

# CONAMA 2020

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

## La huella de carbono como parámetro de diseño ecoeficiente de productos.

Aplicación al diseño de un casco  
inteligente





LA HUELLA DE CARBONO COMO PARÁMETRO  
DE DISEÑO ECOEFICIENTE DE PRODUCTOS.  
APLICACIÓN AL DISEÑO DE UN CASCO INTELIGENTE

---

**Autor Principal:** José Guillermo Filippone Capllonch (Escuela Universitaria de Diseño,  
Innovación y Tecnología - ESNE)

**Otros autores:** Rocío Sancho Alambillaga (ESNE); Celia Martín Torre (ESNE); Sebastián Labella  
Hidalgo (CarbonFeel)

## ÍNDICE

1. Título
2. Palabras Clave
3. Resumen
4. Introducción
5. Metodología
6. Resultados
7. Discusión
8. Conclusiones
9. Bibliografía

# LA HUELLA DE CARBONO COMO PARÁMETRO DE DISEÑO ECOEFICIENTE DE PRODUCTOS. APLICACIÓN AL DISEÑO DE UN CASCO INTELIGENTE INTRODUCCIÓN

## Palabras Clave

Huella de carbono, gases efecto invernadero GEI, diseño ecoeficiente, casco inteligente.

## RESUMEN

Para mejorar el comportamiento ambiental de los productos, son necesarias indicaciones y orientaciones claras para la toma de decisiones durante el proceso de diseño. De los diversos enfoques para este propósito, en este trabajo se propone el uso de la Huella de Carbono: las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) de un producto, responsables del cambio climático antropogénico. En este trabajo se presenta, a modo de ejemplo, la optimización de un casco inteligente para uso en *moto sharing* (motos compartidas). Se verifica que este modelo contribuye en este sentido con orientaciones para el diseño claras, verificables y de fácil interpretación.

## INTRODUCCIÓN

Los informes científicos sobre el clima, en particular los emanados del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2020) revelan, sin género de dudas, que los Gases de Efecto Invernadero (GEI) (principalmente CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub>, CFC, H<sub>2</sub>O) producidos por la actividad humana, son los responsables de la aceleración del actual cambio climático que estamos sufriendo. Las fuentes de estos GEI, sean de origen antropogénico (centrales térmicas, grandes plantas industriales) como naturales (incendios o volcanes), pueden ser concentradas o pertenecer a sectores difusos: residencial, comercial, institucional, transporte o gestión de residuos. En estos sectores se encuadran los productos de consumo masivos. Si bien las emisiones unitarias de éstos son relativamente modestas, los volúmenes de producción industriales dan como resultado emisiones significativas de GEI. Este análisis debe incluir tanto las fases de producción y uso como su tratamiento al final de su vida útil.

Pero, además, las motivaciones para la adopción de criterios ambientales en el diseño se fundamentan en varios aspectos, no solo en los éticos: presión normativa, preferencias de los usuarios, tendencias, imagen de marca... Para optimizar la *ecoeficiencia* de productos, los máximos beneficios se obtienen durante la fase de diseño (Morini, 2019). Esta es la ideal para especificar los materiales más convenientes, optimizar dimensiones y pesos, seleccionar las técnicas de procesado más convenientes, disminuir la intensidad energética y la sustitución de materiales no renovables, irre recuperables, tóxicos, contaminantes o de difícil reciclado y/o reaprovechamiento. La reducción de la cantidad de material también redundaría en menor

consumo de combustibles para el transporte de los productos, menor generación de residuos y la consecuente disminución de los recursos necesarios para su tratamiento y disposición final. Estas medidas deben acompañarse, en lo posible, con el reemplazo de combustibles fósiles generadores de elevadas tasas de GEI y altamente contaminantes por energías renovables (EERR), en lo posible preferentemente provenientes de autoconsumo.

