.

3. Fabricación de la estructura: Se debe fabricar la estructura de la espuma de poliuretano de base biológica utilizando técnicas de moldeo por inyección o moldeo por compresión. Durante el proceso de fabricación, se deben integrar las estructuras auxéticas en la estructura de la espuma de poliuretano.

4. Pruebas de rendimiento: Se deben realizar pruebas de rendimiento en la estructura de la espuma de poliuretano de base biológica integrando las estructuras auxéticas para evaluar su capacidad de absorción de impactos y su resistencia a la deformación.

En resumen, la integración de estructuras auxéticas en la espuma de poliuretano de base biológica puede mejorar significativamente su capacidad de absorción de impactos y su resistencia a la deformación, lo que la convierte en una alternativa sostenible y segura para su uso en cascos de motocicleta.

Para que la espuma que se propone desarrollar sea de base biológica lo que se debe hacer según Kessler et al. (2018) es modificar el Polioliol que uno de los compuestos de los que está hecha la espuma de poliuretano, el cual por lo general es a base de petróleo, pues este está compuesto de varios grupos funcionales los cuales están disponibles para una reacción, al agregar algún aceite se crean enlaces los cuales según el tipo de aceite forman

enlaces que hacen más flexible o más rígido el material, esto depende de los sitios reactivos que tenga el compuesto.

El proceso de fabricación de la espuma con estructura auxética consistente en aplicar simultáneamente una deformación mecánica (compresión triaxial) , es decir, en tres direcciones ortogonales, y se colocan en un molde, luego se hace un tratamiento térmico (temperatura superior a la temperatura de reblandecimiento) que son de 163 grados C a 171 grados C para una espuma, el cual es capaz de modificar la estructura interna de una espuma de coeficiente de Poisson 0,4 a una nueva estructura que muestra un valor de Poisson de -0,7.

### **Render**

A continuación, el modelo de la calota del casco fabricada en fibra de carbono para mayor resistencia y menor peso (Ver figuras 14,15 y 16).

*Ilustración 14.*

*Render calota en fibra de carbono*



Fuente: elaboración propia

*Ilustración 15.*

*Render 2 calota en fibra de carbono*



Fuente: elaboración propia

*Ilustración 16. Render3 calota en fibra de carbono*



Fuente: elaboración propia

Tabla 5.

## Ficha técnica

<b>Ficha técnica de producto</b>		
<b>Nombre:</b>	Casco urbano para motociclista	Imagen
<b>Descripción del producto</b>	Este casco ofrece todas las prestaciones ideales para un motociclista que se desplace en la ciudad o viaje en carretera, acopla sistemas con características altamente funcionales lo que lo hacen el ideal para su actividad.	
<b>Características técnicas</b>	Material externo	Fibra de carbono
	Material interno	Espuma de poliuretano de base biológica (aceite de ricino)
	Material del visor externo	Policarbonato
	Material de las cámaras de aire	ABS
	Interior	Desmontable
	Peso	1300 gr
	Medidas	240, 250, 300 mm
	Ángulo de visión	200 grados horizontales
	Entradas de aire	4 frontales
	Salidas de aire	1 posterior
	Color de la calota	Acabado en fibra de carbono
	Color de las cámaras de aire	Negro
	Visor externo	Transparente
	Visor interno	Negro humo

<b>Aplicaciones</b>	Viajes cortos, viajes largos, para ir a trabajar o a la universidad, sport touring.
<b>Recomendaciones de uso</b>	- Cuando no se use guardarlo en el portacascos de tela. Lavar el interior con una frecuencia de 2 meses. - Abrochar bien la hebilla siempre que se esté usando. - Limpiar el visor con agua y jabón líquido.
<b>Ventajas</b>	- Excelente flujo interno de aire - Buen aislamiento del ruido externo - Visión panorámica - Protección UV - Materiales de alta calidad
<b>Vida útil</b>	10 años con un buen uso y sin golpes fuertes que comprometan la estructura.

