



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Metodología de ecodiseño en productos deportivos de materiales compuestos

Ecodesign methodology for sport goods made of composites

Autor/es

Diego Rodrigo Bordetas

Director/es

David Ranz Angulo

Facultad / Escuela  
2018



# DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D<sup>a</sup>. Diego Rodrigo Bordetas

con nº de DNI 73427149V en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster) Grado \_\_\_\_\_, (Título del Trabajo)

Metodología de ecodiseño en productos deportivos de materiales compuestos

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 12 de noviembre de 2018

Fdo: Diego Rodrigo Bordetas

# 0.1 RESUMEN

## **Metodología de ecodiseño en productos deportivos de materiales compuestos.**

El proyecto se basa en el desarrollo y consecución de una metodología de ecodiseño para la aplicación específica a productos deportivos fabricados con materiales compuestos.

Este tipo de productos son muy comunes en el mercado y utilizados por gran cantidad de usuarios que a menudo desconocen el impacto que a lo largo de su ciclo de vida implican en el medio. Principalmente cuentan con una elevada huella de carbono y consumo energético en las fases de obtención de materiales y producción, además de no contar con un sistema eficiente de fin de vida de producto. Sin embargo se realizará un análisis y mejoras de intervención en todas las fases que intervienen en el ciclo de vida del producto.

Se realizará un análisis inicial de los conceptos básicos de ecodiseño, ACV y normativas aplicables. Posteriormente se realizará la aplicación de las diferentes metodologías de trabajo propuestas a dos productos de esta tipología como son una tabla de surf y una pala de pádel. De este modo se podrá comprobar la eficacia y veracidad de los resultados obtenidos tras la aplicación del ACV y las mejoras realizadas a lo largo del rediseño.

El resultado final del proyecto consiste en la obtención de una metodología real de ecodiseño aplicada durante el proceso de diseño de estos productos. Esto ha sido validado tras la verificación de los resultados obtenidos tras la aplicación de las mejoras propuestas en la metodología, y tras la comparación de los resultados de ACV.

El proyecto dirigido por David Ranz Angulo ha sido llevado a cabo junto a la colaboración de productores y proveedores de material deportivo. Me gustaría destacar la colaboración de la empresa 5tx Surf por su amabilidad e interés puesto en el proyecto facilitando toda la información necesaria para llevarlo a cabo.

# 0.2 TABLA DE CONTENIDOS

o.1 Resúmen.....	Pág. 3
o.2 Tabla de contenidos.....	Pág. 4
o.3 Glosario de términos.....	Pág. 5

## **FASE 1** Pág. 6

1.1 Introducción.....	Pág. 7
1.2 Ecodiseño.....	Pág. 8
1.3 Metodologías actuales.....	Pág. 9
1.4 Normativa ACV.....	Pág. 10
1.5 Materiales compuestos.....	Pág. 12
1.5.1 Resinas.....	Pág. 12
1.5.2 Refuerzos.....	Pág. 13
1.5.3 Núcleos.....	Pág. 14
1.5.3 Fin de vida Mat. Compuestos....	Pág. 14
1.6 Tablas de surf.....	Pág. 15
1.6.1 Usuarios.....	Pág. 15
1.6.2 Fabricación.....	Pág. 16

## **FASE 2** Pág. 17

2.1 Tipos de ACV.....	Pág. 18
2.2 Software ACV.....	Pág. 20
2.3 ICV Tabla de surf.....	Pág. 21
2.4 ACV Tabla de surf.....	Pág. 22

## **FASE 3** Pág. 26

3.1 Ecomateriales.....	Pág. 27
3.1.1 Fibras naturales.....	Pág. 27
3.1.2 Biopolímeros.....	Pág. 28
3.1.3 Núcleos ecológicos.....	Pág. 28
3.2 Análisis mecánico.....	Pág. 29
3.3 Packaging sostenible.....	Pág. 31
3.3.1 Embalaje y marketing.....	Pág. 31
3.3.2 Prop. Embalaje-Transporte.....	Pág. 31
3.4 Márketing y ventas.....	Pág. 32
3.5 ICV Eco Tabla de surf.....	Pág. 33
3.6 ACV Eco Tabla de surf.....	Pág. 34
3.7 Conclusiones ACV.....	Pág. 38

## **FASE 4** Pág. 39

4.1 Metodología de ecodiseño.....	Pág. 40
-----------------------------------	---------

## **FASE 5** Pág. 50

5.1 Conclusiones.....	Pág. 51
5.2 Bibliografía.....	Pág. 52
5.3 Índice de imágenes.....	Pág. 54

## 0.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS

---

A lo largo del proyecto se utiliza terminología específica de análisis de ecodiseño para lo cual se hará uso de los siguientes términos:

- **ACV**: Análisis de Ciclo de Vida. (LCA).
- **ICV**: Inventario de Ciclo de Vida.
- **EICV**: Evaluación de impactos de Ciclo de Vida.
- **HCP**: Huella de Carbono de Producto.
- **ISO**: International Organization for Standardization.
- **NFPCs**: Natural Fiber-Polymer Composites.
- **EoL**: End of life.
- **GWP**: Global Warming Potential.
- **CED**: Cumulative Energy Demand.
- **VMs**: Von Mises.
- **FDS**: Factor de Seguridad.



# FASE 1

DOCUMENTACIÓN Y ESTUDIOS PREVIOS

# 1.1 INTRODUCCIÓN

El aumento de la sensibilización de la sociedad con los problemas crecientes que sufre el medio ambiente debido a las emisiones de sustancias tóxicas en la fabricación de productos, el agotamiento de las fuentes de energía no renovables y la necesidad de establecer un plan concreto de fin de vida para los productos para evitar la acumulación de vertidos al entorno natural, generan la necesidad de lanzar al mercado productos coherentes con dicha corriente de pensamiento que en algunos casos supone una forma de vida para los usuarios.

El deporte así mismo es una actividad profesional y de ocio que se encuentra muy arraigada en la sociedad, y que si embargo en muchas ocasiones no se tiene conciencia ni información acerca del origen de los productos necesarios para la práctica del deporte, o las materias primas que se consumen, así como un desconocimiento general en cuanto al fin de vida de estos productos, que mayoritariamente acaban en la basura general.



Fig.1 Contaminación oceánica.

Este hecho se ve agravado en los casos que este material deportivo se fabrica a base de materiales compuestos, en los que se incluyen un núcleo sintético, fibras de refuerzo (vidrio/carbono/ poliéster) y resina que aporta consistencia al conjunto, debido a la cantidad de emisiones que se generan en los procesos de obtención de materiales y fabricación

de los productos, además de la imposibilidad actual de conseguir un reciclaje efectivo de estos materiales.

Encontramos pues una necesidad que debe ser abordada desde el momento de diseño del producto. Seguir un estilo de vida coherente con el cuidado al medio ambiente nos hace responsables de conseguir un consumo coherente y como diseñadores de producto debemos ser conscientes de las corrientes actuales en la sociedad, los problemas que afectan a esta, y los posibles nichos de mercado que puedan surgir.

En el presente proyecto se pretende desarrollar una metodología genérica de trabajo enfocada al diseño y fabricación de material deportivo con un mayor grado de eco eficiencia. En la actualidad encontramos gran variedad de productos deportivos fabricados a base de materiales compuestos que optimizan a la perfección aspectos de funcionalidad, estéticos, comerciales,... sin embargo suponen un alto impacto en el medio ambiente. Se estudiará la influencia de los diferentes factores que afectan al ciclo de vida del producto considerando como referencia el indicador de huella de carbono de los productos.

Inicialmente se realizará una investigación acerca de los productos de dicha tipología con el objetivo de extraer unas conclusiones de diseño, fabricación y ciclo de vida de los productos convencionales. Posteriormente se analizará la huella de carbono y ciclo de vida de dos productos específicos a través de diferentes software de ACV, obteniendo resultados concretos acerca de aspectos medioambientales. Tras ello se realizarán diversas propuestas de mejora que permitan reducir el impacto medioambiental de los productos de dicha tipología y se establecerá una metodología de Ecodiseño genérica aplicable a todos ellos.

*En este documento de memoria se incluirán los análisis y resultados realizados a la tabla de surf, el proceso completo de la pala de pádel se incluirá en el Anexo 1.*

## 1.2 ECODISEÑO

La sociedad actual del primer mundo se ha visto engullida en una tendencia consumista. El consumo se puede definir como una manera de satisfacer unas necesidades o deseos, sin embargo a menudo encontramos casos en los cuales la necesidad es el propio consumo.

Este consumo y el desconocimiento y desinterés del ser humano a cuidar de los recursos naturales de que dispone han conllevado la contaminación de océanos y entornos naturales, así como otros problemas como el cambio climático, la deforestación, el deshielo, etc.

Esto ha llevado a una situación insostenible en la que el ser humano explota todos los recursos que tiene a su alcance sin preocupación del futuro del entorno natural que los proporciona.

Todos los productos y servicios tienen un impacto ambiental, bien sea durante su producción, su utilización o su eliminación. La cuantificación de dicho impacto en la naturaleza es difícil de calcular, pero somos conscientes de la magnitud del problema debido a los cambios continuos que podemos observar en el medio natural. A su vez, el continuo crecimiento económico y demográfico se ven influidos considerablemente por la producción y el consumo de productos.

Las actuaciones medioambientales en el desarrollo y fabricación de producto se han centrado fundamentalmente en la reducción de las principales fuentes de contaminación, tales como las emisiones de gases nocivos, así como la gestión de residuos.

Sin embargo, es evidente que dichas gestiones necesitan complementarse con un enfoque diferente del ciclo de vida de los productos. Con ello garantizamos que los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida se tratan de forma integrada y no se desplazan de un ciclo a otro, complicando la posibilidad de actuación sobre ellos.

El ecodiseño se centra en la integración de aspectos medioambientales en el desarrollo del producto. Por ello se deben establecer unas pautas de diseño que sirvan de guía a los diseñadores que deseen desarrollar sus productos siguiendo esta línea de eco productos, que cuenten con una base de diseño y sirvan para establecer pautas de control y actuación para tener en cuenta las necesidades del medio ambiente en el producto.

El ecodiseño puede suponer para algunos productores un importante nicho de mercado o una oportunidad de ampliar su cartera de productos llegando a un público diferente del actual, sin embargo, este hecho supondrá para los diseñadores la realización de un cambio en su metodología de diseño estándar.

Por tanto cualquier pequeño cambio en el sistema de producción, y por tanto de consumo, pueden suponer un aumento de esta corriente de diseño y desarrollo de productos que una gran cantidad de usuarios ya demanda y sobretodo una mayor sensibilización y conocimiento del problema que el medio natural que nos rodea está sufriendo por la acción descontrolada del ser humano.



*Fig. 2 Cigüeña atrapada en bolsa de plástico.*

## 1.3 METODOLOGÍAS ACTUALES

Actualmente para la realización de los procesos de ACV existen dos posibilidades. A través de sistema manual, como las matrices o los ecoindicadores muy utilizados hasta la aparición de la tecnología, o a través de software específico del ámbito, que posteriormente se analizará en profundidad.

Sin embargo, existen a nivel científico diferentes metodologías sobre las que se sustentan cualquier tipo de método manual o software de ACV que a continuación analizaremos, tal y como especifica el organismo IHOBE en el artículo sobre el 'Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono:

METODOLOGÍA	CATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN
<b>Ec99 (PréConsultants)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carcinogénicos, Respiratorios</li> <li>- Respiratorios or/inorgánicos</li> <li>- Cambio Climático</li> <li>- Destrucción capa ozono</li> <li>- Ecotoxicidad</li> <li>- Acidificación y eutrofización</li> <li>- Uso de suelo y minerales</li> <li>- Uso de recursos minerales</li> <li>- Uso de combustibles fósiles</li> </ul>	<p>Sucesor del Eco-Indicator 95. Se cambió el sistema de evaluación de impactos, agrupándolos en tres niveles de daño:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Daños a la salud Humana.</li> <li>- Daños a la calidad del Ecosistema.</li> <li>- Daños a los Recursos.</li> </ul> <p><a href="http://www.pre.nl/eco-indicator99/default.htm">http://www.pre.nl/eco-indicator99/default.htm</a></p>
<b>CML 2001 (CML)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agotamiento de recursos</li> <li>- Cambio climático</li> <li>- Destrucción capa ozono</li> <li>- Toxicidad humana</li> <li>- Ecotoxicidad</li> <li>- Smog fotoquímico</li> <li>- Acidificación</li> <li>- Eutrofización</li> <li>- Uso de recurso</li> </ul>	<p>Adaptación del Método CML1992. El paso de normalización es opcional para ACVs simplificados, pero obligatorio para ACVs exhaustivos. Dispone de valores de referencia para la normalización de los indicadores de las categorías de impacto: A nivel mundial en 1990, a nivel europeo en 1995 y a nivel holandés en 1997.</p> <p><a href="http://cml.leiden.edu/">http://cml.leiden.edu/</a></p>
<b>IPCC (IPCC)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambio climático</li> </ul>	<p>Este método, cuya definición comenzó en 1988, recoge los factores de caracterización para el potencial del calentamiento global directo debido a emisiones al aire.</p> <p><a href="http://www.ipcc.ch/">http://www.ipcc.ch/</a></p>
<b>IMPACT 2002+ (EPFL)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toxicidad humana</li> <li>- Destrucción capa ozono</li> <li>- Smog fotoquímico</li> <li>- Ecotoxicidad acuática</li> <li>- Ecotoxicidad del suelo</li> <li>- Acidificación acuática y del suelo.</li> <li>- Acidificación y eutrofización del suelo</li> <li>- Ocupación del suelo</li> <li>- Cambio climático</li> <li>- Energías no renovables</li> <li>- Uso de recursos</li> </ul>	<p>Resulta de una combinación entre las metodologías IMPACT2002, Ec99, CML2001 e IPCC.</p> <p><a href="http://www.epfl.ch/impact">http://www.epfl.ch/impact</a></p>

1- IHOBE, Sociedad Pública de Gestión ambiental. (2009), Análisis de ciclo de vida y huella de carbono, 1-37.

## 1.4 NORMATIVA ACV

Los análisis de ciclo de vida se encargan del estudio de los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida de un producto, (en función del carácter de aplicación del mismo) se tiene en cuenta en el ciclo todos los aspectos que en él influyen, desde la extracción de las materias primas hasta el fin de vida del producto pasando por su posible reutilización o reciclaje de los materiales que lo componen.

En el análisis se computarán por tanto, el consumo energético, las emisiones generadas en cualquier medio o los residuos generados en los procesos de fabricación o reciclaje del producto.

Al tratarse de una contabilidad ambiental y con su consecuente complejidad, se procedió a la redacción de un protocolo normativo establecido por el ISO, entre los cuales actualmente podemos encontrar las siguientes normativas relacionadas con los Análisis de ciclo de vida:

- **ISO 14040 (1997)**: Especificación del marco general, principios y necesidades para la realización de un estudio de ACV sin profundizar en la técnica a utilizar.

- **ISO 14041 (1998)**: Especificación de las necesidades y procedimientos para elaborar la definición de los objetivos y alcance del estudio, y para realizar, interpretar y elaborar el informe de inventario de ciclo de vida (ICV).

- **ISO 14042 (2000)**: Descripción y establecimiento de una guía como estructura general de la fase de impacto del análisis de impacto del ciclo de vida (AICV).

- **ISO 14043 (2000)**: Especificación de las recomendaciones para realizar una correcta interpretación de un ACV o ICV sin especificar las metodologías llevadas a cabo.