Solo facilitando el proceso de toma de decisiones durante el proceso de diseño, se puede avanzar en ese sentido, puesto que los profesionales especializados en diseño —de producto, arquitectura, interiores, moda, u otros sectores— no necesariamente tienen la formación ambiental suficiente. Las decisiones de diseño tomadas en esta fase siempre tienen como consecuencia menores tiempo de desarrollo y costes y mayor rentabilidad, según expone Fiksel en su trabajo *Diseño para el Medioambiente* (2011). Por ello, es fundamental que dispongan de indicadores representativos basados en evidencias científicas, adaptados a las necesidades de cada caso. Entre las herramientas para el análisis de la eficiencia ambiental, interesan más las orientadas a la *optimización* que a la *evaluación* del impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida (Análisis de Ciclo de Vida-ACV<sup>1</sup>) (Ding, 2014). Si bien los ACV permiten determinar la contribución de un producto, servicio, organización o proceso al impacto ambiental global, su complejidad de cálculo y las dificultades para la interpretación de resultados prácticos en el proceso de diseño, hacen preferible el uso de las herramientas orientadas a la optimización (Hopkinson, 2006). En este sentido, la huella de carbono debida a los GEI antropogénicos constituye el problema de mayor alcance y complejidad para la vida en la Tierra en la actualidad, lo cual justifica la validez de este enfoque.

## Objetivos del trabajo

En este trabajo, se propone la evaluación de un producto de nuevo diseño mediante la utilización del esquema de cálculo de Huella de Carbono (HC) desarrollado por CarbonFeel (CarbonFeel, 2020). Con este modelo de cálculo se persigue optimizar el diseño del casco atendiendo al criterio ambiental de más trascendencia en la actualidad: la lucha contra el cambio climático.

## METODOLOGÍA

### Herramientas de evaluación ambiental para el diseño

Desde los albores de la toma de conciencia y preocupación por el avance de la contaminación, el agotamiento de los recursos disponibles y el cambio climático, se han ido proponiendo diferentes enfoques para combatir estos perjudiciales efectos de la actividad humana. A comienzos de los '90, Schmidt-Bleek (1996) del Instituto Wuppertal, propuso el concepto de Intensidad de Materiales por Unidad de Servicio<sup>2</sup>, para evaluar el impacto de un producto sobre la base de la cantidad de material que ha consumido en su elaboración, su *mochila ecológica* (Liedke, 2014). Si bien este criterio tiene ciertas limitaciones —por ejemplo, no tiene en cuenta

---

<sup>1</sup> Life Cycle Assessment- LCA

<sup>2</sup> Material Intensity per Service Unit - MIPS

los efectos tóxicos ni el agotamiento de los recursos—, supuso un avance en ese propósito. Se puede encontrar un ejemplo de aplicación en la calculadora Ecological Backpack (2020).

Muchos programas de diseño incluyen hoy en día módulos integrados para el cálculo de la huella de carbono y/o de la huella ecológica. Un ejemplo es el conocido paquete SolidWorks que incluye un Módulo de Sostenibilidad (SolidWorks Sustainability, 2020). Este permite una evaluación de la Huella Ecológica sobre la base de cuatro vectores: acidificación del aire y lluvia ácida, energía total consumida, eutrofización del agua y huella de carbono, a lo largo de las fases de extracción y procesamiento de materiales, fabricación, uso y disposición final. Su principal ventaja es la sencilla y directa integración con el módulo de diseño, cálculo y fabricación (diseño asistido por ordenador<sup>3</sup>). Sin embargo, este módulo se debe tomar solo con finalidades orientativas, ya que no es sencillo el acceso a las bases de conocimiento sobre las que se fundamenta ni el estado de actualización de las mismas.

## BookFeel

CarbonFeel es una iniciativa desarrollada por la ONG Fundación Funciona, que cede el uso de su herramienta BookFeel para el cálculo de la Huella de Carbono a instituciones educativas para investigación y docencia (BookFeel, 2020). Ésta permite calcular y analizar el Inventario de Huella de Carbono de productos (también de procesos y de organizaciones) según diversos criterios y normas. En concreto, se aplica la norma ISO 14067 para productos. También dispone de un módulo de la Huella Ecológica y otro de Huella Hídrica, aunque en este trabajo solo se ha utilizado la Huella de Carbono. Siendo conscientes de que esta metodología solo permite incluir las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de materiales y de energía y el agua utilizada, no pudiendo tener en cuenta efectos tales como el uso de sustancias tóxicas o el agotamiento de recursos no renovables, se considera una herramienta práctica y válida para introducir, durante el proceso de diseño, el calentamiento global y el cambio climático ya que los materiales utilizados quedan marcados por su huella de carbono.