Nota. En esta tabla de propiedades se encuentra condensado todo lo relacionado al rediseño realizado, todas sus características técnicas, aplicaciones, recomendaciones, ventajas y vida útil.

A continuación, se presenta el prototipo del casco desarrollado de forma manual para su evaluación, este tiene dimensiones reales y sus materiales mayormente son representaciones de los descritos en la ficha técnica, también se muestra una comparación entre el prototipo y algunos cascos más vendidos del mercado actual (Ver figuras de la 17 a la 26).

*Ilustración 17.*

*Fotografía 1 prototipo casco en fibra de carbono modificado*



Fuente: elaboración propia

*Ilustración 18.*

*Fotografía 2 prototipo casco en fibra de carbono modificado spoiler*



Fuente: elaboración propia

*Ilustración 19.*

*Fotografía 3 prototipo casco en fibra de carbono modificado parte frontal visor abierto*



Fuente: elaboración propia

*Ilustración 20. Fotografía 4 prototipo casco en fibra de carbono modificado parte posterior*



Fuente: elaboración propia

*Ilustración 21.*

*Fotografía 5 prototipo casco en fibra de carbono modificado parte frontal visor cerrado*



Fuente: elaboración propia

*Ilustración 22.*

*Fotografía 6 prototipo casco en fibra de carbono modificado parte lateral*



Fuente: elaboración propia

*Ilustración 23.*

*Fotografía 7 guardapolvo para desviar aire en la parte inferior del casco y reducir el ruido interno*



Fuente: elaboración propia

*Ilustración 24.*

*Representación de espuma de poliuretano que va al interior del casco*



Fuente: elaboración propia

*Ilustración 25.*

*Representación de espuma de poliuretano que va al interior del casco*



Fuente: elaboración propia

*Ilustración 26.*

*Representación de espuma de poliuretano que va al interior del casco*



Fuente: elaboración propia

Tabla 6.

Comparación de características principales entre el prototipo y tres de las marcas de cascos más vendidas en Colombia.

Marca	MGS (Prototipo)	ICH 501	SHAFT PRO-610	AGV Pista GP RR
Foto				
Material de coraza	Fibra de Carbono	ABS	ABS	Fibra de carbono
Material interno	Poliuretano de base biológica	Poliestireno Expandido	Poliestireno Expandido	Poliestireno Expandido
Entradas de aire superiores	Cámaras tipo compuerta	Solo orificios	Cámara open/close deslizable	Orificios con cierre
Entrada de aire frontal	Cámara deslizable	Solo orificio	Cámara deslizable	Cámara deslizable
Spoiler	Policarbonato	Policarbonato	N/A	Policarbonato
Certificación	N/A	DOT	ECE R22-05	ECE R22-05
Anclaje de visor	Botón	Botón	Mecanismo	Mecanismo
Peso	1300 gr	1470 gr	1500 gr	1350 gr
Precio en COP	\$ 850.000	\$ 120.000	\$ 420.000	\$3.500.000

*Nota:* en esta tabla se hace una comparación del prototipo con tres marcas diferentes de gama baja, media y alta respectivamente, para algunos casos se utiliza N/A porque no cuenta con esa característica o en el caso de la certificación para el prototipo porque aún no se ha realizado, se estima que debido a su composición y la calidad de sus materiales aplique para la certificación ECE R22-05 que es una de las más completas y exigentes.

### **Proceso de fabricación del prototipo**

Para la elaboración del prototipo se partió de un casco referencia ICH 500 como base, a este se le hicieron modificaciones en su forma exterior, se le aplicó macilla para dar la forma deseada y se le adaptaron partes de otros cascos para representar en este lo que se considera los mejores sistemas en cuanto a ventilación, y aerodinámica, el acabado tipo fibra de carbono se logró con un proceso llamado hidrografía en cual consiste en una inmersión del casco en un líquido que contiene el diseño que se le quiere dar. A continuación, se muestra el casco como estaba antes de ser modificado (Ver siguiente imagen).