Otros documentos relacionados con el ACV como soporte de la elaboración de estudios son:

- ISO TR 14047 (2002).

- ISO/CD TR 14048 (2002).

- ISO /TR 14049 (1998).

Otras normativas que regulan dicho proceso de análisis de ciclo de vida en otros países son:

- PAS 2050:2011.

- BP X30-323 (2011).

- Product GHG Protocol (WRI/WBCSD,2011).

- UNE-CEN ISO/TS 14067:2015.

Como parte del desarrollo del proyecto se han tenido en cuenta la aplicación de las diferentes normas al mismo, en concreto ISO 14040 (1997)<sup>2</sup> en la cual se incluyen los diferentes apartados a aplicar en todo proyecto de ACV.

1. Definición del objetivo y alcance.
2. Análisis del inventario de ciclo de vida.
3. Evaluación del impacto del ciclo de vida. (EICV)
4. Interpretación del ciclo de vida.
5. Informe de estudio de la HCP.

Éstos se analizan a fondo en el anexo 1.

Apartado 1.5



International  
Organization for  
Standardization

Fig. 3 Logo ISO.

2- ISO 14040:1997 Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework, AENOR

## 1.4 NORMATIVA ACV

En la actualidad existen varios organismos encargados de homologar los productos que salen al mercado. Para mantener un control sobre estos productos denominados ecológicos se ha establecido una normativa que regula la concesión de estas homologaciones, la norma ISO 14020.

En ella se especifica el etiquetado ambiental como “un conjunto de herramientas voluntarias que intentan estimular la demanda de productos y servicios con menores cargas ambientales ofreciendo información relevante sobre su ciclo de vida para satisfacer la demanda de información ambiental por parte de los compradores”<sup>3</sup>

Dentro de ella se especifican los diferentes etiquetados según el tipo de declaración que se efectúa.

### ISO 14024 – Etiquetado ecológico Tipo I <sup>4</sup>

Fija los pasos necesarios para el desarrollo de programas de etiquetado ambiental Tipo I, otorgadas por terceras partes imparciales u entidades certificadoras.

En Europa encontramos la Etiqueta Ecológica de la Unión Europea (ECOLABEL), que promueve la comercialización de productos respetuosos con el medio ambiente. Etiquetado que coexiste con certificados a nivel nacional.

### ISO 14021 – Etiquetado ecológico Tipo II <sup>5</sup>

Consisten en autodeclaraciones informativas de algunos conceptos ambientales del producto que lo identifica como ecológico. Son realizadas por el fabricante y pueden encontrarse en las etiquetas o manuales técnicos del producto. Según la norma no se define un símbolo concreto, aunque es recurrente el bucle de Möbius, utilizado tanto para informar que el envase o el producto reciclable, o contiene material reciclado.



Fig. 4 Bucle de Möbius.

### ISO 14025 – Declaraciones ambientales Tipo III <sup>6</sup>

Se trata de un proceso, a través del cual un sector industrial desarrolla una “declaración medioambiental”. Este incorpora la información ambiental sobre el ciclo de vida de un producto, y mostrada como un grupo de categorías con parámetros.

El objetivo de éstas es aumentar la información para el consumidor y atraer a éste con la oferta de un producto con menor impacto ambiental en el mercado. Encontramos un claro ejemplo en las etiquetas de eficiencia energética aplicadas a los electrodomésticos.

Actualmente el sector de los productos deportivos no cuenta con una categoría propia el certificador de ECOLABEL ni cuenta con una declaración ambiental propia del sector, por lo que la propuesta que se realiza en este aspecto a los fabricantes de estos productos es la aplicación de etiquetado ecológico Tipo II, con un auto declaración informativa para el consumidor.

Asimismo podrían surgir propuestas de declaraciones ambientales tipos I o III en función de diferentes necesidades de los fabricantes e interés de los mismos en aumentar su visualización y diferenciación en el mercado.

3 - ISO 14020:2000

Environmental labels and declarations -- General principles.

4- ISO 14024:2018

Environmental labels and declarations -- Type I environmental labelling

-- Principles and procedures

5 - ISO 14021:2016

Environmental labels and declarations -- Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling)

6 - ISO 14025:2006

Environmental labels and declarations -- Type III environmental declarations -- Principles and procedures

# 1.5 MATERIALES COMPUESTOS

A lo largo de este proyecto se analizarán y propondrán mejoras enfocadas al ecodiseño de productos deportivos fabricados con materiales compuestos. Se considera importante conocer desde un primer momento los diferentes materiales existentes y los procesos de fabricación utilizados para su conformado.

El objetivo de este apartado es la generación de una base de datos para su utilización en la metodología que se planteara posteriormente.

Los definidos como materiales compuestos son aquellos que se forman por la unión de dos o más materiales y que dicha unión les confiere de unas características específicas, de las cuales por separado no disponen. A pesar de contar con características excepcionales su aplicación en productos se encuentra restringida en cierto modo por su elevado precio, su dificultad de fabricación, la mala reciclabilidad de los mismos o su elevada huella de carbono.

Conocemos algunos de los materiales de esta tipología más utilizados en los productos deportivos que componen el hilo conductor del proyecto.

## 1.5.1.- RESINAS

<sup>7</sup>Son utilizadas en sistemas de materiales compuestos que requieren de:

1. Buenas propiedades mecánicas
2. Buenas propiedades adhesivas
3. Dureza
4. Resistencia a la degradación ambiental

La alta adherencia entre la resina y fibras de refuerzo será necesaria para cualquier conjunto fabricado con materiales de resina. Esto asegurará que las cargas son transferidas de manera eficiente y prevendrá la rotura de la fibra cuando esté sometida a esfuerzos

Por lo general, a mayor deformación que admita la resina, mayor resistencia a la rotura dispondrá, y ala inversa. Resultará por tanto importante tener

en cuenta esta propiedad con la elongación de las fibras de refuerzo.

Otro de los aspectos requeridos por los sistemas de resinas son la buena resistencia a los agentes meteorológicos y a sustancias corrosivas, mientras es sometido a ciclos de esfuerzo.

Algunos tipos de resinas utilizados son:

- Resinas de poliéster.
- Resinas de Viniléster.
- Resinas Epoxy.

Analizamos más a fondo las resinas epoxy que representa los productos de mayor rendimiento de esta tipología.

### Ventajas

- Altas propiedades mecánicas y térmicas
- Alta resistencia al agua
- Larga vida útil
- Baja contracción en curado

### Desventajas

- Precio superior al vinyléster
- Mezclado crítico
- Manejo corrosivo

Las resinas epoxy están formadas mayormente por Bisfenol A (BPA)<sup>8</sup>. Dicho componente resulta tóxico al tratarse de un químico disruptor, y por tanto, es capaz de alterar las funciones hormonales de cualquier especie animal, incluida la humana. Se deberá tomar especial precaución durante su utilización.

En el caso de la utilización de las resinas epoxy para la fabricación de material deportivo, pueden generarse emisiones de BPA durante el proceso de curado, por lo que los fabricantes deberán tener especial precaución con la colocación de mascarillas que eviten su inhalación.

<sup>7</sup>- SP Systems, *Composite Engineering Materials. Guide to Composites*, 8-21.

<sup>9</sup>-[http://www.who.int/foodsafety/fs\\_management/No\\_05\\_Bisphenol\\_A\\_Nov09\\_sp.pdf](http://www.who.int/foodsafety/fs_management/No_05_Bisphenol_A_Nov09_sp.pdf) (Consultado: 08/04/2018)

# 1.5 MATERIALES COMPUESTOS

## 1.5.2.- REFUERZOS

Los materiales de refuerzo son en los composites los encargados de aumentar las propiedades mecánicas del sistema. Los diferentes tipos de fibras utilizados aportan propiedades y características muy diversas y son utilizadas en función del destino final en el que vaya a ser utilizado el producto.

La interacción superficial de fibra y resina es controlada por el grado de vinculación que existe entre los dos. Esto será influenciado por el tratamiento dado a la superficie de fibra, y a los diferentes tratamientos superficiales.

Los tipos de fibras que se aplican en estos productos son:

- Fibras de vidrio.
- Fibras de carbono.
- Aramidas.

Los tipos de tela de fibra son clasificados por la orientación de las fibras, y por los diferentes métodos de fabricación utilizados para mantenerlas unidas.

### - Telas unidireccionales

Son aquellas telas, cuya mayoría de fibras se orientan en una única dirección.

### - Telas 0/90°

Utilizadas en aquellos productos que requieren más de una orientación de fibra para incrementar su resistencia. Combinan orientaciones a 0° y 90°.

### - Telas multiaxiales

Estas telas consisten en una o varias capas de fibra superpuestas, sostenidas por una costura secundaria no superficial.

Analizamos algunas de las propiedades básicas de las fibras utilizadas en los materiales compuestos y otros materiales utilizados en ingeniería.<sup>9</sup>

Material Type	Tensile Str. (MPa)	Tensile Modulus (GPa)	Typical Density (g/cc)	Specific Modulus
Carbon HS	3500	160 - 270	1.8	90 - 150
Carbon IM	5300	270 - 325	1.8	150 - 180
Carbon HM	3500	325 - 440	1.8	180 - 240
Carbon UHM	2000	440+	2.0	200+
Aramid LM	3600	60	1.45	40
Aramid HM	3100	120	1.45	80
Aramid UHM	3400	180	1.47	120
Glass - E glass	2400	69	2.5	27
Glass - S2 glass	3450	86	2.5	34
Glass - quartz	3700	69	2.2	31
Aluminium Alloy (7020)	400	1069	2.7	26
Titanium	950	110	4.5	24
Mild Steel (55 Grade)	450	205	7.8	26
Stainless Steel (A5-80)	800	196	7.8	25
HS Steel (17/4 H900)	1241	197	7.8	25

Fig. 5 Propiedades mecánicas de fibras para materiales compuestos.<sup>9</sup>

<sup>9</sup>- SP Systems, Composite Engineering Materials. Guide to Composites, 33.

# 1.5 MATERIALES COMPUESTOS

## 1.5.3.- NÚCLEOS

<sup>10</sup>Se introducen núcleos en el interior de los productos fabricados de materiales compuestos con el objetivo de aumentar la distancia entre las superficies de fibra que supondrán un aumento de inercia del conjunto, y por tanto y aumento sustancial del valor mencionado de resistencia a flexión con un pequeño aumento de peso total.

Existen varios tipos de núcleos, dependiendo del material de fabricación de los mismos.

### - Núcleo foam

Son uno de los modelos más utilizados en el mercado. Pueden ser fabricados de diferentes materiales sintéticos (PVC, PS, PU, PEI, SAN, etc.)

### - Núcleos en forma de panal (honeycomb)

Se trata de núcleos especialmente destinados a aumentar las propiedades mecánicas del conjunto por la elevada resistencia y dureza que son capaces de aportar. Pueden ser:

- PP.
- Nomex.
- Kevlar.
- Aluminio.

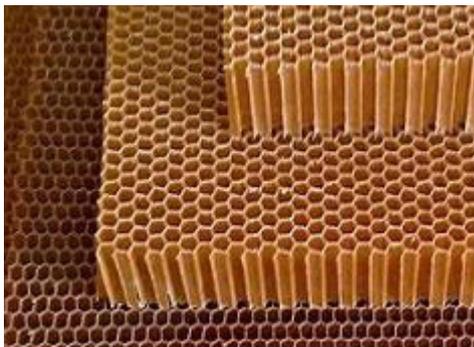


Fig. 6 Núcleos Nomex.

### - Núcleos de madera

Son los únicos núcleos naturales y en algunas disposiciones pueden ofrecer características similares a los productos sintéticos. Serán necesarios diferentes tratamientos químicos que los protejan de humedades y posibles pudrimientos.

## 1.5.4.- FIN DE VIDA MATERIALES COMPUESTOS

El principal inconveniente de estos materiales se encuentra en la huella de carbono generada en su fabricación y desecho de los mismos, ya que su reciclado y aprovechamiento posterior una vez terminado su ciclo de uso resulta complicado por su morfología y componentes.

Los materiales cuya matriz es termoestable:

- No pueden ser reprocesados mediante procesos de refundición.
- Desechos contaminados y a menudo con insertos metálicos o rigidizadores en su interior.
- Alto contenido de minerales inorgánicos como la fibra de vidrio, de propiedades muy distintas a la matriz, dificultan sobremanera los procesos de reciclado.

Resulta interesante el proceso de recuperación de los desperdicios de fibras de carbono, ya que económicamente el precio de este material es superior a otras fibras como la de vidrio. Será posible por tanto realizar dos clasificaciones de productos en función del tipo de refuerzo del que disponen. Éstos serán, en primer lugar, los fabricados en fibra de carbono, y por otro lado los fabricados en otras fibras, principalmente de vidrio.

Dicha clasificación permitirá aplicar tratamientos diferentes según las necesidades de los productos para llevar a cabo su recuperación.

Aquellos fabricados con fibras continuas será necesario recuperar las fibras de forma larga, sin embargo muchos de los tratamientos aplicados para la reobtención de materiales compuestos óptimos para su reutilización son basados en fragmentación y reducción del tamaño de los mismos, por lo que dichas fibras cortas solo podrán ser reutilizadas en productos de dicha categoría.

---

<sup>10</sup>- SP Systems, *Composite Engineering Materials. Guide to Composites*, 41-44.

## 1.6 TABLA DE SURF

Hoy en día el surf es un deporte mundialmente conocido, y aunque no se encuentra entre lo más practicados se encuentra en auge y cada año aumentan sus seguidores y adeptos.

El objetivo del mismo es deslizarse y hacer giros en una ola de pie sobre una tabla, la cual será objeto de estudio en este proyecto.

*Analizamos a fondo los diferentes modelos de tablas y partes del producto en el Anexo 1, apartado 1.9*

### 1.6.1.- USUARIOS

Hoy en día el surf se ha convertido en un modo de vida para muchas de las personas que lo practican. Ya no es una simple moda pasajera sino que se trata de una filosofía de vida que además se encuentra en continuo incremento en todo el mundo y en España donde el número de federados crece sin parar.

La práctica del surf conlleva muchos aspectos además del propio deporte, desde la selección de los materiales, indumentaria, escuelas de aprendizaje y tecnificación, medios de transporte, búsqueda de las mejores playas para la práctica,... y que los usuarios deberán tener en cuenta y modificarán su estilo de vida por un deporte que a menudo es muy sacrificado.

El perfil de los surfistas no está restringido por la edad de los mismos ni por su condición física, a pesar de que supone un aspecto importante en la práctica del deporte. Podemos encontrar deportistas de edades muy variadas que oscilan entre los 5 años y +70, además de aumentar considerablemente el número de mujeres surfistas llegando a encontrar un equilibrio entre ambos sexos, por lo que ha dejado de ser un deporte meramente masculino.

Encontramos diferentes tipos de usuarios practicantes del surf o que forman parte de mundo que rodea el deporte.

– **Surfistas en iniciación y amateur:** Son aquellos que están en proceso de aprender a practicar el deporte y deben acudir a cursos o escuelas de tecnificación para conocer las nociones básicas técnicas además de los posibles riesgos que conlleva. No tienen material propio debido a su elevado precio, por lo que suelen alquilarlo. Practican surf de manera muy esporádica, en periodos vacacionales.

– **Surfistas profesionales:** Se dedican profesionalmente a practicar el deporte y cuentan con amplia gama de material para ello. Acuden a los diferentes campeonatos organizados a nivel mundial en busca de conseguir el título mundial. Las empresas de material deportivo ejercen de sponsor como patrocinio permitiéndoles llevar a cabo todos los viajes necesarios transportando todo el material voluminoso.