BookFeel es un programa de cálculo que utiliza el lenguaje semántico Footprint Electronic Exchange Language (FEEL) basado en el estándar XML Schema (XSD) propuesto por el World Wide Web Consortium (W3C), priorizando el uso de datos primarios para evitar controversias por el uso de datos secundarios para la determinación de HC. Se estructura en capítulos jerárquicos denominados Estructura de Alcance, cada uno asociado a algoritmos de cálculo:

- Alcance 1. Emisiones directas de GEI provenientes de la combustión en la entidad, o directamente controladas por ella.
- Alcance 2. Emisiones indirectas de GEI asociadas a la energía eléctrica adquirida.
- Alcance 3. Otras emisiones indirectas: materiales adquiridos, viajes de trabajo, transportes, etc.

El cálculo de las emisiones se obtiene aplicando la metodología dada por “Guía para el Cálculo de la Huella de Carbono” dada por Oficina Española de Cambio Climático (MITECO, 2020). Los resultados se expresan en *kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalentes*, calculados en función del potencial de efecto invernadero de los principales GEI: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido

---

<sup>3</sup> Computer Asisted Manufacturing – CAD

de nitrógeno (N<sub>2</sub>O), los hidrofluorocarbonos (HFCs), los perfluorocarbonos (PFCs), el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y el trifluoruro de nitrógeno (NF<sub>3</sub>), todos referidos al efecto del CO<sub>2</sub>. Se tienen en cuenta no solo los GEI emitidos por los materiales utilizados para su obtención y conformado, sino también el efecto sumidero de GEI —absorción de gases—, cuando los haya. Se calcula aplicando para cada material el algoritmo:

$$\text{Emisiones [kgCO}_2\text{ - e]} = \text{Dato actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

El *Dato de actividad* puede ser la masa de material, consumos u otros métodos que permitan valorar su utilización en cada capítulo. Los *Factores de emisión* se obtienen de diversas fuentes acreditadas. En el cuadro 1 se pueden ver ejemplos de algoritmos de cálculo y de las fuentes de origen. Se configuran en función de las condiciones del cálculo, como ser el capítulo al que afecta, el tipo de impacto, unidades o año de cálculo. El programa es totalmente transparente y permite acceso directo a los algoritmos y factores aplicados para verificación por parte de terceros.

**Cuadro 1.** BookFeel. Algoritmos y Factores de emisión (ejemplos)

Algoritmo											
<pre>CO2e Emisiones = E000 * F186 * 0,000001 ----- CO2e Emisiones = Emisiones totales en tCO2e E000 = Consumo del material / servicio / objeto de estudio (UF) 0,000001 = Conversion gCO2 a tCO2 F186 = Factor de emisión por Unidad Funcional de operaciones de carácter general (consumo, combustión, gestión de residuos)</pre>											
Tipo de impacto	Algoritmo	Factor	Parámetro	Ámbito	Valor	UM	Fuente	URL	Comentarios	Año	
Calota intermedia	CO2	F886	F186 Factor de emisión por Unidad Funcional de operaciones de carácter general (consumo, combustión, gestión de residuos)	1 Valor	8,1000	gCO2e/UF	WINNIPEG SEWAGE TREATMENT PROGRAM SOUTH END PLANT	<a href="https://www.winnipeg.ca/finance/findata/matmgs/documents/2012/82-2012/882-2012_Appendix_M-WSTP_South_End_Plant_Process_Selection_Report/PS_R_rev%20final.pdf">https://www.winnipeg.ca/finance/findata/matmgs/documents/2012/82-2012/882-2012_Appendix_M-WSTP_South_End_Plant_Process_Selection_Report/PS_R_rev%20final.pdf</a>	Appendix 7 Material Plastic Fibre GRP Unidad Funcional : gr	2012	
Calota exterior	CO2	F886	F186 Factor de emisión por Unidad Funcional de operaciones de carácter general (consumo, combustión, gestión de residuos)	1 Valor	3,4600	gCO2e/UF	WINNIPEG SEWAGE TREATMENT PROGRAM SOUTH END PLANT	<a href="https://www.winnipeg.ca/finance/findata/matmgs/documents/2012/82-2012/882-2012_Appendix_M-WSTP_South_End_Plant_Process_Selection_Report/PS_R_rev%20final.pdf">https://www.winnipeg.ca/finance/findata/matmgs/documents/2012/82-2012/882-2012_Appendix_M-WSTP_South_End_Plant_Process_Selection_Report/PS_R_rev%20final.pdf</a>	Appendix 7 Material Plastic Thermoplastic ABS Unidad Funcional : gr	2012	