*Ilustración 27.*

*Casco ICH 500, base de prototipo del proyecto*



Fuente: elaboración propia

Luego se muestra cual fue en general el proceso para llegar al resultado final, este se puede ver en las imágenes a continuación (Ver siguiente imagen).

*Ilustración 28.*

*Registro fotográfico del proceso de producción del prototipo.*





Fuente: elaboración propia

## **Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones**

Se ha demostrado gracias a varios estudios realizados y citados en el presente trabajo de grado de Ingeniería en Diseño Industrial que el EPS representa un problema ambiental significativo debido a su persistencia y toxicidad (Rodríguez et al., 2014). Se abordó la problemática del uso del poliestireno expandido en la fabricación de productos de consumo masivo, en particular en la fabricación de cascos de motocicleta. Se evidenció que el poliestireno expandido es un material altamente contaminante y de difícil reciclaje, lo que genera un impacto ambiental negativo. Por esta razón, se evaluaron diferentes alternativas de materiales sostenibles, como la espuma de corcho, la fibra de coco o la espuma de maíz, pero se determinó que la opción más viable era la espuma de poliuretano de base biológica, ya que esta puede establecerse con forma de estructura auxética, esta alternativa presenta propiedades mecánicas similares al poliestireno expandido, pero con la ventaja de ser un material biodegradable y con menor impacto ambiental (Sharmin y Bajpai, 2015). Se concluye que la utilización de la espuma de poliuretano de base biológica con forma de estructura auxética es una alternativa sostenible y viable para reemplazar el poliestireno expandido en la fabricación de productos de consumo masivo, en particular en la fabricación de cascos de motocicleta.

Es importante que los fabricantes de cascos de motocicleta consideren la utilización de materiales sostenibles y respetuosos con el medio ambiente en sus procesos de producción. Además, se sugiere continuar investigando y desarrollando alternativas sostenibles para reducir el impacto ambiental de los productos de consumo masivo.

Asimismo, se recomienda la educación y concientización de la sociedad sobre la importancia de utilizar productos sostenibles y reducir el consumo de materiales contaminantes. En conclusión, la implementación de alternativas sostenibles en la fabricación de productos de consumo masivo es fundamental para promover un desarrollo sostenible y proteger el medio ambiente.

Se implementaron mejoras al casco como entradas de aire más amplias para mejorar la ventilación y reducir el ruido y la acumulación de calor en el interior del casco. También se implementó un sistema de confort con un guardapolvo desplegable para desviar el curso del aire y de elementos que pueden golpear al usuario en el cuello. Finalmente, se utilizó una calota en fibra de carbono para brindar mayor resistencia y menor peso al casco. La implementación de estas mejoras estructurales en el casco de motocicleta brinda mayor seguridad y confort al usuario, al mismo tiempo que se reduce el impacto ambiental de su fabricación (Ver figuras de la 27 a la 29).