Sea el que sea el lugar del que provenga surfista, todos tienen una cosa en común a los demás, ya que todos quieren buscar buenas olas y mantener el contacto con el mar. A pesar de la evolución y el auge del surf, de su industria masificada, se mantiene el espíritu original amante de la naturaleza y la libertad dentro de cualquier surfista.



Fig. 7 Surfistas.

# 1.6 TABLA DE SURF

## 1.6.2.- FABRICACIÓN

La fabricación de las tablas ha evolucionado mucho con la aparición de las nuevas tecnologías y aunque algunos de los procesos se han automatizado con maquinaria CNC otros muchos siguen siendo manuales y requieren de buenas habilidades técnicas de los shaper (fabricantes manuales).<sup>11</sup>

### - Elaboración del Shape

Las tablas de surf están hechas a partir de un foam de espuma de poliuretano (PU) o poliestireno (EPS), por lo tanto inicialmente se deberá seleccionar el material base que dotará de una primera forma a la tabla. Las planchas suelen contar con un alma de madera en su zona interior que las atraviesan longitudinalmente, de modo que aporta una resistencia a flexión superior evitando que se rompa con facilidad.

Se le dotará de la forma deseada a la tabla a través de maquinaria CNC y por medio de diferentes procesos monitorizados por control numérico como corte láser, lijado y desbastado se obtendrá los parámetros anteriormente definidos del modelo (longitud, anchura, grosor, curvatura, cantos, cola,...).

Posteriormente, el shaper afinará la base de la tabla de foam lijando todas las marcas que sufre tras el proceso de CNC, además de afinar los cantos para conseguir el redondeo deseado, consiguiendo así una superficie uniforme en toda la tabla.

### - Pintado

Tras el proceso de dotar la forma requerida a la tabla según el modelo, se procede a decorar la tabla si es necesario, además de plasmar la firma del shaper, logos y medidas del modelo.

En aquellos modelos en los que se requiera pintado se utilizan pinturas de base agua (acrílica), ya que no sufrirán reacción con la resina utilizada en los procesos posteriores y se cubrirá toda la tabla con spray o aerógrafos.

### - Laminado

Una vez obtenida la forma final del modelo de tabla requerido se procede a realizar el glaseado que protegerá a la base de foam de todos los desperfectos e inclemencias posibles, además de convertirlo en impermeable.

Para ello se colocarán sobre la tela capas de fibra de vidrio y se recortarán los excedentes adaptándola a la forma de la tabla. En la mayoría de modelos se colocan dos capas en la parte superior y cantos, y una en la parte posterior, dotándole de mayor dureza para evitar abolladuras por el peso del surfista.

Se extenderá la primera capa de fibra de vidrio a lo largo de la tabla, cubriendo toda la superficie desde la punta a la cola, además de los cantos. Una vez se realice la fijación de la tela prepararemos la resina seleccionada para la primera capa.

Se procederá a la colocación de la segunda capa de fibra cuando la primera de resina se encuentre seca completamente, y se repetirá el proceso anteriormente mencionado. En la parte posterior se realizará el mismo proceso que en la parte superior, aunque con una sola capa.

### - Lijado y pulido

Cuando el shaper determine que la resina se encuentra completamente seca se podrá lijar la superficie de la tabla de surf. Se deberá lijar siempre únicamente la resina, y no la fibra de vidrio, ya que en dicho caso se apreciaría el desperfecto a simple vista, y sería necesario volver al paso anterior de glaseado.

### - Montajes de quillas y Leash.

Las quillas fijas se pegarán sobre los orificios que previamente se realizaron en el foam antes de su glaseado. Del mismo modo se realizará la colocación del leash.

<sup>11</sup>-<http://www.trickon.com/surf/articulo/como-sefabrica-una-tabla-de-surf> (Consultado: 07/03/2018)

- <http://www.todosurf.com/magazine/surfologia/como-fabricar-una-tabla-de-surf-surf-2171.htm> (Consultado: 09/03/2018)

- <http://www.todosurf.com/magazine/surfologia/anatomia-de-una-tabla-de-surf-surf-2166.htm> (Consultado: 10/03/2018)



# FASE 2

ACV DE PRODUCTOS CONVENCIONALES

## 2.1 TIPOS DE ACV

El análisis de ciclo de vida ayuda a los diseñadores e investigadores a realizar una medición del impacto ambiental de un producto, proceso de fabricación o sistema de diseño a lo largo de su ciclo de vida (según se desee).

Se debe tener en cuenta que se trata de una herramienta con enfoque holístico, por lo tanto, todas las propiedades, procesos o flujos que intervienen en el sistema dentro de su ciclo de vida se deben tener en cuenta de manera conjunta, ya que de forma individual no mantienen su coherencia.

IHOBE nos explica en su artículo acerca del ACV y la huella de carbono un sistema de identificación de los análisis en función de sus objetivos y características.<sup>12</sup>

En este tipo de análisis entran en juego muchos factores, pero todos los elementos que forman parte de un ciclo de vida pueden clasificarse en entradas o salidas y serán recopiladas en el inventario a la realización del análisis previo al análisis (ICV).

- **Entradas:** Son los recursos que se tendrán en cuenta en cada proceso, como materiales, recursos, energía, electricidad, transporte,...

- **Salidas:** Se trata de los productos obtenidos en el proceso de diseño, así como otros subproductos generados en cada proceso, y las emisiones al agua, aire y suelo, además de residuos.

Se pueden encontrar distintos tipos de Análisis de Ciclo de Vida en función de las fases del ciclo que se analicen, ya que en algunos casos sólo interesa obtener resultados de determinadas fases y no del ciclo completo.

### - **De la cuna a la tumba**

Se incluyen todas las entradas y salidas de procesos que interactúan en el ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas, pasando por la manufacturación de los productos, su uso y el reciclaje final. Del mismo modo se tomarán en consideración las actividades de producción secundarias, transportes y obtención de energía.

### - **De la cuna a la puerta**

Determinados análisis se centran únicamente en el impacto generado por las entradas y salidas de materias primas, diseño, fabricación y montaje de los productos. Éstos son denominados de la cuna a la puerta, haciendo alusión a la "puerta" del mercado.

### - **De la puerta a la puerta**

Análisis de ciclo de vida que tiene en cuenta únicamente los procesos de fabricación y montaje de los productos. Éste tipo de análisis es óptimo para poder averiguar el grado de impacto que supone un sistema productivo en el medio y no en comparación con el resto de ciclo de vida del propio producto.

### - **De la cuna a la cuna.**

El análisis más completo de ciclo de vida se realiza de la cuna a la cuna y se trata de aquellos que contabilizan las entradas y salidas del sistema desde la obtención de las materias primas, hasta el fin de vida del producto, cuyo reciclaje o reutilización de componentes permite completar un ciclo de vida cerrado generando suministro de materia prima reutilizable para la fabricación de nuevos productos.

<sup>12</sup>- IHOBE, Sociedad Pública de Gestión ambiental. (2009), Análisis de ciclo de vida y huella de carbono 5

## 2.1 TIPOS DE ACV

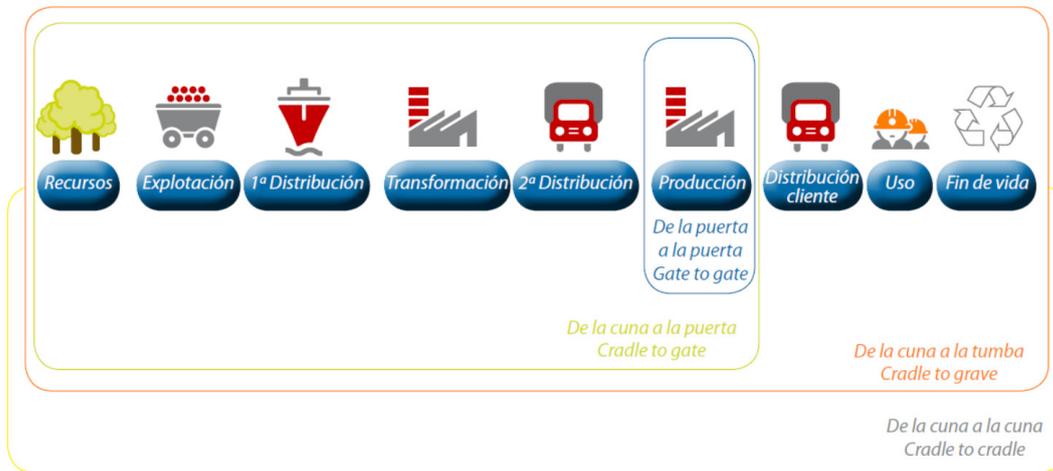


Fig. 8 Alcance de ACV<sup>13</sup>

Como anteriormente hemos comentado, al tratarse de un sistema holístico los análisis tendrán en cuenta todas las cargas medioambientales que tengan efecto en el ciclo del producto, de modo que se evaluarán también las actividades externalizadas a otras empresas o proveedores.

Con el ACV de un producto es posible obtener gran cantidad de resultados y valores que pueden resultar muy interesantes para la realización de rediseños ecofuncionales que supongan una reducción del impacto generado en el medio en su ciclo de vida.

Analizamos algunos de ellos, que posteriormente podremos obtener con la herramienta GABI.

### - **GWP (Global Warming Potential)**<sup>13</sup>

Dicho índice evalúa la cantidad de emisión de CO<sub>2</sub> al medio, impacto que afecta de manera directa al calentamiento global, con un aumento de las temperaturas de la atmósfera y los océanos.

Unidad de referencia: Kg CO<sub>2</sub> eq.

### - **PED (Primary Energy Demand)**

Evaluación de la cantidad de energía (renovable y no renovable) a lo largo del ciclo de vida analizado.

Unidad de referencia: MJ.

### - **Eutrofización**

Evaluación del aumento de algas en el medio acuático, originado por el enriquecimiento de las mismas debido al uso de fertilizantes y detergentes, elevando el consumo de oxígeno en el agua.

Unidad de referencia: Kg NO<sub>3</sub> eq.

### - **Acidificación**

Evaluación de la capacidad neutralizante del suelo y del agua debido al retorno a la superficie de la tierra, en forma de ácidos, los óxidos de nitrógeno y azufre emitidos a la atmósfera.

Unidad de referencia: Kg SO<sub>2</sub> eq.

### - **Consumo de materias primas**

Índice de cantidad de materias primas extraídas de la naturaleza para la fabricación del producto.

Unidad de referencia: Tm.

### - **Reducción de capa de ozono**

Evaluación de los efectos negativos de la capacidad de protección de la capa de ozono.

Unidad de referencia: Kg CFC-11 eq.

<sup>13</sup>- IHOBE, Sociedad Pública de Gestión ambiental. (2009), Análisis de ciclo de vida y huella de carbono 5-7

## 2.2 SOFTWARE ACV

SOFTWARE	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
 <p>Fig. 9 Logo SimaPro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramienta profesional de Análisis de Ciclo de Vida y Análisis de Ciclos de Coste.</li> <li>- Uso de bases de datos creadas por el usuario y biblio. (Ecoinvent, BUWAL,...).</li> <li>- Redacción de informes de acuerdo a normativa ISO.</li> <li>- Análisis de incertidumbre de datos, escenarios de fin de vida.</li> <li>- Exportación de análisis y datos generados en formato Excel y Ecospond.</li> <li>- Software profesional de pago.</li> </ul>
 <p>Fig. 10 Logo ECOit.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramienta sencilla para EcoDiseño de productos, permite cálculo de ACV y HCP.</li> <li>- Base de datos propia. Óptima para el análisis de productos simples.</li> <li>- No dispone de materiales y procesos específicos de materiales compuestos.</li> <li>- Obtención de datos limitada.</li> <li>- Análisis de escenarios de fin de vida.</li> <li>- Herramienta demo gratuita por duración de 30 días. Posteriormente, de pago.</li> </ul>
 <p>Fig. 11 Logo OpenLCA.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramienta profesional, permite análisis de tipo: LCA, LCC, LCA social y HCP.</li> <li>- Posibilidad de análisis enfocado en un producto único.</li> <li>- Variedad de representación de datos y resultados obtenidos.</li> <li>- Software gratuito. Extensiones de bases de datos de pago.</li> <li>- Interfaz y modo de utilización complejo (destinado a usuarios profesionales).</li> <li>- Redacción de informes de acuerdo a normativa ISO.</li> <li>- Exportación de análisis y datos generados en formato Excel y Ecospond.</li> </ul>
 <p>Fig. 12 Logo GABI.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramienta profesional, permite análisis tipo: LCA, LCC y LCWT.</li> <li>- Descripción gráfica y visual del ciclo de vida completo de los productos.</li> <li>- Posibilidad de modificación de los parámetros en cualquier momento del análisis.</li> <li>- Base de datos educacional muy extensa, pero limitada para materiales BIO.</li> <li>- Extensiones de database de pago.</li> <li>- Redacción de informes de acuerdo a normativa ISO.</li> <li>- Exportación de análisis y datos generados en formato Excel y Ecospond.</li> </ul>
 <p>Fig. 13 Logo Umberto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramienta para optimización de procesos de producción y uso de las mat. primas.</li> <li>- Permite la realización de análisis de ACV, huella de carbono y análisis de costes.</li> <li>- Integración de bases de datos propias o ya existentes.</li> <li>- Software de pago.</li> <li>- Redacción de informes de acuerdo a normativa ISO.</li> <li>- Programa no especializado en el análisis de productos para el ecodiseño.</li> </ul>
 <p>Fig. 14 Logo Granta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Software de gestión de materiales para la ingeniería. Extensión para ACV y HCP.</li> <li>- Base de datos de materias primas y procesos de fabricación muy completa.</li> <li>- Poca variedad en cuanto a las posibilidades de realización del ACV completo.</li> <li>- Interfaz y modo de utilización complejo (destinado a usuarios profesionales).</li> <li>- Instalación integrada en los programas de CAD para el trabajo con los modelos 3D.</li> <li>- Software de pago.</li> <li>- Exportación de análisis y datos generados en formato Excel y Ecospond.</li> </ul>

## 2.3 ICV TABLA DE SURF

Realizaremos inicialmente el ACV de 1 ud de tabla de surf que nos permitirá conocer aquellos parámetros que tienen un impacto relevante en la huella generada por el producto en el medioambiente.

Se estima la fabricación de una tabla convencional:

- **Tabla corta 5TXsurf (190,48cm x 49.5cm x 6,4cm).**

### OBJETIVO DEL CÁLCULO

Establecer una metodología genérica para el diseño o rediseño de productos de material deportivo fabricados de materiales compuestos que permita a los diseñadores la realización de un diseño y producción de material con mejores resultados ambientales y que reduzcan su huella de carbono en el medio ambiente.

### CUANTIFICAR MATERIALES Y PROCESOS

#### 1. Transporte de materiales

El lugar de fabricación se ubicará en España y el lugar de origen de las materias primas, Alemania, por lo que se contabilizará como un transporte de 2000 km.