Fuente: CarbonFeel

Para elaborar el inventario de la huella de carbono de este producto, sólo se ha tenido en cuenta el Alcance 3, en lo referente a los materiales adquiridos para su fabricación. A partir de este resultado, se analizarán y propondrán materiales, masas y configuración general alternativos para optimizar su eficiencia ambiental.

## Descripción del producto

El producto que se va a analizar es resultado del diseño realizado por Celia Martín Torre durante el curso 2019/20 para su Trabajo Fin de Grado de Producto en ESNE (TFG): un casco inteligente para motociclistas tipo JET, denominado KALON, el primero concebido para su uso en plataformas de motos compartidas (Martín, 2020). Son cascos abiertos (no integrales) con visera, que toman su nombre de los utilizados en aviación.



KALON ha sido diseñado dando prioridad a la seguridad del usuario, aunque sin descuidar la innovación. Los destinatarios más habituales de estos productos pertenecen a la generación *millennial*<sup>4</sup>, también conocidos como *nativos* digitales (Ruiz Cartagena, 2017). Se trata de personas que viven continuamente hiperconectadas, son multitareas y buscan diferenciarse del resto. El diseño de este casco representa un concepto innovador en cuanto a morfología y materiales, incluyendo una serie de funcionalidades interactivas tales como el control de comunicaciones, de sonido y luces de señalización.