*Ilustración 29.*

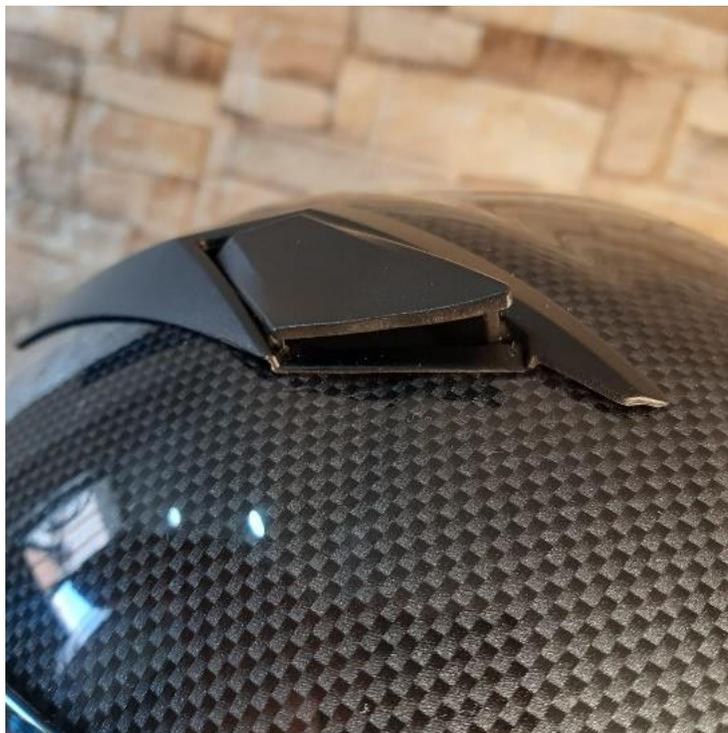
*Entrada de aire frontal con rejillas más amplias*



Fuente: elaboración propia

*Ilustración 30.*

*Entrada de aire superior tipo compuerta*



Fuente: elaboración propia

*Ilustración 31.*

*Spoiler para suavizar el flujo de aire y dar mayor estabilidad al casco*



Fuente: elaboración propia

Faltó un análisis de elementos finitos para la estructura interior del casco, que no se desarrolla porque no se pudo simular el material en el software, pero se propone hacer un análisis real, que se haga en un laboratorio para definir la resistencia del material y la estructura propuesta. De igual manera, aunque no se haya hecho esta comprobación hay investigaciones previas que sustentan la efectividad de dichos materiales y estructuras propuestas en este proyecto (ver página 17 y 26).

## Referencias

Gómez, J., Vásquez, F., & Cardona, W. (2019). Factores determinantes en la elección de la motocicleta como medio de transporte en Medellín, Colombia. *Revista de Ingeniería Industrial*, 14(2), 97-110. Recuperado de <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/iei/article/view/1419/1019>

Ministerio de Transporte. (2021, 22 de febrero). *Motociclistas deben portar el casco de protección de manera correcta: ANSV*. Recuperado el 14 de mayo de 2023, de <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/9367/motociclistas-deben-portar-el-casco-de-proteccion-de-manera-correcta-ansv/>

Traumatic brain injury. (2021, 04 de febrero). *Mayo Clinic*. <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/traumatic-brain-injury/symptoms-causes/syc-20378557>

Canal En VIVO - Universidad EAFIT. (26 junio de 2019). Gerenciar 2019. *Ramiro Agudelo*. Youtube. [https://www.youtube.com/watch?v=cnL\\_EULQDRw&t=116s](https://www.youtube.com/watch?v=cnL_EULQDRw&t=116s)

Gómez, J., Vásquez, F., & Cardona, W. (2019). Factores determinantes en la elección de la motocicleta como medio de transporte en Medellín, Colombia. *Revista de Ingeniería Industrial*, 14(2), 97-110. Recuperado de <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/iei/article/view/1419/1019>

Semana. (2019, 26 de febrero). Esta es la mayor fabricante de cascos para motos en Colombia. Recuperado el 4 de septiembre de 2022, de <https://www.semana.com/edicion-impresa/negocios/articulo/esta-es-la-mayor-fabricantes-de-cascos-para-motos-en-colombia/197861/>

Restrepo, P. P., Hernández, P. A., González, M. V., Meneses, R. (abril, 2019). Encuesta de Percepción Ciudadana Medellín, 2018. *Medellín cómo vamos*. <https://www.medellincomovamos.org/sites/default/files/2020-01/documentos/Informe%20de%20an%C3%A1lisis%20Encuesta%20de%20Percepci%C3%B3n%20Ciudadana%20de%20Medell%C3%ADn%2C%202018.pdf>