#### 2. Materiales

- Alma madera de balsa 0,20 kg
- Núcleo Espuma de poliuretano (PUR) o (EPS) 2 / 3 kg
- Pintura acrílica. Pintura de polipropileno 60 ml.
- Vinilos decoración. PVC. 0,001kg
- Fibra de vidrio 0,7 kg = 6,5 m<sup>2</sup>
- Resina epoxy 5 kg.
- Tapón PP. 0,002
- Leash Tela+Poliuretano
- Pegamento 10 ml
- Laca 165 ml
- Cartón embalaje

#### 3. Procesos

- Mecanicado CNC base de PUR + láser + lijado + desbastado.
- Lijado y afinado manual.
- Pintado con spray/aerógrafos.
- Impresión vinilos de decoración.
- Lijado/pulido final
- Lacado

#### 4. Embalaje y transporte a punto de venta

Transporte unitario al lugar determinado por el cliente (o viceversa). Cartón + cinta embalaje

#### 5. Promoción y venta

Sin impacto.

#### 6. Uso

Emisión de BPAs al medio acuático.

#### 7. Desecho y reciclado

Desechado en vertederos municipales. Necesario procesos de curado para la separación de las fibras y resinas del núcleo de PUR. (estimación de energía consumida para ello complicada).

#### 8. Reutilización y reciclado

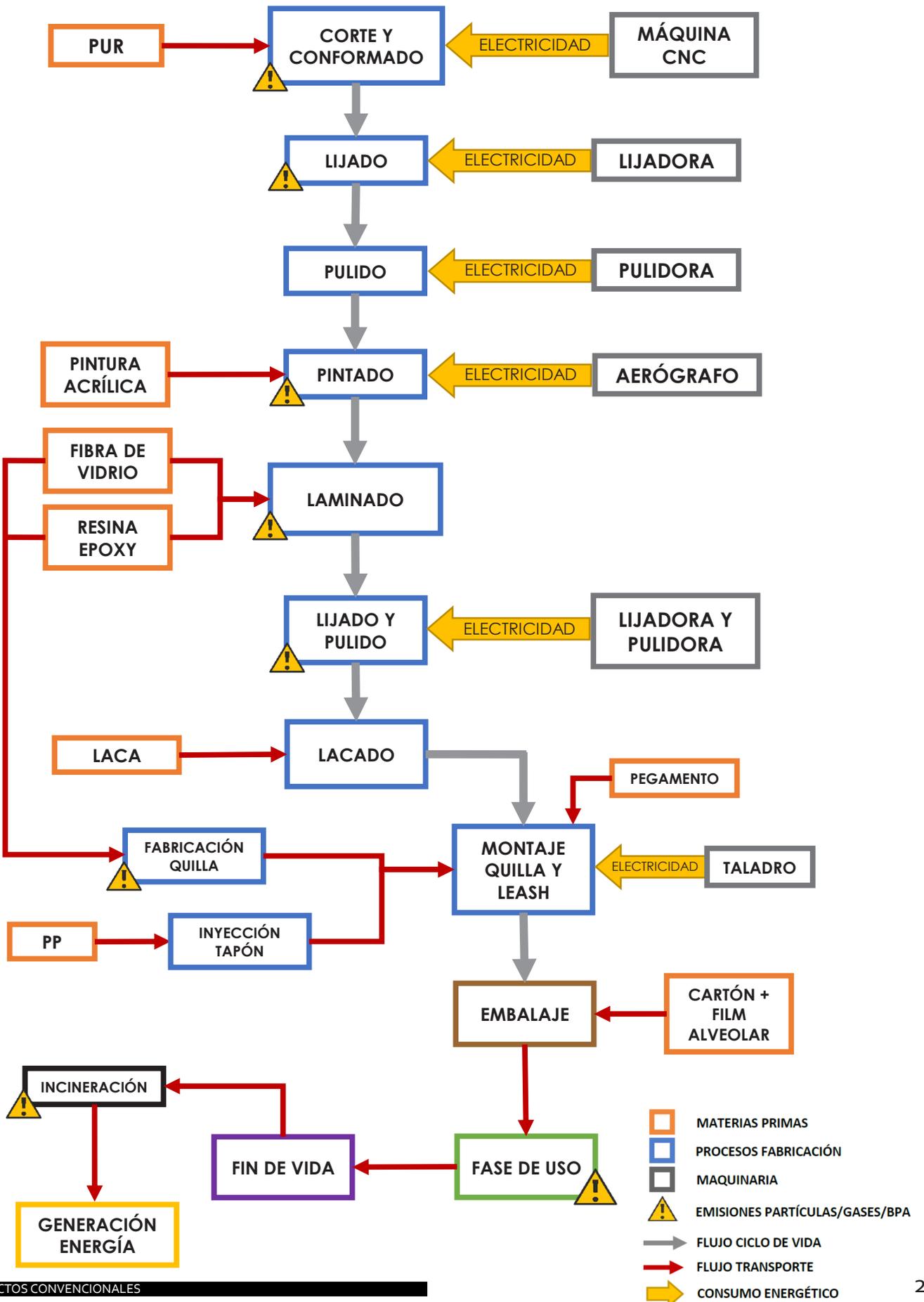
Incineración del producto para su reaprovechamiento en forma de generación de energía. Imposibilidad de conseguir un reciclado del producto debido a su composición de materiales compuestos.

#### 9. Software

Finalmente se toma la decisión de realizar los análisis de ACV a través del software GABI.

## 2.4 ACV TABLA DE SURF

### CICLO DE VIDA COMPLETO TABLA DE SURF



## 2.4 ACV TABLA DE SURF

Estimación de precios calculados para una ud de tabla de surf analizada.

TABLA DE SURF CONVENCIONAL <sup>14</sup>	CANTIDAD	PRECIO/UD	PRECIO TOTAL (€)	PROVEEDOR
PUR	1 blank	47,9€/ud	47,9	SeaBase
Resina Epoxy	5 kg	13.92 €/kg.	69,6	Silmar
Fibra de vidrio	6,5 m2	1.56 €/ m2	10,14	Bricotex
Laca	165 ml	6,73€ / 500 ml	2,24	Recambios-EX
Pintura	60 ml	13,62€ / 60 ml	13,62	TodoAerografía
Leash	1ud	30€/ud	30	Teccel
Quillas	2 uds	7,5€/ud	15	Teccel
Electricidad proceso productivo.	30,07 Kwh	0,083€/Kwh	2,5	-
Mano de obra	12 h	8€/h	19,2	-
<b>TOTAL</b>			<b>210,2 €</b>	

El precio de la mano de obra se calcula con el tiempo total de proceso del producto, y los datos obtenidos del BOA, teniendo en cuenta además, que un operario puede producir simultáneamente 5 productos, ya que el proceso más costoso es el del secado tras el shapeado y no necesita de ninguna manipulación.

En esta estimación de precio se incluyen los apartados de materias primas, así como consumos energéticos y manos de obra. Serán variables los aspectos de amortización de maquinaria, y transportes del producto hasta el cliente final, lo cual supondría un aumento del precio final.

<sup>14</sup> Varios Links. (Ver Bibliografía).

## 2.4 ACV TABLA DE SURF

TABLA DE SURF (1 ud. CICLO EQUILIBRADO)

TABLA DE SURF	CONSUMO ENERGÍA (MJ)	CONSUMO ENERGÍA (%)	GWP (Kg CO <sub>2</sub> eq.)	GWP (%)	Precio (€)	Precio (%)
Obtención de materiales y fabricación	770,93	99,75	43,372	86,5	210,2	95,88
Uso	0	0	0	0	0	0
Transporte	49,87	6,45	3,458	6,9	8,64	3,94
Fin de vida	-47,94	-6,2	3,308	6,6	0,38	0,17
<b>TOTAL</b>	<b>772,87</b>	<b>100</b>	<b>50,138</b>	<b>100</b>	<b>219,22</b>	<b>100</b>

TABLA DE SURF DE CUNA A PUERTA (1 ud. CICLO EQUILIBRADO)

TABLA DE SURF	CONSUMO ENERGÍA (MJ)	CONSUMO ENERGÍA (%)	GWP (Kg CO <sub>2</sub> eq.)	GWP (%)
PU	296,57	37,63	13,324	30,26
Resina Epoxy	339,13	43,05	22,240	50,45
Fibra de vidrio	43,86	5,57	2,593	5,7
Resto	108,26	13,74	5,862	13,31
<b>TOTAL</b>	<b>787,84</b>	<b>100</b>	<b>44,020</b>	<b>100</b>

## 2.4 ACV TABLA DE SURF

Se comienza el análisis de los resultados obtenidos por el producto: Tabla de surf convencional.

Como anteriormente se ha especificado, se realizan varios análisis previos de una unidad y lotes de 10 ud para finalmente obtener unos más ajustados a la unidad funcional ya que algunos procesos son realizados simultáneamente para varias unidades de producto.

Por tanto se tomará como resultados más ajustados para una ud de producto los obtenidos con el ciclo equilibrado, tanto para el ciclo completo como para el análisis realizado de la cuna a la puerta.

En el ACV completo resulta de interés conocer el consumo energético y el GWP generado en las diferentes fases del mismo que dividimos en: obtención de materias primas y fabricación, uso del producto, transportes realizados a lo largo del ciclo completo, y el fin de vida del producto.

De dicho modo, se puede observar que es la obtención de materias primas y fabricación la fase que concentra la mayor parte del impacto del ciclo de vida del producto con **43.37 kg de CO<sub>2</sub>** emitidos por tabla de surf a la atmosfera, suponiendo un **86,5%** del total.

En cuanto al consumo energético, tanto de energías renovables como no renovables concentran el **99,75%**. Destaca en este caso específicamente que el fin de vida del producto, basado principalmente en la incineración de los materiales por su imposibilidad de reutilización o reciclaje, genera un **6,5%** del consumo energético utilizado a lo largo de su fabricación y vida útil.

En cuanto al precio (€) de la tabla se concentra principalmente en la obtención de materiales y fabricación, aunque destaca a su vez el precio acumulado del transporte ya que resulta elevado, al igual que las emisiones y el consumo energético del mismo. Esto es debido a la larga distancia que deben recorrer en su mayoría los materiales del centro de origen al centro de fabricación (2000 km por transporte terrestre).

Otro de los aspectos a tener en cuenta es nulo impacto que supone la fase de uso del producto tanto en consumo energético como en emisiones de CO<sub>2</sub>. Se conoce la emisión de las partículas de BPA al agua marina por la utilización de las resinas epoxy en su fabricación, sin embargo suponen un porcentaje demasiado bajo como para ser tenidos en cuenta en comparación al impacto generado en la fabricación del producto y la obtención previa de las materias primas.

En vista de que el mayor impacto del producto es generado en la fase de obtención de materias y fabricación del producto se toma la decisión de realizar el análisis de la cuna a la puerta para poder ajustar el origen del dicho impacto y consumo energético.

De dicho análisis se puede extraer el elevado impacto en el medio que se genera de la utilización de la resina epoxy como catalizador de las fibras y del medio de material compuesto. Sin embargo las fibras de vidrio no suponen un grado demasiado elevado en el mismo.

Deberá ser tenido en cuenta dicho análisis para la posible propuesta de mejora siguiendo el proceso del ecodiseño del producto ya que para conseguir un eco producto funcional los principales cambios deberán ser aplicados los materiales compuestos que conforman el producto, desde el núcleo de poliuretano, las fibras utilizadas y el tipo de resina seleccionada.



# FASE 3

PROPUESTAS DE MEJORA ECO EFICIENTES

## 3.1 ECO MATERIALES

El objetivo de este apartado es la generación de una base de datos para su utilización en la metodología que se planteara posteriormente.

Los materiales compuestos de fibras naturales se tienen en cuenta como materiales sostenibles debido a que están compuestos de fibras naturales, integradas con una matriz polimérica. Taneli Väisänen y Oisiki Das en su artículo acerca de los biomateriales para compuestos de fibras y polímeros realizan una aproximación interesante y comparación con otros materiales convencionales que analizamos a continuación.<sup>15</sup>

Éstos materiales compuestos, NFPCs (Natural Fiber-Polymer Composites), fabricados con termoplásticos no degradables no pueden ser tratados como compuestos orgánicos debido a su incapacidad de descomposición autónoma, sin embargo, cuentan con un sistema de reciclado sencillo comparado con los materiales convencionales. Aquellos NFPCs cuya matriz esté compuesta por un polímero termoestable sí que podrán ser considerados como productos orgánicos debido a su posibilidad de degradación propia óptima.

Analizamos un poco más a fondo los materiales compuestos fabricados de fibras naturales y biopolímeros, y los componentes que forman parte de su fabricación.

### 3.1.1 FIBRAS NATURALES

Esta tipología de materiales pueden ser clasificadas según su origen, pudiendo encontrar fibras animales, naturales o minerales. Sus componentes principales son celulosa, lignino o hemicelulosa. La celulosa es el principal componente de éstas fibras que le confiere además la resistencia y estabilidad a los productos fabricados con dichos materiales; la hemicelulosa contribuye su vez a la estructura final de la fibra natural.

Algunas de las especies naturales utilizadas en la obtención de fibras son las siguientes<sup>16</sup>:

#### - Bambú

Dispone de una elevada resistencia y estabilidad a los cambios térmicos. Son comúnmente utilizados en la fabricación de muebles, componentes de automóviles o tablas de surf.

#### - Fibra de coco

La fibra del coco es extraída de la cáscara exterior del fruto, por lo que se considera material cuyo origen es una semilla. Se trata de un material resistente al agua y a las posibles afecciones por la salinidad. En función del momento de recolección del fruto se consigue una fibra lisa y flexible (coco verde) o fibra marrón, rígida y resistente (coco maduro).

#### - Lino

Las fibras de lino son fácilmente entretejidas junto a diferentes tipos de tejidos que son comúnmente utilizados para la fabricación de materiales compuestos con propiedades mecánicas diversas, mejorando las funciones de éste conjunto. El lino es uno de los materiales más económicos y pueden suponer una seria competencia para los materiales convencionales.

#### - Cáñamo

La fibra extraída del cáñamo tiene su origen en las plantas de la familia del cannabis. Son ampliamente utilizadas en el sector textil y la industria papelera. Dispone de alta resistencia y la solidez ante los efectos del agua marina.



Fig. 15 Fibras naturales.

15- Väisänen, Taneli., Das, Oisiki., Tomppo, Laura, (2017) A review on new bio-based constituents for natural fiber-polymer composites, *Journal of Cleaner Production*, 149, 582-596.

16- Shekar HS<sup>a</sup>, Sharath<sup>a</sup>, Ramachandra<sup>a</sup>, M., (2017), *Green Composites: A Review*, *Science Direct*, 1-8.

## 3.1 ECOMATERIALES

### 3.1.2 BIOPOLÍMEROS

La utilización de polímeros en la fabricación de materiales compuestos resulta imprescindible, sin embargo pueden encontrarse determinados materiales poliméricos cuyo origen y deshecho sea más responsable con el medio ambiente que los convencionales y más extendidos en el mercado.

Los polímeros de recursos renovables pueden ser clasificados en tres grupos: polímeros naturales (almidón y celulosa), polímeros sintéticos de monómeros naturales como ácido poliláctico (PLA) o polímeros de fermentación microbiana como Ácido polihidroxidobutírico (PHB).

Analizamos algunos de los más comunes<sup>17</sup>:

#### - Ácido Poliáctico (PLA)

El PLA es uno de los biopolímeros con mayor disponibilidad y con alto punto de fusión (160°C), pudiendo ser procesados a temperaturas similares que el polipropileno, permitiendo a condiciones que procesan similares a aquellos empleados para el polipropileno. Además cuenta con altas propiedades mecánicas.

#### - Poliésteres

Los materiales poliésteres incluyen poly-hidroxicarbonatos y es producido sintéticamente por reacciones de condensación. Es común su aplicación en materiales para usos médicos como implantaciones, suturas e injertos.