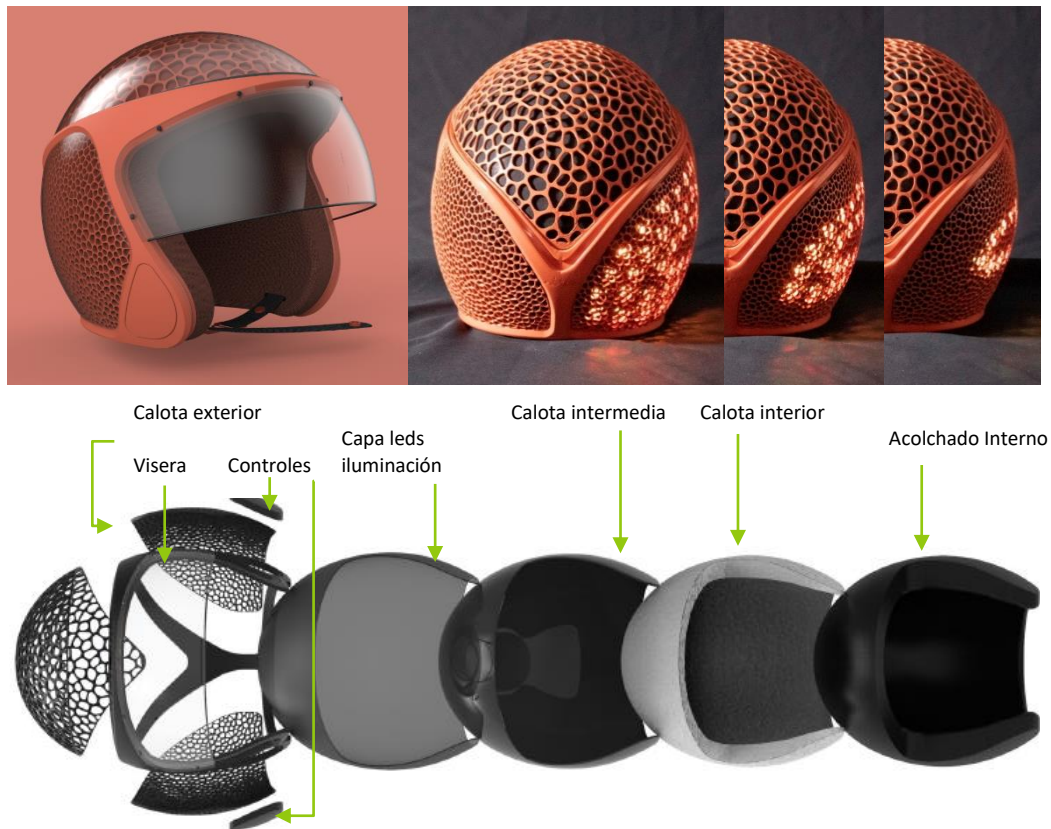


Figura 1. Casco KALON. (Martín, C., op.cit.)

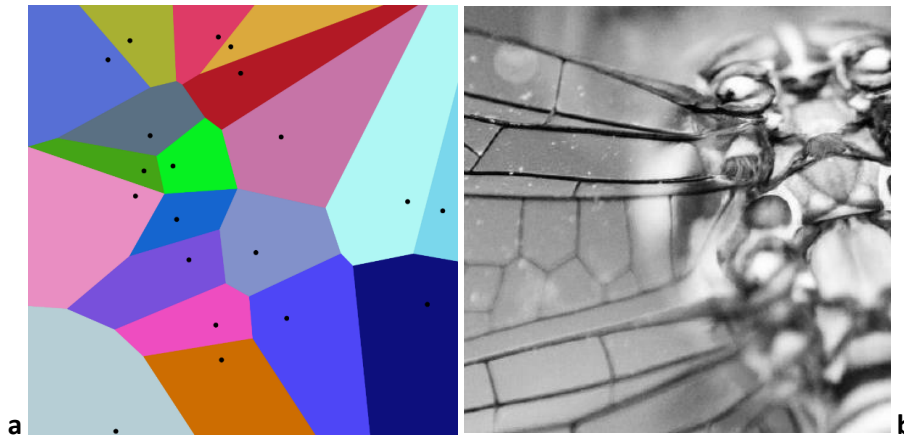
## Diseño y materiales

En la Figura 1 se puede ver una imagen del producto final. Destaca por su original apariencia, con la capa exterior basada en una red de Voronoi (Longley, 2005). Los diagramas de Voronoi<sup>5</sup> representan un esquema geométrico biomimético, con presencia habitual en la naturaleza (Figura 2). Se puede entender como una visión evolutiva de la naturaleza aplicada al diseño. Este diagrama se basa en la división de una superficie en regiones creadas por puntos llamados *semillas*, situados a una distancia equidistante a tres (o más) sitios, por ejemplo, la *distancia euclidiana*; para dos puntos con coordenadas  $(x_1; y_1)$ ,  $(x_2; y_2)$ :

<sup>4</sup> Nacidos entre 1982 y 1994

<sup>5</sup> También conocidos como teselación de Voronoi o polígonos de Thiessen

$$L = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$



**Figura 2. a.** Diagrama de Voronoi. (Valu Ertl, Wikimedia Commons).  
**b.** Alas de libélula (Joi Ito, Flickr, CC BY 2.0)

En este proyecto, esta capa exterior está dividida en dos zonas: una más orgánica, cuya morfología se ha obtenido mediante diagramas de Voronoi, y otra más industrial, en la que se integra la tecnología. El diagrama está optimizado para reforzar el material en las zonas más vulnerables —zonas de impacto en caso de accidente, según el estudio de Diettmar Otte citado en la revista *Biker Garage* (2013)—, aligerando el resto de la superficie.