Mercado, D. A. (13 de abril de 2018). En el valle de Aburrá ruedan más de 828.500 motos. *ELTIEMPO.COM*. <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/en-el-valle-de-aburra-ruedan-mas-de-828-500-motos-204548>

Rodríguez, N. N., Avellaneda, L. H., Zerda, D. L. 2014. Estudio de factibilidad para la recolección, acopio, molido y comercialización de pet (polietilenteleftarato) en el municipio de Soacha. [tesis de pregrado, Corporación Universitaria Minuto De Dios “UNIMINUTO”]. Repositorio Institucional UNIMINUTO. [https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/3147/1/TA\\_RodriguezRamirezNeryNereidi\\_2014.pdf](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/3147/1/TA_RodriguezRamirezNeryNereidi_2014.pdf)

EsPuSato. (s.f.). *¿Por qué el icopor es un material no aprovechable?*  
Recuperado en septiembre 8 de 2022, de <https://espusato.gov.co/co/inicio/blog/33-porque-el-icopor-es-un-material-no-aprovechable>

QuimiNet. (12 de enero de 2006). *Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS): Descripción, propiedades y aplicaciones.*  
<https://www.quiminet.com/articulos/acrilonitrilo-butadieno-estireno-abs-descripcion-propiedades-y-aplicaciones-4433.htm>

La fascinante historia del casco de moto. (12 junio de 2018). Motos Garrido.  
<https://www.motosgarrido.com/blog/historia-casco-de-moto/>

Rodríguez, H. & Montilla, T. E. 2021. *Icopor asesino silencioso de la vida.*  
[tesis de pregrado, Universidad Libre Seccional Cali]. Repositorio Institucional Unilibre.  
<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/19206/Icopor%20asesino%20silencioso%20de%20la%20vida.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García, J. 2020. *Diseño de un casco ciclista basado en superficies mínimas periódicas triplicadas.* [tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional de documentos Zaguan.  
<https://zaguan.unizar.es/record/96347/files/TAZ-TFG-2020-4048.pdf>

Fernandes, F., Alves de Sousa, R., Ptak, M., & Migueis, G. (2019). *Diseño de casco basado en la optimización de revestimientos absorbentes de energía*

*biocompuestos bajo carga de impacto múltiple*. Applied Sciences , 9 (4), 735. MDPI AG. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.3390/app9040735>

Tabernero, A. (2019). *Estudio de estructuras auxéticas sometidas a impacto* [Tesis de pregrado, Universidad Carlos III de Madrid]. Repositorio institucional de la Universidad Carlos III. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/29608>

Martínez López, C., & Laines Canepa, J. R. (2014). *Poliestireno expandido (eps) y su problemática ambiental*. Kuxulkab', 19(36). <https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/339>

Velásquez, F. E. 2013. *Evaluación técnica de alternativas de reciclaje de poliestireno expandido (EPS)*. [tesis de pregrado, Universidad de Zaragoza]. Repositorios latinoamericanos. [https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5033/1/Evaluaci%  
c3%b3n%20t%  
c3%a9cnica%20de%  
20alternativas%20de%20reciclaje%20de%20poliestireno%20expandido%20\(EPS\).p  
df](https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5033/1/Evaluaci%c3%b3n%20t%c3%a9cnica%20de%20alternativas%20de%20reciclaje%20de%20poliestireno%20expandido%20(EPS).pdf)

Assaad, J., Mikhael, C., & Hanna, R. (2022). *Reciclaje de residuos de hormigón poliestireno expandido en paneles sándwich ligeros y aplicaciones estructurales*. <https://sciencedirect.bibliotecaitm.elogim.com/science/article/pii/S2772397622000557#b0050>

Real Academia Española. (s.f.). Contaminación. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado en 25 de octubre de 2022, de <https://dpej.rae.es/lema/contaminaci%C3%B3n>