#### - Almidón

Uno de los principales orígenes del almidón es el maíz pero también puede ser extraído de la patata, el trigo y el arroz. Sus dos principales desventajas son la solubilidad de agua y pobres propiedades mecánicas. De ahí, este polímero es satisfecho a usos donde la durabilidad de largo plazo no es necesaria y donde la degradación rápida es ventajosa. A menudo es procesado como espuma siendo una alternativa viable a materiales convencionales como el poliestireno (PS).

### 3.1.3 NÚCLEOS ECOLÓGICOS<sup>18</sup>

Existen gran amplitud de materiales que pueden actuar como núcleos, sin embargo éstos se verán condicionados por las características mecánicas a las que el producto se vea requerido.

Los ejemplos cuyo impacto sobre el medio es inferior son núcleos de madera de balsa o corcho, obtenidos directamente de la naturaleza y cuyas funciones pueden ser atractivas para productos de decoración o de requerimientos mecánicos inferiores ya que las propiedades de los mismos son muy bajas comparadas con los núcleos sintéticos. Otras de las desventajas de estos materiales es el bajo punto de inflamabilidad y la elevada capacidad de absorción de agua y humedad, además de su densidad, superior a algunos componentes poliméricos.

Por otra parte se encuentran los núcleos de polímeros que por su composición se han producido a base de material reciclado o con la adición de materiales naturales consiguiendo la reducción del consumo de petróleo para ello y por tanto disminuyendo la huella de carbono generada para su fabricación. La reutilización y reciclado de las espumas EPS se encuentra en crecimiento y se trata de una de las grandes mejoras para la producción de nuevos productos y reducción de residuos no orgánicos generados.

Algunos de los fabricantes de núcleos reciclados óptimos para la utilización en los productos ecológicos de tipología deportiva son Green Foam o Marko Foam.

Será necesario conocer previamente las composiciones de dichos materiales para poder incluir sus datos técnicos en el software de ACV si se desean añadir a la fabricación de los Eco productos.

<sup>17</sup>- Shekar HS<sup>a</sup>, Sharath., Ramachandra <sup>a</sup>, M., (2017), *Green Composites: A Review*, Science Direct, 1-8.

<sup>18</sup>- La Rosa, Angela Daniela., Recca, Giuseppe, Summerscales, John.,(2014) *Bio-based versus traditional polymer composites. A life Cycle assesment perspective*. *Journal Cleaner Production*, 74, 135-144.

## 3.2 ANÁLISIS MECÁNICO

Como parte fundamental dentro del desarrollo del rediseño de un producto deportivo de materiales compuestos se realiza un estudio mecánico del producto sometido a las condiciones de uso más desfavorables con el objetivo de comprobar los resultados obtenidos con los materiales convencionales y de los materiales eco.

Se realiza un primer análisis mecánico de flexión para los materiales convencionales, para el cual se aplican 150 kg de fuerza en la zona destinada para el uso por parte del usuario. Esto nos permitirá someter al producto a su utilización en un caso extremo.

Se realiza posteriormente otro ensayo, en este caso de torsión, con los mismos materiales, con el fin de comprobar el comportamiento real de la tabla en un caso extremo de uso.

En este caso se aplica una sujeción en la zona trasera del producto y se ejercen fuerzas inversas en la zona delantera de la tabla de 100 kg. De este modo conseguimos someter al producto a unas condiciones que pueden ser similares a las de su utilización.

Analizamos los resultados de tensión MAX soportada por el núcleo PUR y el Factor de Seguridad (FDS) que es capaz de soportar el conjunto.

		TABLA CONVENCIONAL	TABLA ECO
ANÁLISIS FLEXIÓN	Núcleo Von Mises	0,103 MPa	0,16 MPa
	FDS Tsai-Wu	7,6	2,24
	Desplazamiento	5,47 mm	9,38 mm
ANÁLISIS TORSIÓN	Núcleo Von Mises	0,000134 MPa	0,00151 MPa
	FDS Tsai-Wu	1,2	0,25
	Desplazamiento	3,84 mm	37,24 mm

Tras estudiar los resultados obtenidos en el análisis mecánico podemos corroborar que el material seleccionado (fibra de lino) es óptimo para portar los requisitos mecánicos a los que se ve obligado a soportar durante su uso.

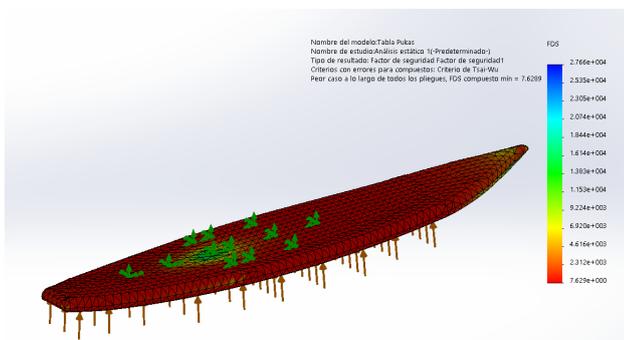
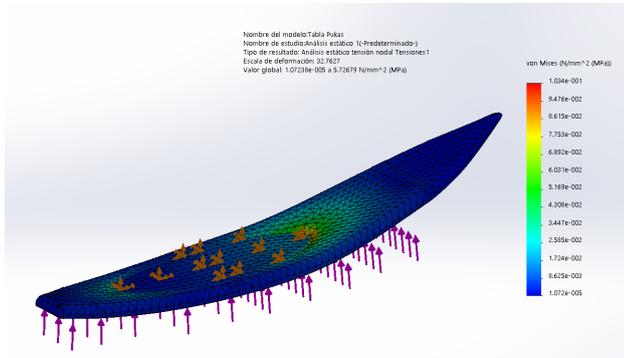
En ninguno de los resultados se supera el límite elástico de los materiales por lo que no sufrirá rotura.

Las tablas de materiales eco sufrirán más que los productos convencionales debido a las propiedades mecánicas inferiores, por lo que se verá necesario incluir una serie de restricciones límites de uso.

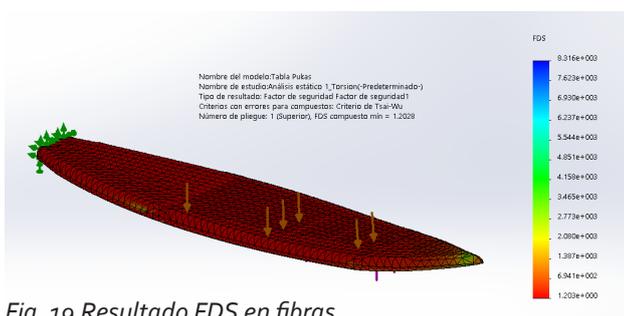
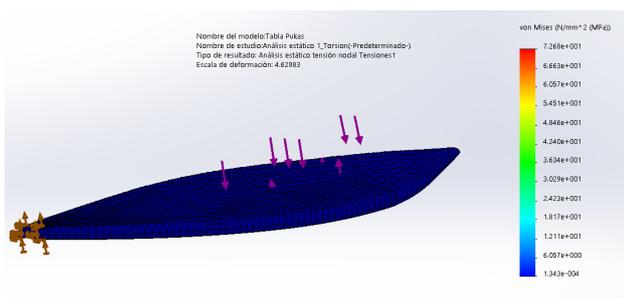
El resto de resultados y análisis completos se encuentran en el Anexo 1, apartado 3.4.

# 3.2 ANÁLISIS MECÁNICO

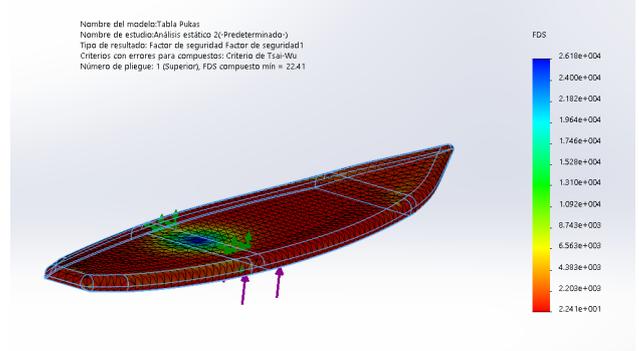
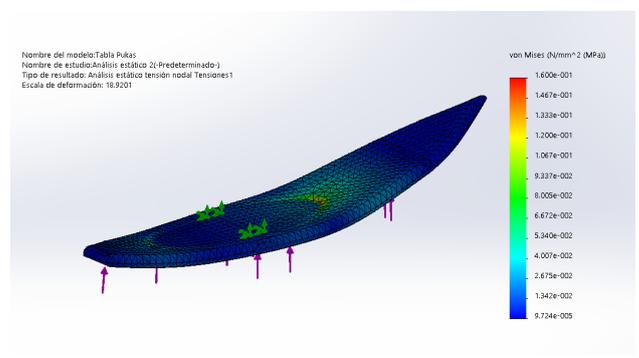
## ANÁLISIS ESTÁTICO TABLA CONVENCIONAL



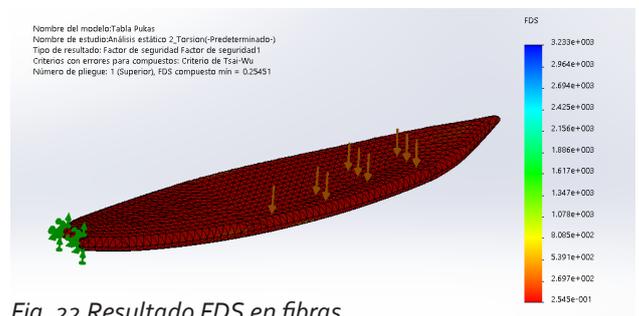
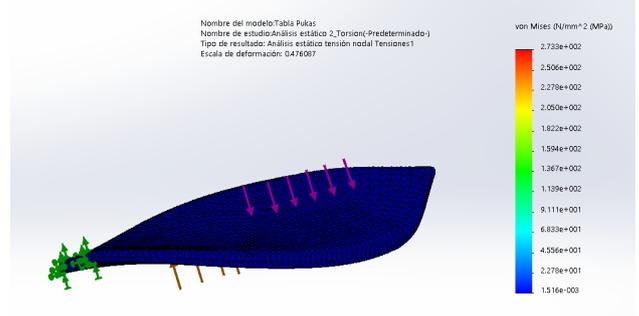
## ANÁLISIS ESTÁTICO TABLA ECO



## ANÁLISIS ESTÁTICO TABLA ECO



## ANÁLISIS TORSIÓN TABLA ECO



## 3.3 PACKAGING SOSTENIBLE

Uno de los aspectos que no pertenece a los procesos de obtención de materiales y fabricación de los productos, (por lo tanto, no se incluye en los análisis de la puerta a la cuna), es el embalaje de los mismos.

Los conceptos de embalaje de producto dependen de su tipología y tipo de transporte ya que dependiendo de su tamaño o forma física podrá ser enviado en packs de varios productos o de forma individual. Esto lo analizaremos más adelante con el objetivo de conseguir la mayor optimización de los embalajes de producto.

El aumento de la concienciación sobre el medio ambiente conlleva tener en cuenta todos aquellos aspectos que conciernen al producto y forman parte de él. El embalaje es uno de ellos y en ocasiones puede suponer un aspecto clave en el momento de decisión de compra del producto por parte del cliente.

Para los eco productos se realiza una propuesta de embalaje acorde con la tipología de producto y continuando la línea de respeto con el medio ambiente. El packaging sostenible se ha incrementado como opción en el mercado durante los últimos años de forma considerable. Los principales factores a cumplir por un embalaje sostenible deberán ser los siguientes.

- Reducción de la cantidad de materiales y variedades utilizadas.
- Optimización logística, permitiendo un transporte eficiente de los bienes.
- Posibilidad real de reutilización y/o reciclado de los materiales.
- Utilización de recursos renovables en el empaquetado.
- Reducción de los desechos generados al finalizar su vida útil.
- Aplicación de materiales biodegradables en la producción de los embalajes.
- Evitar la utilización de materiales tóxicos para humanos o el medio ambiente.

### **3.3.1 EMBALAJE - MARKETING**

Otro aspecto relevante del embalaje es el marketing y el valor añadido que aporta al producto en conjunto, ya que puede suponer un aspecto clave en la decisión de compra del cliente en detrimento de otros productos de la misma tipología.

Los embalajes tradicionales están perdiendo paulatinamente predominio en beneficio de un packaging más atractivo y en armonía con el producto que se encuentra en su interior.

En el caso de los productos de ecodiseño será recomendable reforzar la idea de la protección del medio ambiente por medio del embalaje. Un medio para conseguir dicho objetivo podría ser la utilización de materiales reciclados y/o reutilizables para la producción del embalaje, además de la información específica y fácilmente visible para el cliente del origen de los materiales de envasado y del contenido.

### **3.3.2 PROPUESTAS EMBALAJE - TRANSPORTE**

Existen dos opciones principales que dependerán del tamaño y forma del producto.

- **Embalaje unitario:** Específico para productos de envíos especiales por su gran tamaño. Algunos de estos productos como las piraguas o las tablas de surf de gran tamaño se transportan sin un sistema de embalaje definido; en otros casos se establecen una protección individual que puede ser reutilizado.

- **Embalajes de líneas de flujo continuo:** Determinado para producciones de determinados productos se realizan en masa. Para ello la mejor solución es el sistema de flujo por KLT en el cual se adquieren una serie de cajas (KLT) de PP, en cuyo interior se almacena el contenido deseado y se reutilizan en cada envío de productos. Cuenta con una vida útil muy elevada al contrario que otros tipos de embalajes analizados, además de tratarse de un material reutilizable si se lleva a cabo un reciclado del mismo.

## 3.4 MARKETING Y VENTAS

Una de las ventajas de los avances tecnológicos y la aparición de internet y las redes sociales es la facilidad de promoción y de sensibilización en un gran público homogéneo y potencial usuario de los productos de diversas categorías.

En la actualidad la publicidad online es cada vez más frecuente, siendo incluso capaz de generar aquellos anuncios de los cuales puedas estar interesado por búsquedas recientes o conversaciones en redes sociales como Facebook o Whatsapp. Además de ello, la facilidad que ha supuesto a los productores y comerciantes de estos productos a la hora de acceder a un gran mercado a través de la promoción y venta online es muy superior a la que existía hace apenas 15 años.



Fig. 23 Web promoción productos deportivos.

Este hecho ha permitido reducir el consumo de soportes físicos como panfletos o flyers, anuncios publicitarios, revistas, etc. que servían como promoción de los productos.

Otro de los aspectos más importantes y que más influyen en el mercado a los clientes potenciales de diferentes gamas de productos es el packaging y forma de muestra que se exhibe en el punto de venta del producto.

Es por ello que en un producto denominado ecológico, dicho packaging debe ser acorde con las ideas y valores que se desea transmitir al cliente y que contiene implícito.

Esta coherencia que se refuerza por el packaging y el aspecto visual del producto supone un impor-

tante valor añadido en el momento de decisión de compra sobre un producto u otro.

<sup>19</sup> Ester Sanyé argumenta en el estudio realizado acerca del rediseño de un eco producto para el hogar, la importancia de la inclusión de la información de origen del producto y mantenimiento del mismo, con el objetivo de tener una influencia real en el consumidor, llegando a obtenerse una reducción en las cargas ambientales de hasta 93% durante su uso.

En el caso de los productos de materiales deportivos y como hemos podido observar en la fase anterior la fase de uso supone una carga ambiental prácticamente nula, sin embargo se considera una oportunidad importante la posibilidad de aprovechar la superficie de estos productos como un medio de información y promoción de los productos ecológicos.