De acuerdo a estos criterios, se han empleado 500 puntos aleatorios para la parte superior y 1000 en las laterales. Las mallas de Voronoi se han programado mediante Grasshopper (Grasshopper, 2020), una herramienta de programación visual de algoritmos, compatible con Rhinoceros 3D. Estos sectores están vinculados mediante una estructura maciza de líneas fluidas que los integran y refuerzan. Toda la capa está construida por impresión 3D por fusión de hilo (WASP, 2020). Esta configuración ha facilitado un diseño novedoso, ligero, ventilado y que abre amplias posibilidades estética y funcionales.

Las luces frontal y trasera (posición y freno) se han incluido en la estructura exterior y los intermitentes en los laterales de mallas de Voronoi. La capa de iluminación también tiene la función SOS, para poder alertar al resto de conductores y dar visibilidad al usuario en caso de accidente. Se implementan dos controles (*touchpad*) de control gestual: uno situado, por seguridad y ergonomía, en el lateral izquierdo para sonido y comunicaciones, y otro a la derecha para encender y apagar el casco. En este se muestra el nivel de batería mediante unas barras que se van iluminando y el estado del wifi y bluetooth. El diseño incluye la base de carga para la batería para las funciones electrónicas.

## RESULTADOS

Los materiales del diseño original, denominada KALON 1, están recogidos en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Materiales KALON 1

Capa	Material	Masa (g)
Interna	Tejido antibacteriano e hipoalergénico	150
Calota interior	Poliestireno expandido EPS	300
Calota intermedia	Fibra de vidrio	225
Calota exterior	ABS 3D	350
Visera	Polycarbonato	200

Fuente: Propia

No se han incluido los componentes electrónicos (circuitos, cable, leds, base de carga...), ya que en esta fase de diseño no se plantea su optimización: estarían presentes en cualquier versión del casco, por lo que no resultan significativos a efectos comparativos. En el Cuadro 3 se muestran los resultados obtenidos con esta configuración de materiales.

**Cuadro 3.** Emisiones KALON 1

Capa	Material	gCO <sub>2</sub> e
Interna	Tejido antibacteriano e hipoalergénico	207
Calota interior	Poliestireno expandido EPS	921
Calota intermedia	Fibra de vidrio	1822
Calota exterior	ABS 3D	1211
Visera	Polycarbonato	96
TOTAL		4257

Fuente: Propia

## DISCUSIÓN

Se observa que el Poliestireno expandido (EPS) —mal llamado *corcho blanco*— utilizado como amortiguador en caso de golpes, y la *fibra de vidrio*, que aporta resistencia como refuerzo, son los materiales responsables de las mayores emisiones. La conclusión inmediata es que la optimización desde el punto de vista del potencial de huella de carbono, debería comenzar por estos.

### Materiales alternativos

Una importante limitación a la hora de proponer nuevos materiales para un casco de moto son las homologaciones y las exigentes pruebas que tienen que superar. En ese sentido, se ha propuesto utilizar dos materiales naturales, a falta de tramitarse su homologación para esta función, para sustituir a los dos materiales más perjudiciales: *corcho aglomerado* en lugar de EPS y, para la fibra de vidrio, el uso de fibras vegetales. En concreto, las *fibras de cáñamo*. En los dos casos, a efectos comparativos, se estima que ambos materiales se utilizan en las mismas cantidades, en términos de masa, que en la versión 1 (Cuadro 3). Quedando pendiente un

estudio sobre las prestaciones del cáñamo, existen diversas referencias sobre los efectos reforzadores de estas fibras en diversas aplicaciones (Terreros, 2016). Incluso la firma canadiense Motive Industries con sede en Calgary ha presentado el prototipo de vehículo eléctrico Kestrel construido íntegramente con fibras de cáñamo (Kestrel, 2014).

**Cuadro 4.** Materiales KALON 2

Capa	Material	Masa (g)
Interna	Tejido antibacteriano e hipoalergénico	150
Calota interior	Corcho aglomerado	300
Calota intermedia	Fibra de cáñamo	225
Calota exterior	ABS 3D	350
Visera	Policarbonato	200

Fuente: Propia

Los resultados de emisiones de efecto invernadero que se obtienen con estos materiales, se muestran en el Cuadro 4. En la Figura 3 se presentan estos resultados a efecto comparativos en un diagrama de barras.