Ecologistas en acción. (16 de noviembre de 2007). *¿Qué entendemos por movilidad?* <https://www.ecologistasenaccion.org/9844/que-entendemos-por-movilidad/#:~:text=11%2F2007%20%7C%20Transporte-.Por%20movilidad%20se%20entiende%20el%20conjunto%20de%20desplazamientos%20de%20personas,producen%20en%20un%20entorno%20f%C3%ADsico>

Real Academia Española. (s.f.). Motocicleta. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado en 25 de octubre de 2022, de <https://dle.rae.es/motocicleta>

CIPET. (12 noviembre 2018). *Qué es una motocicleta, historia y tipos de motos*. <https://www.cipet.edu.co/mecanica-de-motos/>

HEXR. (s.f.). *Un nuevo estándar en casco seguridad y rendimiento*. <https://hexr.com/>

Shiffer, I. (2016). *EcoHelmet*. Recuperado de <https://www.jamesdysonaward.org/en-US/2016/project/ecohelmet/>

Active Gearreview. (5 de octubre de 2018). *Kupol – Casco de bicicleta impreso en 3D*. <https://www.activegearreview.com/cycling-gear/bike-helmets/kupol-3d-printed-bike-helmet/>

Renovapack. (s.f.). *Contenedores Biodegradables de Bagazo de Caña*.  
<https://renovapack.com/productos/contenedores-biodegradables/bagazo-de-cana/>

RenovaPack. (sin fecha). *Contenedores Biodegradables de Bagazo de Trigo*.  
Recuperado de <https://renovapack.com/productos/contenedores-biodegradables/bagazo-de-trigo/>

Sharmin, E., & Bajpai, R. (2015). *Recent Advances on Vegetable Oils Based Environmentally Friendly Polyurethane Materials: A Review*. *Journal of Polymers and the Environment*, 23(4), 434-447.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669015301953>

Zhang, C., Madbouly, S., & Kessler M. (2015). *Biobased Polyurethanes Prepared from Different Vegetable Oils*. *ACS Applied Materials & Interfaces* 7(2), 1226-1233. <https://doi.org/10.1021/am5071333>

H. T. Colding & W. P. II Minicozzi, *Shapes of embedded minimal surfaces*, *Proc. National Academy of Sciences*, 103 (2006), 11106–11111.

Solomoto. (2018). *Diferencias entre equipación touring y sport-touring*, recuperado de. <https://solomoto.es/diferencias-entre-equipacion-touring-y-sport-touring/#:~:text=Por%20su%20parte%2C%20un%20casco,muchos%20modelos%20de%20este%20tipo>

## Anexos

### Entrevistas

#### Juliana Pareja

1. ¿Monta en moto frecuentemente? R// Si
2. ¿Es conductor o pasajero? R// Pasajero
3. ¿Qué tipo de casco prefiere? (cerrado, abierto, abatible, doble propósito (es Cross con visor y gafas)) R// cerrado  
¿por qué? R// Es más liviano, cómodo y con buena visual
4. ¿Qué le gusta de su casco? R// Material que no calienta.  
¿por qué? R// es muy cómodo y cuida la piel
5. ¿Qué no le gusta de su casco? R// El peso  
¿por qué? R// Tengo una cabeza grande y mucho cabello, eso genera dolor de cabeza en tiempos prolongados.
6. ¿Prefiere un casco liviano o pesado? R// Ambas ¿por qué? No muy liviano que no se sienta seguro y cómodo y no muy pesado. máximo 1.5 K
7. ¿Cómo es la ventilación dentro de su casco? (Es decir, entra bastante aire o no, cree que fluye por todo el interior o solo se percibe en su rostro, siente demasiado calor o frío dentro del casco) R// Media, Es mejor al frente que en la parte de atrás.
8. ¿Considera que su casco le permite una visión panorámica de la vía? R// Si, muy buena

9. ¿Qué le cambiaría a su casco? ¿por qué? R// El visor para que no se me empañe y que tenga algo de protección UV y dos ventilas más.