En el caso de las tablas de surf, producto analizado a lo largo de este proyecto, cuenta con una gran superficie óptima para dicha promoción y sensibilización, en el que comúnmente se aplican diseños propios de las marcas de producción, o personalizados por los usuarios.

Como propuesta para el rediseño de este producto se valora la información de la reducción de emisiones y consumo energético del eco producto comparado con los productos convencionales, sin perder la estética y valor formal que debe ser importante para la atracción del usuario por el producto asimismo.

Otro modo de promoción de productos puede ser a través de clubs deportivos. Estos centros aglutinan a menudo grandes grupos de deportistas y pueden ser un nicho interesante de mercado con la oferta de promociones y descuentos, o establecimientos de renting.

19- Sanyé-Mengual, Esther., Pérez-López, Paula., González-García, Sara. (2014), *Eco-Designing the Use Phase of Products in Sustainable Manufacturing*, *Journal of Industrial Ecology*, Vol.18, Nº4, 1-13.

## 3.5 ICV ECO TABLA DE SURF

Realizaremos el ACV de 1 ud de tabla de surf ECO, mismo modelo que el analizado en la fase anterior para poder comparar posteriormente los resultados obtenidos, y que nos permitirá conocer aquellos parámetros que tienen un impacto relevante en la huella generada por el producto en el medioambiente.

Se estima la fabricación de una tabla convencional:

- **Tabla corta 5TXsurf (190,48cm x 49.5cm x 6,4cm).**

### **OBJETIVO DEL CÁLCULO**

Establecer una metodología genérica para el diseño o rediseño de productos de material deportivo fabricados de materiales compuestos que permita a los diseñadores la realización de un diseño y producción de material con mejores resultados ambientales y que reduzcan su huella de carbono en el medio ambiente.

### **CUANTIFICAR MATERIALES Y PROCESOS**

#### **1. Transporte de materiales**

El lugar de fabricación se ubicará en España y el lugar de origen de las materias primas, España, por lo que se contabilizará como un transporte de 500 km, excepto el núcleo de EPS que contará con un transporte superior de 2000 km.

#### **2. Materiales**

- Alma madera de balsa 0,20 kg
- Núcleo Poliestireno (EPS) material reciclado 2 kg
- Pintura acrílica libre VOCs (Ecolabel) 0,005 kg
- Vinilos decoración. PVC. 0,001kg
- Fibra de lino 9 m<sup>2</sup>
- Resina bio based (Super Sap) 5 kg.
- Tapón PP. 0,002
- Leash Tela+Poliuretano
- Pegamento 10 ml
- Laca 50 ml
- Cartón packaging

#### **3. Procesos**

- Mecanizado CNC base de PUR + láser + lijado + desbastado.
- Lijado y afinado manual.
- Pintado con aerógrafos.
- Impresión vinilos de decoración.
- Lijado/pulido final
- Lacado

#### **4. Embalaje y transporte a punto de venta**

Transporte unitario al lugar determinado por el cliente (o viceversa). Cartón + cinta embalaje.

#### **5. Promoción y venta**

Sin impacto.

#### **6. Uso**

Sin impacto.

#### **7. Desecho y reciclado**

Información de desecho especializado en puntos limpios.

Separación de núcleo con materiales compuestos. Incineración de material compuesto para recuperación de energía y material. Materias orgánicas emiten menor VOCs y consiguen una mayor degradación en el medio.

#### **8. Reutilización y reciclado**

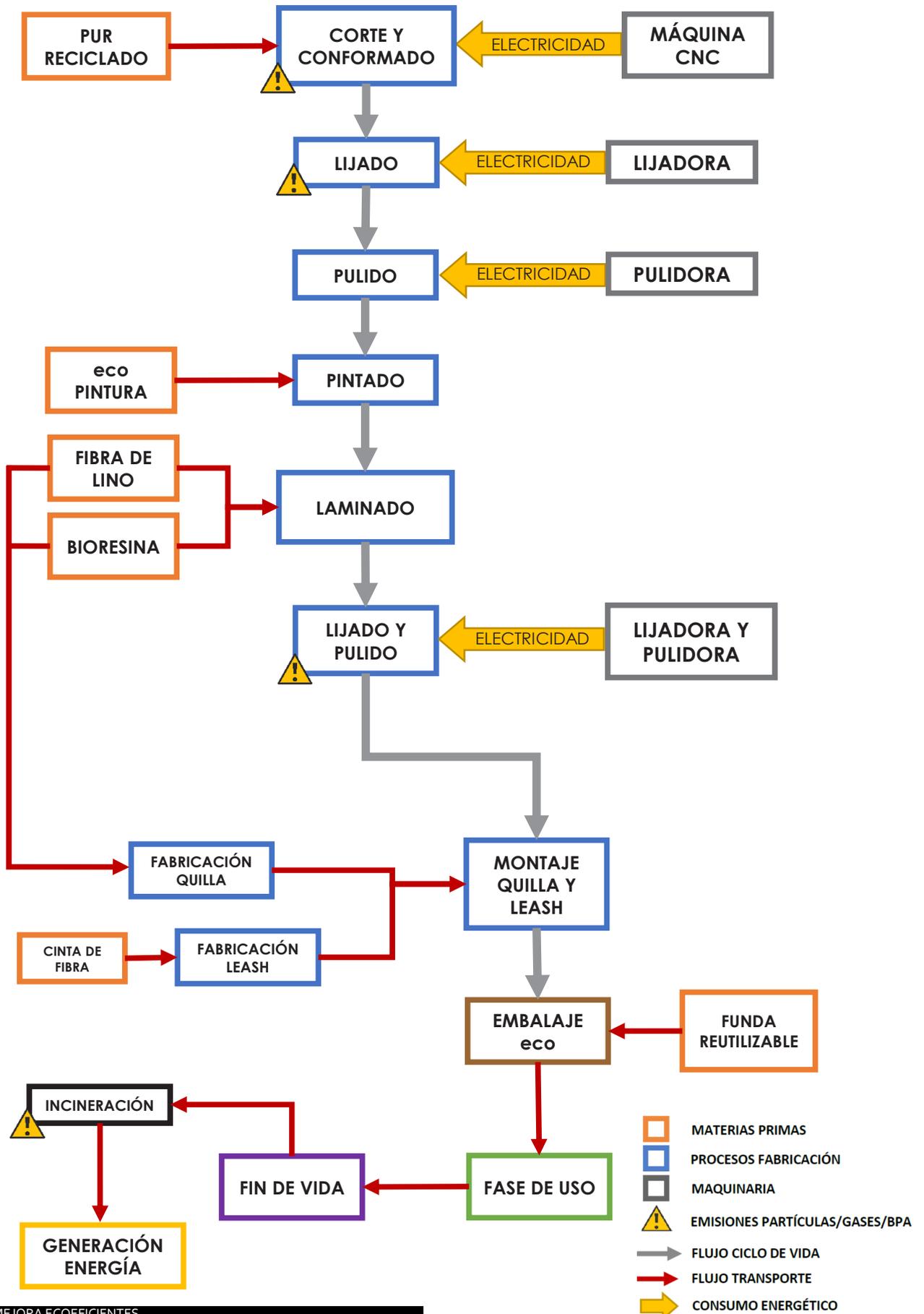
Incineración de material compuesto para recuperación de energía y material.

#### **9. Software**

Finalmente se toma la decisión de realizar los análisis de ACV a través del software GABI.

### 3.6 ACV ECO TABLA DE SURF

#### CICLO DE VIDA COMPLETO ECO TABLA DE SURF



## 3.6 ACV ECO TABLA DE SURF

Estimación de precios calculados para una ud de tabla de surf analizada.

TABLA DE SURF ECO <sup>20</sup>	CANTIDAD	PRECIO/UD	PRECIO TOTAL (€)	PROVEEDOR
PUR Reciclado	1 blank	64,1€/ud	64,1	Olatu
Resina Super Sap	5 kg	15,84 €/kg.	79,2	Entropy resins
Fibra de lino BD	9 m2	13,25 €/ m2	119,25	EasyComposites
Leash	1ud	30€/ud	30	Teccel
Quillas	2 uds	16€/ud	32	-
Electricidad Proceso prod.	23,4 Kwh	0,083€/Kwh	1,94	-
Mano de obra	12 h	8€/h	19,2	-
<b>TOTAL</b>			<b>345,69€</b>	

El precio de la mano de obra se calcula con el tiempo total de proceso del producto, y los datos obtenidos del BOA, teniendo en cuenta además, que un operario puede producir simultáneamente 5 productos, ya que el proceso más costoso es el del secado tras el shapeado y no necesita de ninguna manipulación.

En esta estimación de precio se incluyen los apartados de materias primas, así como consumos energéticos y manos de obra. Serán variables los aspectos de amortización de maquinaria, y transportes del producto hasta el cliente final, lo cual supondría un aumento del precio final.

<sup>20</sup> Varios Links. (Ver Bibliografía).

## 3.6 ACV ECO TABLA DE SURF

*ECOTABLA DE SURF (1 ud. CICLO EQUILIBRADO)*

<i>ECOTABLA DE SURF</i>	CONSUMO ENERGÍA (MJ)	CONSUMO ENERGÍA (%)	GWP (Kg CO <sub>2</sub> eq.)	GWP (%)	Precio (€)	Precio (%)
Obtención de materiales y fabricación	530,2	103,6	25,83	83,4	345,69	97,54
Uso	0	0	0	0	0	0
Transporte	24,76	4,83	1,83	5,9	8,4	2,37
Fin de vida	- 43,15	- 8,43	3,31	10,69	0,3	0,084
<b>TOTAL</b>	<b>511,81</b>	<b>100</b>	<b>30,968</b>	<b>100</b>	<b>354,39</b>	<b>100</b>

*ECOTABLA DE SURF DE CUNA A PUERTA (1 ud. CICLO EQUILIBRADO)*

<i>ECOTABLA DE SURF</i>	CONSUMO ENERGÍA (MJ)	CONSUMO ENERGÍA (%)	GWP (Kg CO <sub>2</sub> eq.)	GWP (%)
EPS/PU	172,2	31,2	7,7	32,9
BioResina	152,7	27,7	10,1	42,9
Fibra de lino	142,4	25,8	1,9	8
Resto	84,4	15,3	3,8	16,1
<b>TOTAL</b>	<b>551,8</b>	<b>100</b>	<b>23,5</b>	<b>100</b>

## 3.6 ACV ECO TABLA DE SURF

Se analiza posteriormente los resultados obtenidos de la tabla de surf ECO.

La metodología de procedimiento para la realización de los análisis ha sido la misma que la realizada en la fase anterior para los productos convencionales; se realizan varios análisis previos de una unidad y lotes de 10 ud para finalmente obtener unos más ajustados a la unidad funcional ya que algunos procesos son realizados simultáneamente para varias unidades de producto.

En el ACV completo resultará de interés conocer el consumo energético y el GWP generado en las diferentes fases del mismo que dividimos en: obtención de materias primas y fabricación, uso del producto, transportes realizados a lo largo del ciclo completo, y el fin de vida del producto.

Se observa que la obtención de las materias primas y fabricación sigue siendo la fase de mayor impacto del ciclo de vida, generándose una emisión de **30,97 kg de CO<sub>2</sub>**, suponiendo un **83,4 %** del total y produciendo una reducción de hasta **12,4 kg de CO<sub>2</sub>** en comparación con el producto convencional.

El consumo energético, tanto de energías renovables como no renovables concentran el **103,6%**. En este caso específicamente el fin de vida del producto, basado principalmente en la incineración de los materiales para la obtención de energía, genera un **8,43%** del consumo energético utilizado a lo largo de su fabricación y vida útil. Parte superior a la obtenida en relación a la total del análisis de la tabla convencional. Además de ello, los materiales utilizados para la fabricación de este producto cuentan con una capacidad de degradación superior en caso de no ser deshechados de forma correcta.

En cuanto al precio (€) de la tabla se concentra principalmente en la obtención de materiales y fabricación, del mismo modo que en las tablas convencionales, sin embargo se produce un aumento considerable del precio final del producto (**+130€**), ya que el precio de los materiales eco es más elevado, además del aumento de las cantidades de materias primas como el caso de las fibras de lino. El precio añadido correspondiente al transporte de los materiales y el fin de vida es muy variable ya que depende de la localización de los proveedores, aunque se mantiene constante.

La fase de uso supone un impacto nulo al igual que para los productos convencionales, además de conseguir reducir considerablemente la emisión por de BPAs por la utilización de bioresinas en sustitución de resinas epoxy, fabricadas en base a materiales biológicos. Por lo tanto, siguen siendo un porcentaje demasiado bajo como para ser tenidos en cuenta en comparación al impacto generado en la fabricación del producto y la obtención previa de las materias primas.

Para poder obtener una compración real de los valores obtenidos en el ciclo de vida se realiza, al igual que en la fase anterior el análisis de la cuna a la puerta para comprobar la eficacia de la sustitución de los materiales propuesta a lo largo de esta fase.

La utilización en el proceso de fabricación de la bio resina supone la emisión de menos de la mitad de Kg CO<sub>2</sub> a la atmósfera que el producto convencional; siendo **7,7 Kg** el valor obtenido. De un modo similar sucede con los valores obtenidos de emisión de las fibras de lino y el EPS utilizado para el núcleo del producto.

Un dato a tener en cuenta es la energía utilizada en la obtención de las fibras de lino ya que resulta superior a la necesaria para la producción de la cantidad de fibras de vidrio necesaria para las tablas de surf convencional; **142,4 MJ** en contra de **43,86 MJ** respectivamente. Sin embargo el valor total de energía necesaria para el ciclo de cuna a puerta es inferior para la tabla eco.

## 3.7 CONCLUSIONES ACV

Tras la conclusión de los análisis y haber obtenido unos resultados de los ACV cuantificables será posible extraer una serie de conclusiones de la fase actual que servirá de base para la cumplimentación de la metodología en la fase siguiente.

En el desarrollo de un rediseño de material deportivo ecológico será necesario realizar diversos pasos previos al establecimiento del ICV y ACV del producto. Entre ellos se destaca una investigación exhaustiva de los posibles productos sucedáneos que se podrían proponer como sustitutivos de los materiales convencionales, así como la realización de un estudio mecánico de estos nuevos materiales para comprobar sus propiedades con la aplicación de los requerimientos de uso del producto.

Además de ello se deberán tener en cuenta otros aspectos como el packaging responsable del producto, la influencia del marketing en las ventas de este tipo de productos ecológicos.

Previo a llevar a cabo los correspondientes ICV y ACV de los productos eco se realizarán las propuestas de rediseño de los productos que pueden afectar únicamente a las materias primas, por tipo de producto u origen, reduciendo su consumo por transporte, los procesos de fabricación por unos menos agresivos con el medio o la implantación de un nuevo método de packaging, incluso de reciclado y fin de vida del producto.