**Cuadro 5.** Emisiones KALON 2

Capa	Material	gCO <sub>2</sub> e
Interna	Tejido antibacteriano e hipoalergénico	207
Calota interior	Corcho aglomerado	166
Calota intermedia	Fibra de cáñamo	249
Calota exterior	ABS 3D	1211
Visera	Policarbonato	96
TOTAL		1929

Fuente: Propia

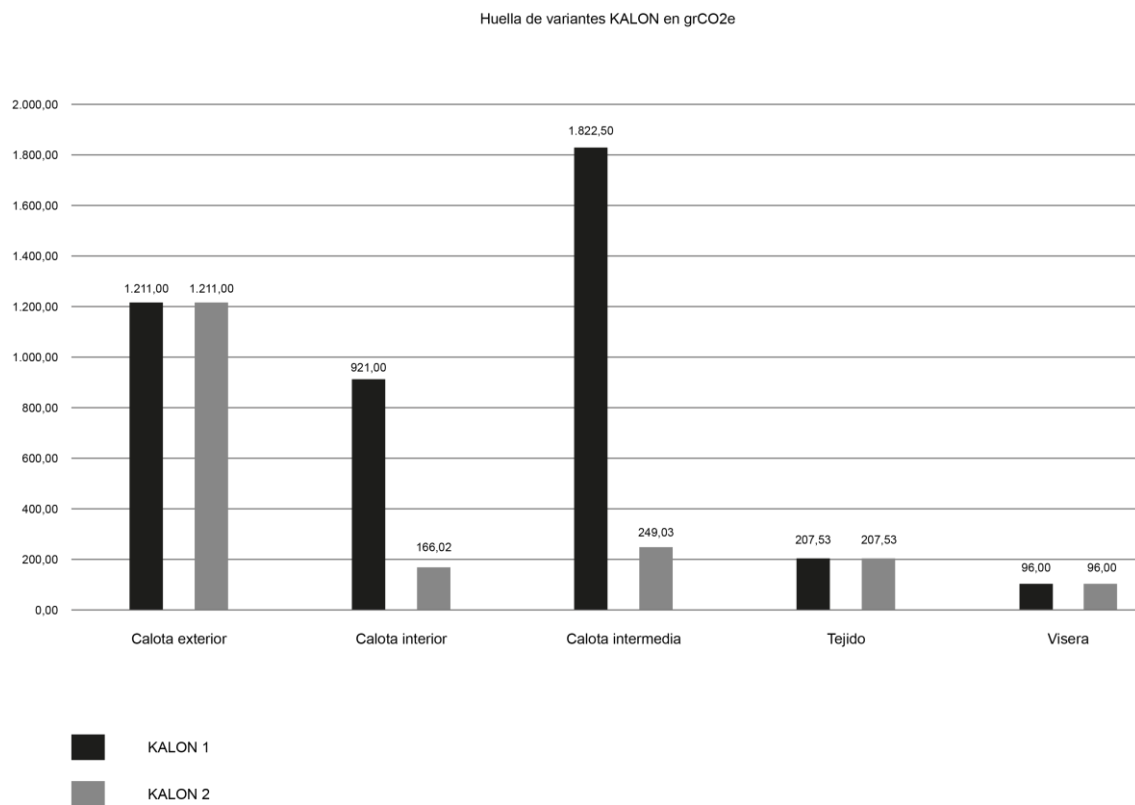
## CONCLUSIONES

Se verifica por los resultados exhibidos en los cuadros 3 y 5 que la propuesta de rediseño ha conducido a una reducción de impacto en términos de emisiones con potencial de efecto invernadero (la HC), que en el segundo caso es el 45 % del original. Se demuestra la capacidad de esta metodología para dar orientaciones durante la fase de diseño, como se ha dicho, la más apropiada para la optimización desde el punto medioambiental de productos.