10. ¿Cuál elemento que tenga otro casco le agregaría al suyo? R// los niveles de ajuste de la visera para distintos puntos de altura y una funda más cómoda y protectora.

### **Rubén Darío Restrepo**

1. ¿Monta en moto frecuentemente? R// si
2. ¿Es conductor o pasajero? R// conductor
3. ¿Qué tipo de casco prefiere? (cerrado, abierto, abatible, doble propósito (es Cross con visor y gafas)) R// abatibles
4. ¿Qué le gusta de su casco? ¿por qué? R// El diseño
5. ¿Qué no le gusta de su casco? ¿por qué? R// la calidad
6. ¿Prefiere un casco liviano o pesado? ¿por qué? R// liviano
7. ¿Cómo es la ventilación dentro de su casco? (Es decir, entra bastante aire o no, cree que fluye por todo el interior o solo se percibe en su rostro, siente demasiado calor o frío dentro del casco) R// siento demasiado calor con el puesto
8. ¿Considera que su casco le permite una visión panorámica de la vía? R// si
9. ¿Qué le cambiaría a su casco? ¿por qué? R// la parte del cuello deja ingresar aire y este trae muchas veces partículas de basura o polvo que caen en los ojos

10. ¿Cuál elemento que tenga otro casco le agregaría al suyo? R// un mejor acolchado

**Luisa Arrieta Vargas**

1. ¿Monta en moto frecuentemente? R// Si

2. ¿Es conductor o pasajero? R// Ambos, pero más que todo pasajero

3. ¿Qué tipo de casco prefiere? (cerrado, abierto, abatible, doble propósito (es Cross con visor y gafas)) R// Me gustan los cascos integrales porque son seguros y se prestan para cualquier ocasión, y también los cascos Cross porque yo ando mucho en terreno destapado y me gustan estos tipos de tramos, pero no es tan funcional en otros espacios

4. ¿Qué le gusta de su casco? ¿por qué? R// De mi casco me gusta que se ajusta muy bien, la comodidad del acolchado, el ajuste, es fácil de llevar, cabe en espacios reducidos.

5. ¿Qué no le gusta de su casco? ¿por qué? R// De mi casco no me incomoda nada, solo creo que le hacen falta accesorios o estilo.

6. ¿Prefiere un casco liviano o pesado? ¿por qué? R// Prefiero un casco liviano porque es más fácil de llevar en caso de que no lo pueda dejar amarrado en la moto o en algún puesto

7. ¿Cómo es la ventilación dentro de su casco? (Es decir, entra bastante aire o no, cree que fluye por todo el interior o solo se percibe en su rostro, siente demasiado calor o frío dentro del casco) R// La ventilación dentro del casco es

algo que me incomoda mucho, a veces entra mucho frío y cierro la bisagra, pero se empaña, a la vez me falta oxígeno entonces tampoco me permite tener la bisagra cerrada mucho tiempo.

8. ¿Considera que su casco le permite una visión panorámica de la vía? R// No, para ver bien hacia los lados hay que voltear casi que a 90° para ver bien

9. ¿Qué le cambiaría a su casco? ¿por qué? R// La ventilación, porque el viento entra muy fuerte directo a la cara y si se cierra la bisagra se empaña o siento que me falta aire, otra cosa que cambiaría sería la bisagra, cuando llueve se dificulta la visión, siento que hace falta una exploración de diseño, no precisamente quitar la bisagra, pero si complementarla

10. ¿Cuál elemento que tenga otro casco le agregaría al suyo? R// El techito que tiene el Cross me gustaría, pero no con la misma dimensión porque no es muy seguro

### **Daniel Galeano Castaño**

1. ¿Monta en moto frecuentemente? R// Si, mínimo cinco veces a la semana

2. ¿Es conductor o pasajero? R// Conductor

3. ¿Qué tipo de casco prefiere? (cerrado, abierto, abatible, doble propósito (es Cross con visor y gafas)) R// Un casco integral, porque me brinda más seguridad que otros.