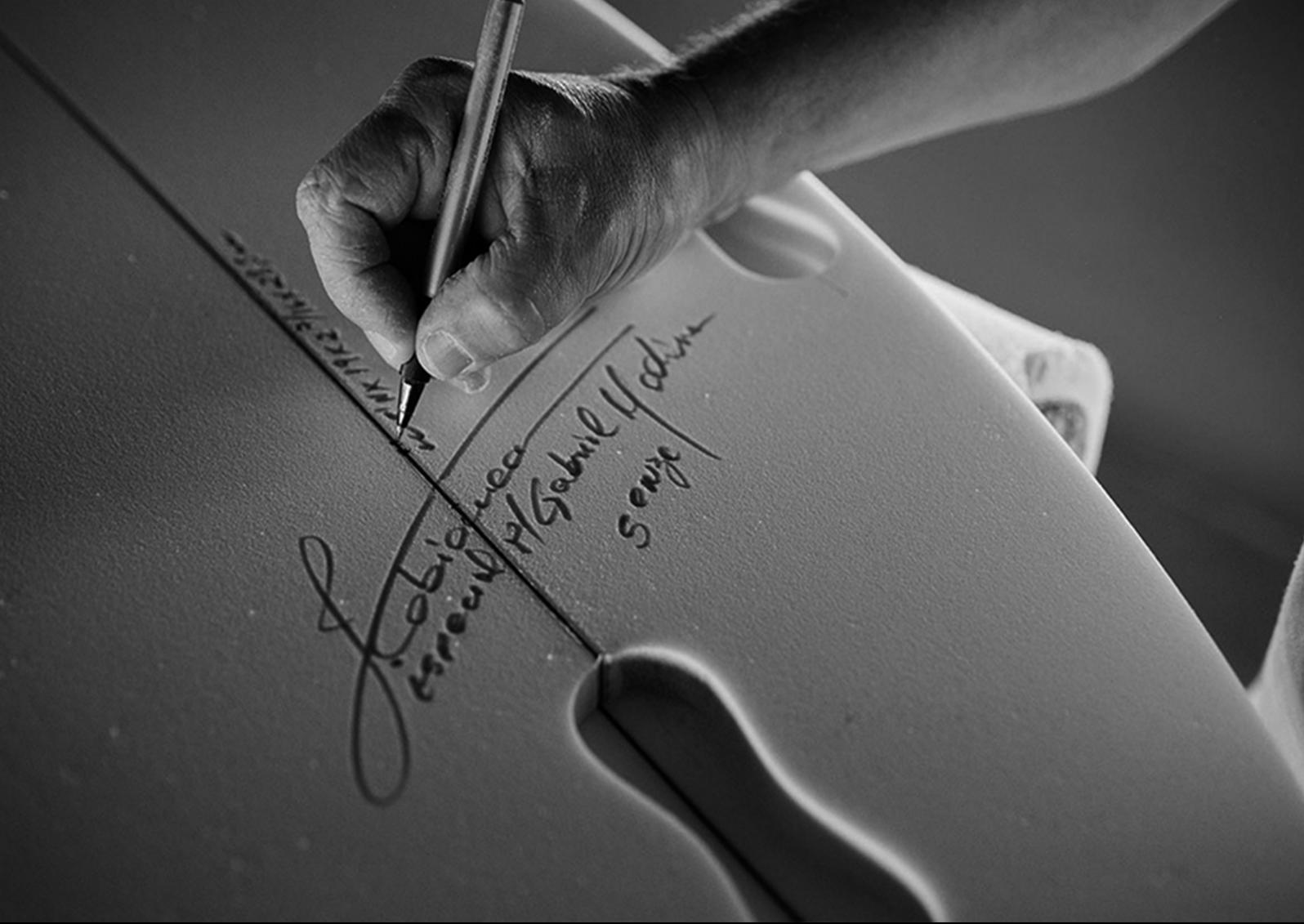
Se debe realizar los ACV en las mismas condiciones y análisis de resultados posterior para poder llevar a cabo las comparaciones entre las versiones de productos convencionales y eco.

En cuanto a los análisis realizados para los productos que se llevan a cabo a lo largo de este proyecto, se comprueba la eficacia de la aplicación de los nuevos materiales ecológicos con los que se consigue una reducción considerable de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera por unidad de producto fabricado.

En caso de no haber llegado a un resultado satisfactorio deberá establecerse un plan de acción para comprobar a qué es debido dicho factor desfavorable en los resultados de los ACV y realizar los cambios pertinentes si son factibles para llevar a cabo el rediseño deseado. Dicho proceso se especificará en la fase posterior.

En esta fase se dan por concluidos los análisis realizados a los productos de tipología de material deportivo con materiales compuestos con resultado satisfactorio. Para obtener los certificados de eco-producto se deberán llevar a cabo los pasos pertinentes descritos en la normativa de la fase 1.

En la fase posterior se planeará una metodología genérica para el rediseño ecológico de estos productos en base a la experiencia adquirida y las diferentes investigaciones llevadas a cabo a lo largo de este proyecto.



# FASE 4

PROPUESTA METODOLOGÍA DE ECODISEÑO

# 4.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

## FASE 1A: Análisis e Investigación

El comienzo de cualquier análisis de ciclo de vida para el rediseño de un producto surge de la detección de una necesidad en la sociedad, o el descubrimiento de un nicho en el mercado. La tipología de productos deportivos de materiales compuestos cuenta actualmente con estas oportunidades y una gran cantidad de productos susceptibles para realizar un rediseño para su conversión en ecoproductos.

A partir de dicho comienzo, se pone en marcha la metodología desarrollada a lo largo de este proyecto.

### Definición de objetivos

El primer apartado de la metodología será uno de los puntos claves del proyecto, ya que será importante ser conscientes en este punto inicial del objetivo principal que se desea conseguir con este ACV destinado para el producto deportivo. En función de estos objetivos se establecerá el tipo de análisis a realizar y las metodologías a llevar a cabo, ya que no en todos los casos será necesario analizar la totalidad del ciclo de vida.

Los diferentes tipos de objetivos que pueden surgir en el proceso de ecodiseño pueden ser:

- Homologación de EcoProducto.
- Promoción y adecuación al mercado de producto.
- Sustitución de materias primas convencionales.
- Reducción de consumos energéticos.
- Análisis de emisiones en procesos productivos.
- Innovación en Fin de Vida del producto.
- Otros.

En el caso de los dos primeros mencionados, es necesario la realización completa del ACV, (Ciclo de la cuna a la tumba) para poder conseguir obtener un alcance mayor del rediseño a todos los aspectos que intervienen en el producto deportivo. En el resto, a pesar de ser aconsejable para tener una idea global del mismo, no será necesario, ya que con la realización de un ciclo de cuna a puerta será suficiente.

### Normativa aplicable

A nivel europeo la normativa ISO se encarga de regular las diferentes metodologías de ACV a través de diferentes normativas que recogen una serie de pasos de obligado cumplimiento para la realización de un ACV efectivo y conseguir la homologación posterior de un ecoproducto. Éstas son:

- ISO 14040 (1997)
- ISO 14041 (1998)
- ISO 14042 (2000)
- ISO 14043 (2000)

En algunos países existen además normativas locales aplicables a este tipo de proyectos.

Será necesario tener en cuenta además las normativas y especificaciones técnicas de los materiales, y del deporte al que se destine el producto concreto, ya que existen en la mayoría de casos restricciones sobre el aspecto formal, dimensiones, pesos, superficies, e incluso materiales restringidos.

### Metodología ACV

La metodología seleccionada para llevar a cabo proyectos de esta tipología será a través de software específico y CML 2001 o IMPACT 2002+. Éstas metodologías cuentan con los indicadores básicos para la realización de un ACV de materiales compuestos. Se seleccionarán aquellos que según los objetivos marcados al comienzo del proyecto se consideren fundamentales para el análisis final.

Como indicadores básicos se proponen:

- Emisión kg CO<sub>2</sub> eq.
- Consumo energético renovables y no renov. (Kwh).

Otros pueden ser:

- Acidificación
- Eutrofización
- Toxicidad humana
- Ecotoxicidad agua/suelo
- Uso de recursos

# 4.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

## Requerimientos del producto

Otro de los puntos claves del proyecto consiste en la recopilación de la información necesaria para el diseño y fabricación de un producto deportivo convencional similar al que se desee realizar el rediseño.

Principalmente será necesario disponer de la información relacionada con los requerimientos físicos y mecánicos que debe soportar el producto por su uso, así como necesidades ergonómicas.

Las necesidades de los usuarios para la práctica del deporte, fundamentales para el aspecto formal y funcional del producto, así como las necesidades de los productores, y temas logísticos, como fin de vida actual de los productos de materiales compuestos.

El deporte como eje fundamental dentro del entorno social y su influencia en los usuarios y el medio que les rodea permitirá poder ser conscientes de mayor manera de los problemas ecológicos que suponen la fabricación de estos productos.

Sin embargo los factores que suponen un mayor impacto en la huella de carbono del producto son los materiales y procesos de fabricación por lo que se propone la realización de una base de datos propia de materiales y procesos convencionales, en la que se recojan los siguientes aspectos:

De los tipos de materias primas: Núcleos, fibras, resinas, aerosoles, etc.:

- Propiedades mecánicas.
- Emisiones y reciclaje.
- Logística y transporte.
- Precio final de materias primas.

De los procesos de producción: Procesos de conformado, de laminado, de horneado, etc.:

- Maquinaria específica.
- Consumo energético.
- Tiempo de proceso.
- Gestión de residuos.
- Emisiones generadas.

Para obtener toda esta información resulta interesante conseguir el testimonio real de varios deportistas de diferentes niveles, así como de varios productores / proveedores, con el objetivo de poder contrastar la información. Esto permitirá poder agilizar posteriormente el Inventario de Ciclo de Vida (ICV).

En este punto deben realizarse propuestas de posibles mejoras de rediseño formal o funcional. Este aspecto no se incluye dentro del proceso de ACV aunque puede formar parte del proyecto global de ecodiseño con diferentes propuestas.

## 4.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

### FASE 1B: Metodología y software

Para llevar a cabo el análisis del ciclo de vida del producto de manera efectiva será necesaria la aplicación de un software específico.

Proponemos la utilización de GABI, que cuenta con diferentes versiones de uso según el tipo de proyecto a realizar, además de extensiones adicionales de bases de datos de materias primas para añadir materiales específicos.

GABI ofrece posibilidad de realizar diferentes análisis ACV, LCC, LCWT, además de contar con una interfaz visual del ciclo y permitir la modificación rápida de los parámetros y la inclusión y reutilización de diferentes flujos y planes en un solo proyecto.

Existen otros software similares como pueden ser GRANTA o SIMAPRO, que ofrecen funciones similares.

Resulta conveniente realizar una comparación de la base de datos propia realizada en la fase anterior (1A), con la base de datos de materias primas del software para verificar el correcto funcionamiento del programa. En el caso de que no se encuentren aquellos elementos específicos, ya sean materias primas, elementos de transporte, flujos de emisiones o de energía, será necesario adquirir la extensión concreta de materiales en la que se encuentre.

Este tipo de software es técnico, y muy específico de análisis de ACV para profesionales, por lo que si no se ha utilizado ningún programa similar anteriormente, se recomienda hacer uso de los tutoriales que existen en el portal web con el que se podrán aprender y explorar las múltiples posibilidades que ofrece el programa y como utilizarlo de manera óptima para el mejor aprovechamiento en las fases posteriores del proyecto.

El objetivo final es ser capaz de conocer aquellos indicadores que se requieren analizar en el proyecto por sus objetivos marcados al comienzo y proceder a llevar a cabo el ICV y ACV para extraer los resultados.



Fig. 24 Logo GABI.



Fig. 25 Logo GRANTA



Fig. 26 Logo SIMAPRO.

# 4.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

## FASE 2: Análisis convencional y propuestas ECO

### Recopilación ICV

El comienzo del análisis de ACV comenzará con la preparación del Inventario de ciclo de vida del producto (ICV) en el cual se deberán recopilar todos los datos relevantes del producto que afecten a lo largo de su ciclo de vida de una u otra forma. Toda la información analizada y preparada durante la primera fase deberá servir como base para la preparación de dicho ICV. La propuesta que se realiza es la siguiente.

- Objetivo inicial
- Materias primas
- Transporte
- Procesos de fabricación
- Packaging
- Promoción + Ventas
- Uso
- Fin de vida

En cuanto a los materiales se debe recopilar la información referente a 1ud de producto, material específico, características técnicas (aportadas por la base de datos de materias primas) y cantidad utilizada.

Los procesos de fabricación indicarán el tiempo de uso para la fabricación de 1ud de producto, además del consumo energético generado por cada uno de los procesos.

El transporte recopilará una estimación de los diferentes movimientos relativos a las entradas de materias primas, así como la salida del producto al finalizar su producción o llegada al punto limpio de deshecho.

Esta tipología de productos de material deportivo tiene un impacto en uso del producto muy bajo, pero debe ser tenido en cuenta debido a posibles emisiones o consumos (ej. productos de uso en medio acuático)

Este documento debe servir de guía en la confección del ciclo en el software, ya que contempla todos los aspectos de entradas, salidas y flujos que intervienen en el ciclo.

### Configuración ACV

Se realizará la configuración del ciclo de vida en el software seleccionado. Para ello se tienen en cuenta todos los aspectos inventariados en el ICV.

Al comienzo del software se define el tipo de metodología a utilizar, y se incluyen los diferentes hitos del ciclo del producto, entradas, salidas y diferentes flujos que participan en el ciclo de vida.

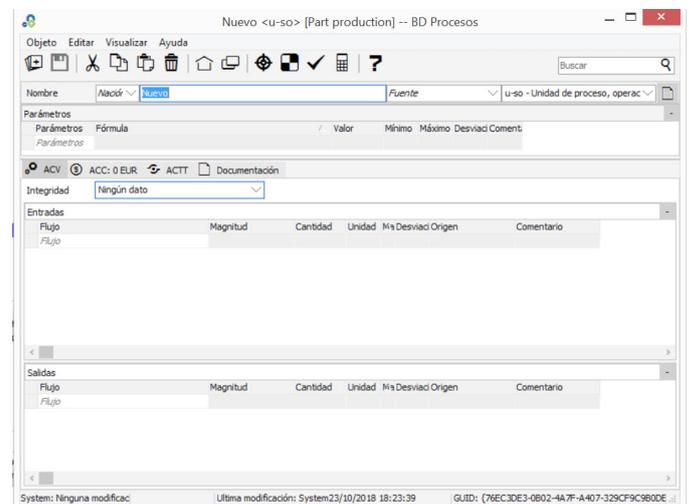


Fig. 27 Interfaz GABI.

La creación de un nuevo proceso en el software propuesto requiere de la cumplimentación de las entradas y salidas que participan en el mismo para su configuración como aparece en imagen.

Tener muy en cuenta el sistema métrico utilizado y las unidades utilizadas para los diferentes apartados y mediciones.

## 4.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

Completada la configuración del ciclo se ejecuta el análisis del proyecto creado y se realiza la obtención de los resultados.

Se seleccionarán los indicadores requeridos, de los cuales se extraerán los resultados del análisis.

Para esta tipología de productos consideramos básicos los indicadores de emisión de kg. de CO<sub>2</sub> eq. y el consumo de energías renovables y no renovables (KWh). En función del tipo de producto y sobre todo el origen de sus materias primas y su uso será conveniente analizar otros indicadores como pueden ser:

- Acidificación
- Eutrofización
- Toxicidad humana
- Ecotoxicidad agua/suelo
- Uso de recursos

Tras ello, analizar a fondo los resultados obtenidos y realizar conclusiones acerca de aquellos procesos, materias primas o flujos que supongan un mayor impacto en la huella de carbono.

Se debe tomar muy en cuenta las materias primas utilizadas ya que los materiales compuestos de los cuales se fabrican estos productos cuentan con un elevado impacto al medio y serán uno de los apartados que cuentan con un gran margen de mejora en términos de sostenibilidad.

En función de los resultados obtenidos y de las conclusiones extraídas de los análisis, generar las propuestas de mejora ecoeficientes, focalizando los esfuerzos en los apartados que resulten de mayor impacto en el ciclo con el objetivo de conseguir una reducción eficiente.