El caso que se presenta aquí —un casco de reciente diseño— es un ejemplo de ahorro de emisiones de GEI de un producto en fase de desarrollo. En términos comparativos, los resultados obtenidos son elocuentes: una reducción a la mitad de las emisiones responsable del cambio climático parecería suficiente motivo para proseguir con la investigación sobre estos materiales desde el punto de vista funcional, económico, estructural y ambiental.

Pero además en términos absolutos también son significativos: tal reducción de huella de carbono de un producto como este que se podría producir en cantidades de miles de unidades, sería una significativa aportación a la lucha contra el cambio climático. Por otra parte, también

podría representar una aportación importante frente a reducciones de impuestos ecológicos y de ganancia de imagen de marca.



**Figura 3.** Diagrama comparativo de las dos versiones de casco, KALON 1 y 2

## BIBLIOGRAFÍA

Biker Garage. (2013). *Los golpes más frecuentes en un casco*. Obtenido de <http://www.bikergaraje.com/2013/02/los-golpes-mas-frecuentes-en-un-casco.html>

BookFeel. (2020). Obtenido de [http://www.carbonfeel.org/Carbonfeel\\_2/BookFeel.htm](http://www.carbonfeel.org/Carbonfeel_2/BookFeel.htm)

CarbonFeel. (7 de julio de 2020). Obtenido de BookFeel: [http://www.carbonfeel.org/Carbonfeel\\_2/BookFeel.html](http://www.carbonfeel.org/Carbonfeel_2/BookFeel.html)

Ding, G. (2014). *Life Cycle Assessment (LCA) of Sustainable Building Materials: An Overview*. Sawston, UK: Woodhead Publishing Limited.

Ecological Backpack. (2020). Obtenido de <https://ressourcen-rechner.de/?lang=en#>

Fiksel, J. (2011). *Design for Environment, 2 edición*. McGraw-Hill Education;

Grasshopper. (2020). Obtenido de <https://grasshopper.app/>

- Hopkinson, N. e. (2006). Design for environment analyses applied to rapid manufacturing. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 220(10), 1363-1372. doi:DOI:10.1243/09544070JAUTO309
- IPCC. (2020). *Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/srccl>
- Kestrel. (2014). *Motive Industries INC*. Obtenido de <https://greenerideal.com/news/vehicles/0926-worlds-eco-friendly-car-made-hemp/>
- Liedke, C. e. (2014). Resource Use in the Production and Consumption System. *The Resources*, 3(3), 544-574. doi:doi:10.3390/resources3030544
- Longley, P. e. (2005). *14.4.4.1 Polígonos de Thiessen*. Sistemas de información geográfica y ciencia. Wiley.
- Martín, C. (2020). KALON. *Trabajo Fin de Grado de Producto ESNE*. (ESNE, Ed.) Madrid, España.
- MITECO. (2020). *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*. Obtenido de Ministerio para la Transición Ecológica: [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia\\_huella\\_carbono\\_tcm30-479093.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf)
- Morini, A. e. (2019). Early-stage materials selection based on embodied energy and carbon footprint. *Materials & Design*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.107861>.
- Ruiz Cartagena, J. (2017). Millennials y redes sociales: estrategias para una comunicación de marca efectiva. *Miguel Hernández Communication Journal*, 347-367.
- Schmidt-Bleek, F. (1996). *Das MIPS-Konzept. Weniger Naturverbrauch - Mehr Lebensqualität. Faktor 10*. Wuppertal Institut.
- SolidWorks Sustainability. (2020). Obtenido de [https://help.solidworks.com/2020/english/SolidWorks/sldworks/c\\_Sustainability\\_Overview.htm](https://help.solidworks.com/2020/english/SolidWorks/sldworks/c_Sustainability_Overview.htm)
- Terreros, L. e. (2016). *Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería*. Obtenido de Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo. Trabajo fin de grado de ingeniería civil: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/6831/4/TESIS-AN%C3%81LISIS%20DE%20LAS%20PROPIEDADES%20MEC%C3%81NICAS%20DE%20UN%20CONCRETO%20CONVENCIONAL%20ADICIONANDO%20FIBRA%20DE%20C%C3%81C3%91A.pdf>
- WASP. (2020). Obtenido de <https://www.wasp3d.es/impresoras-3d/>