4. ¿Qué le gusta de su casco? ¿por qué? R// Me gusta en general todo, por su peso, comodidad, estética, etc.

5. ¿Qué no le gusta de su casco? ¿por qué? R// la ventilación porque no hace mayor cosa.
6. ¿Prefiere un casco liviano o pesado? ¿por qué? R// Prefiero un casco liviano, porque en cualquier viaje cansa menos
7. ¿Cómo es la ventilación dentro de su casco? (Es decir, entra bastante aire o no, cree que fluye por todo el interior o solo se percibe en su rostro, siente demasiado calor o frío dentro del casco) R// Mala, Viene siendo casi lo mismo con ella abierta o cerrada, realmente no hace un buen trabajo.
8. ¿Considera que su casco le permite una visión panorámica de la vía? R// Considero que cumple con su objetivo, ya que pienso que con una vista más panorámica pondría en riesgo la seguridad de este.
9. ¿Qué le cambiaría a su casco? ¿por qué? R// El sistema de ventilación, porque esta es deficiente y no entra mucho aire.
10. ¿Cuál elemento que tenga otro casco le agregaría al suyo? R// Gafas

**Manuel David Rodríguez Córdoba**

1. ¿Monta en moto frecuentemente? R// Si, todos los días
2. ¿Es conductor o pasajero? R// conductor
3. ¿Qué tipo de casco prefiere? (cerrado, abierto, abatible, doble propósito (es Cross con visor y gafas)) R// ¿por qué? cerrado, porque son más seguros y protegen más y se ven mejor
4. ¿Qué le gusta de su casco?

¿por qué? R// estética, es sencillo

5. ¿Qué no le gusta de su casco? ¿por qué? R// el material porque se siente de mala calidad, los interiores no se pueden remover.

6. ¿Prefiere un casco liviano o pesado? R// Ambas ¿por qué? Liviano

7. ¿Cómo es la ventilación dentro de su casco? (Es decir, entra bastante aire o no, cree que fluye por todo el interior o solo se percibe en su rostro, siente demasiado calor o frío dentro del casco) R// Nula, solo cuando se abre el visor entra un poco de aire.

8. ¿Considera que su casco le permite una visión panorámica de la vía? R// Si, muy buena

9. ¿Qué le cambiaría a su casco? ¿por qué? R// Que el interior se pueda remover para lavarlo.

10. ¿Cuál elemento que tenga otro casco le agregaría al suyo? R// Los pines para poner otros elementos como viseras o caretas

### **Anderson Gallego**

1. ¿Monta en moto frecuentemente? R// Si.

2. ¿Es conductor o pasajero? R// Conductor.

3. ¿Qué tipo de casco prefiere? (cerrado, abierto, abatible, doble propósito (es Cross con visor y gafas)) R// ¿por qué? cerrado, porque no me parten

4. ¿Qué le gusta de su casco? ¿por qué? R// Que tiene un estilo más sobrio.

5. ¿Qué no le gusta de su casco? ¿por qué? R// el material porque se siente de mala calidad, los interiores no se pueden remover.
6. ¿Prefiere un casco liviano o pesado? R// Ambas ¿por qué? Liviano, por comodidad, ya que no cansa la cabeza.
7. ¿Cómo es la ventilación dentro de su casco? (Es decir, entra bastante aire o no, cree que fluye por todo el interior o solo se percibe en su rostro, siente demasiado calor o frío dentro del casco) R// Solo lo percibo en mi rostro, no ventila tan Bien.
8. ¿Considera que su casco le permite una visión panorámica de la vía? R// Si.
9. ¿Qué le cambiaría a su casco? ¿por qué? R// El diseño es bastante simple
10. ¿Cuál elemento que tenga otro casco le agregaría al suyo? R// Algunos cortes que tienen otros cascos