### FASE 3: Propuestas de mejora Ecoeficientes

Existen 5 apartados claves que acaparan el mayor impacto en el ciclo de un producto de material deportivo y cuentan con un amplio margen de mejora. Analizamos cada una de ellas.

#### Materias primas

Los materiales compuestos utilizados para la producción del material deportivo generan un porcentaje elevado de la huella de carbono emitida a lo largo de su ciclo de vida.

Existen múltiples propuestas que permiten reducir este impacto, entre las cuales destacamos:

- Reducción de los tipos de materiales diferentes utilizados en la confección del producto.
- Reducción de la cantidad de materiales y del peso del producto.
- Reducción del tamaño y volumen del producto.
- Selección de eco materiales para la fabricación.
- Selección de materiales reciclados o reutilizados.
- Selección de materiales cuya huella de carbono generada sea inferior.
- Selección de materiales con baja huella energética.

Se propone la realización de una nueva base de datos de materiales que cumplan las directrices enumeradas anteriormente. Los apartados que debe contener esta serán los mismos que la generada en la fase 1 para poder realizar posteriormente una comparación efectiva entre ambas.

De los tipos de materias primas: núcleos, fibras, resinas, aerosoles, etc.:

- Propiedades mecánicas.
- Emisiones y reciclaje.
- Logística y transporte.
- Precio final de materias primas.

## 4.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

Obtenida toda la información referente a las posibles materias primas eco sustitutivas de las convencionales, seleccionar aquella/as que por conveniencia se consideren más adecuadas para su aplicación (propiedades físicas, precio, huella de carbono,...) y realizar una comparación de las propiedades mecánicas de la composición de materiales sustitutivos con software 3D (ej. Solidworks).

Este proceso es válido para los núcleos y refuerzos de fibra del producto. Las propiedades mecánicas de las diferentes resinas no varían de forma relevante estos resultados.

Realizar análisis mecánico de tensión y torsión, u otros en función del modo de uso del producto, sometiéndolo a una situación de uso extrema y comprobar de dicho modo el modo de respuesta de los diferentes materiales.

En caso de obtener resultados favorables, según los cuales no se supere el límite de tracción de los materiales ni sufra el producto elevadas deformaciones plásticas se seleccionará el conjunto de materiales como opción para la producción del producto, y por tanto se recopilará toda la información necesaria para introducir en el posterior ACV del ecoproducto, referente a 1ud de producto con materiales eco, de manera precisa.

**Table 1**  
Mechanical properties of natural and synthetic fibers.

Fiber	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Tensile strength (MPa)	Specific strength (MPa cm <sup>3</sup> /g)	Elastic modulus (GPa)	Specific modulus (GPa cm <sup>3</sup> /g)
Wood	1.4	90–180	64–130	10–70	7–50
Flax	1.4–1.5	350–1040	250–650	28–70	18
Hemp	1.4–1.6	690	630	30–70	25
Jute	1.3–1.5	200–770	310–625	20–55	2–37
Coir	1.2–1.5	180	146	4–6	3–5
Cotton	1.5–1.6	290–490	191–310	5–12	3–8
Sisal	1.5	100–800	335–430	9–22	6–15
Kenaf	1.4–1.5	930	641	53	36
Bamboo	0.6–1.1	140–230	600	11–17	48–89
Wool	1.3	50–315	38–242	2.3–5	1.8–3.8
Feather	0.9	100–203	112–226	3–10	3.3–11
Silk	1.3–1.4	100–1500	100–1500	5–25	4–20
Glass	2.6	2200–3600	850–1300	65	27
Carbon	1.4–1.8	3000–4000	1710	250–500	164–171

Fig. 28 Propiedades mecánicas materiales ECO vs Conv.

## 4.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

### Procesos de fabricación

Los procesos de fabricación suponen otro de los focos más problemáticos en cuanto a la generación de impacto de estos productos. Existe una gran variedad de procesos productivos en función de la forma y función del objeto, así como de los materiales seleccionados, aunque existen algunos como el conformado del núcleo o el laminado que se mantienen en todos ellos. Este tipo de procesos son implícitos a los productos deportivos de materiales compuestos debido a la morfología y composición de estos, formados por un núcleo, fibras de refuerzo y resinas.

Será por tanto interesante valorar las diferentes posibilidades que los posibles nuevos materiales nos ofrezcan. Entre las cuales se proponen:

- Reducción tipos de procesos diferentes a aplicar.
- Reducción consumo eléctrico.
- Consumo energías renovables.
- Optimización de los materiales.
- Reducción de los residuos + gestión eficiente.
- Reducción procesos de combustión y emisiones incontroladas.

Hoy en día muchos de los procesos de producción están completamente automatizados, en ocasiones en exceso, eliminando por completo la acción del hombre. Este es uno de los mayores inconvenientes debido al elevado consumo de energía necesario a lo largo de todos ellos. La posibilidad de realizar algunos procesos de forma manual (conformados de núcleos, laminación, pulido,...) supondría una reducción en dicho consumo. Esto será posible en aquellos productos cuya producción no sea muy elevada y permita una mayor dedicación a cada uno de los productos.

Otro de los problemas con los productos deportivos aparece con el exceso de procesos diferentes necesarios para obtener el producto final.

Esto es debido a la alta exigencia de calidad de los productos, además de las decoraciones y aportaciones extra al producto que le aportan un aspecto más atractivo pero se debe analizar si ese valor añadido resulta necesario o puede ser aportado por medio de otros aspectos como el packaging o la propia promoción de Ecoproducto.

### Packaging y transporte

La gran variedad de tamaños formas y volúmenes hace imposible establecer un método único viable y eficiente de transporte y logística para estos productos de material deportivo. Sin embargo deberá realizarse un análisis individual de cada producto del método más óptimo de transporte, evitando los transportes de productos unitarios y optimizando al máximo los medios de transporte.

La protección de las superficies de los productos es un aspecto a tener en cuenta ya que cualquier pequeño defecto sufrido puede suponer un cambio en la decisión de compra de estos productos destinados al ocio. El papel kraft puede ser una buena solución para dicho problema sustituyendo los films alveolares o acolchados de espuma.

Sin embargo uno de los aspectos que debe ser diferenciador es el packaging del producto. Éste deberá ser coherente con el conjunto del producto y por tanto evitar la utilización de productos plásticos o films a cambio de otros materiales como el papel kraft o el cartón; materiales muy identificados con el aspecto ecológico por su componente reciclable y origen natural.

La posibilidad de conseguir que el propio packaging del producto tenga un uso posterior a la primera utilización del mismo resulta muy interesante en el ámbito de los ecoproductos. Posibles fundas, soportes o elementos de limpieza son algunas propuestas a tener en cuenta.

## 4.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

### Márketing y ventas

Resulta imprescindible conseguir una sensibilización importante en la sociedad acerca de los problemas del medio ambiente al no tener en cuenta la huella de carbono generada por los productos fabricados descontroladamente. Progresivamente se ha conseguido un mayor conocimiento pero se considera el propio producto deportivo un medio óptimo para proseguir con esta sensibilización.

Su superficie, el packaging o el medio de promoción son algunos de estos medios que el vendedor puede utilizar para informar a los clientes de las ventajas para el medio ambiente que supone el consumo de ecoproductos.

La utilización de las superficies del producto, a menudo con motivos decorativos son un espacio publicitario informativo que se debe aprovechar para llamar la atención de los clientes desde la sencillez. Por medio de slogans o cifras que indiquen la reducción de huella de carbono o de consumo energético puede ser un método eficiente. El deporte es una actividad de ocio en la que el boca a boca funciona muy rápido y es un medio muy fuerte de promoción para los jugadores de nivel amateur en mayor medida.

En cuanto a la promoción de los productos se deberá evitar los soportes físicos como flyers, paneles publicitarios o revistas. Es importante mantener una coherencia del concepto de ecoproducto en todos los ámbitos de su ciclo de vida y por tanto con la aparición de internet se abre una nueva vía de promoción y ventas para conectar de forma directa a proveedores y clientes. A través de webs, redes sociales y foros de usuarios se puede ofrecer un servicio completo y ofrecer toda la información relacionada con el producto y el proyecto.

Otro medio de promoción y venta de productos pueden ser los clubs deportivos o los establecimientos de renting que se pueden ver favorecidos y reforzados por la adquisición y promoción de un servicio de ecoproductos.

### Fin de vida.

La tecnología actual no permite conseguir un reciclado eficiente de los materiales compuestos debido a su morfología y a la imposibilidad de conseguir una separación completa de los mismos.

Es por tanto la incineración el método con el que los productos de materiales compuestos terminan su ciclo de vida generando energía por combustión. Este sin duda no sería el mejor de los métodos ya que se generan emisiones por la combustión a la atmósfera y no se eliminan por completo los residuos.

El avance de las tecnologías puede generar la posibilidad de mejorar el fin de vida al que estos productos están destinados consiguiendo un reciclaje eficiente.

La aplicación de materiales de origen natural en los ecoproductos supone un avance en la reducción de años necesarios para la biodegradación en el medio de aquellos productos que no se gestionen en un punto limpio.

Será necesario incluir información referente al fin de vida de estos productos y los puntos de recogida de los mismos ya que debido a su condición de materiales compuestos no deben ser tratados como desechos comunes.

La realización de convenios como puntos de recogida a los puntos de venta de los productos es una de las propuestas que puede contar con mayor acogida.

# 4.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

## FASE 4: Análisis ECO y homologación.

### Recopilación ICV

Realizadas las propuestas ECO para el rediseño del producto se realizará un nuevo ICV en el cual se incluyan todos los aspectos relacionados con este nuevo producto y que cuente con estas nuevas propuestas.

Este nuevo ICV se deberá realizar en las mismas condiciones que el realizado en la fase 2 para el producto convencional. Seguiremos el esquema realizado.

- Objetivo inicial
- Materias primas
- Transporte
- Procesos de fabricación
- Packaging
- Promoción + Ventas
- Uso
- Fin de vida

### Configuración ACV

Del mismo modo se realiza el ACV del Ecoproducto en las mismas condiciones y el mismo software, con el objetivo de extraer los resultados de los indicadores seleccionados anteriormente y poder comparar los datos obtenidos.

Para ello, GABI permite la disposición y extracción de los resultados de formas muy diversas, incluyendo tablas y gráficos muy variados, de los diferentes indicadores deseados.

## Comparación y homologación

Tras finalizar la obtención de los resultados del ACV del producto ECO, se debe realizar la comparación de estos resultados con los obtenidos en la fase 3 del producto convencional.

Se deberá comparar la efectividad de las medidas ECO propuestas y comprobar si con ellas se han conseguido los objetivos deseados en la planificación del proyecto.

Esta comparación final nos dará a conocer la verdadera efectividad de las medidas ECO propuestas y los resultados numéricos de reducción de la huella de carbono generada por el producto.

En la actualidad no existe un organismo homologador de este tipo de ecoproductos de material deportivo, ni aparecen en los grupos de producto de los grandes organismos como la ECOLABEL a nivel europeo.

Será por tanto necesario conseguir las homologaciones de producto CE o las homologaciones correspondientes a los organismos deportivos que le autorizan para ser utilizados en las competiciones oficiales del deporte correspondiente.

Resulta interesante la aplicación para incluir en el producto los distintivos de Producto fabricado con materiales reciclados o European Bioplastics, en función de las materias primas utilizadas.

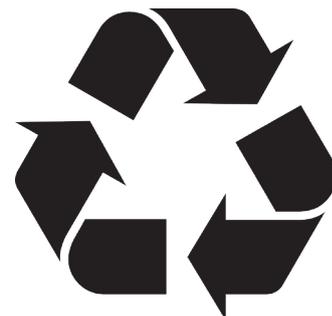
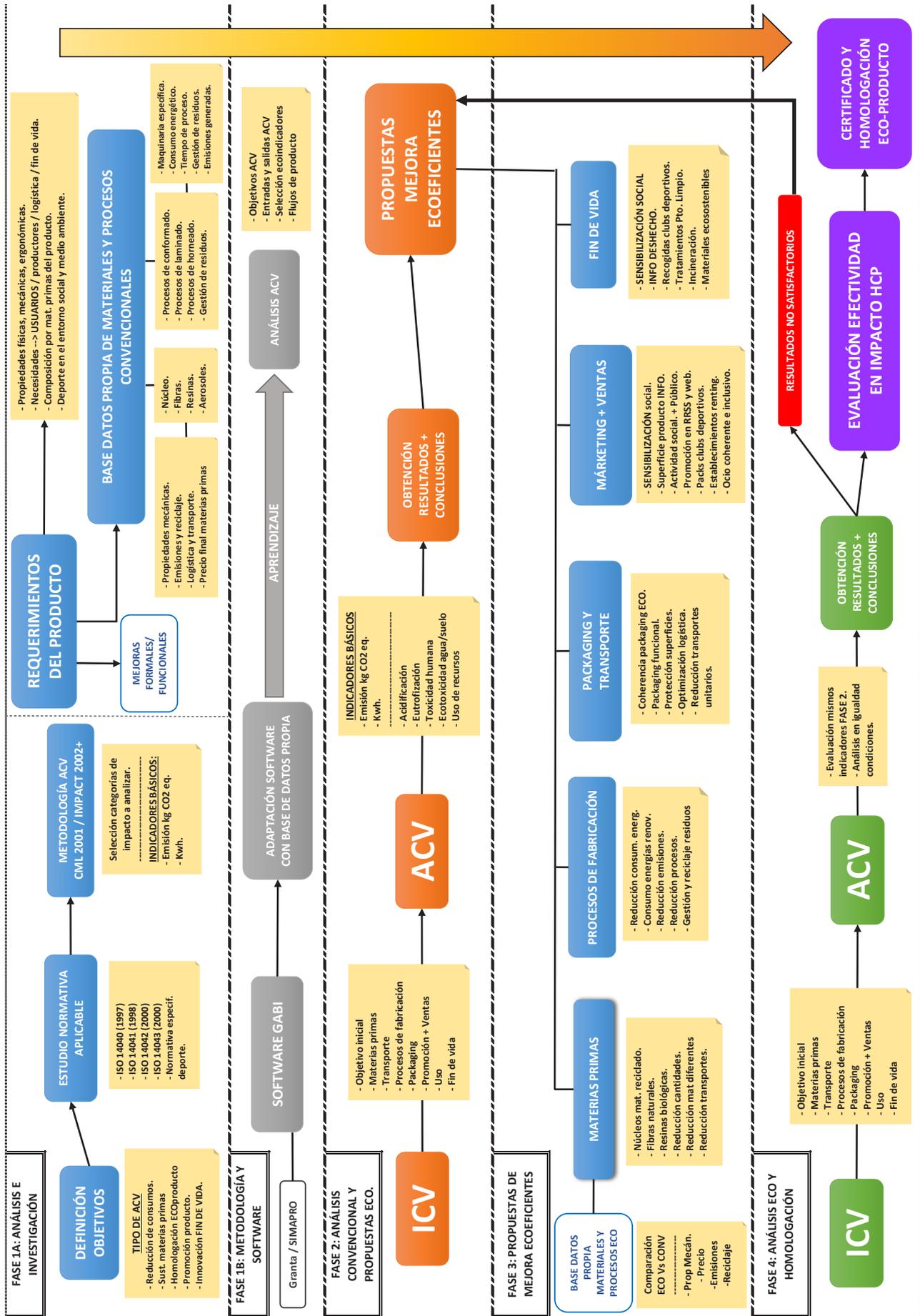
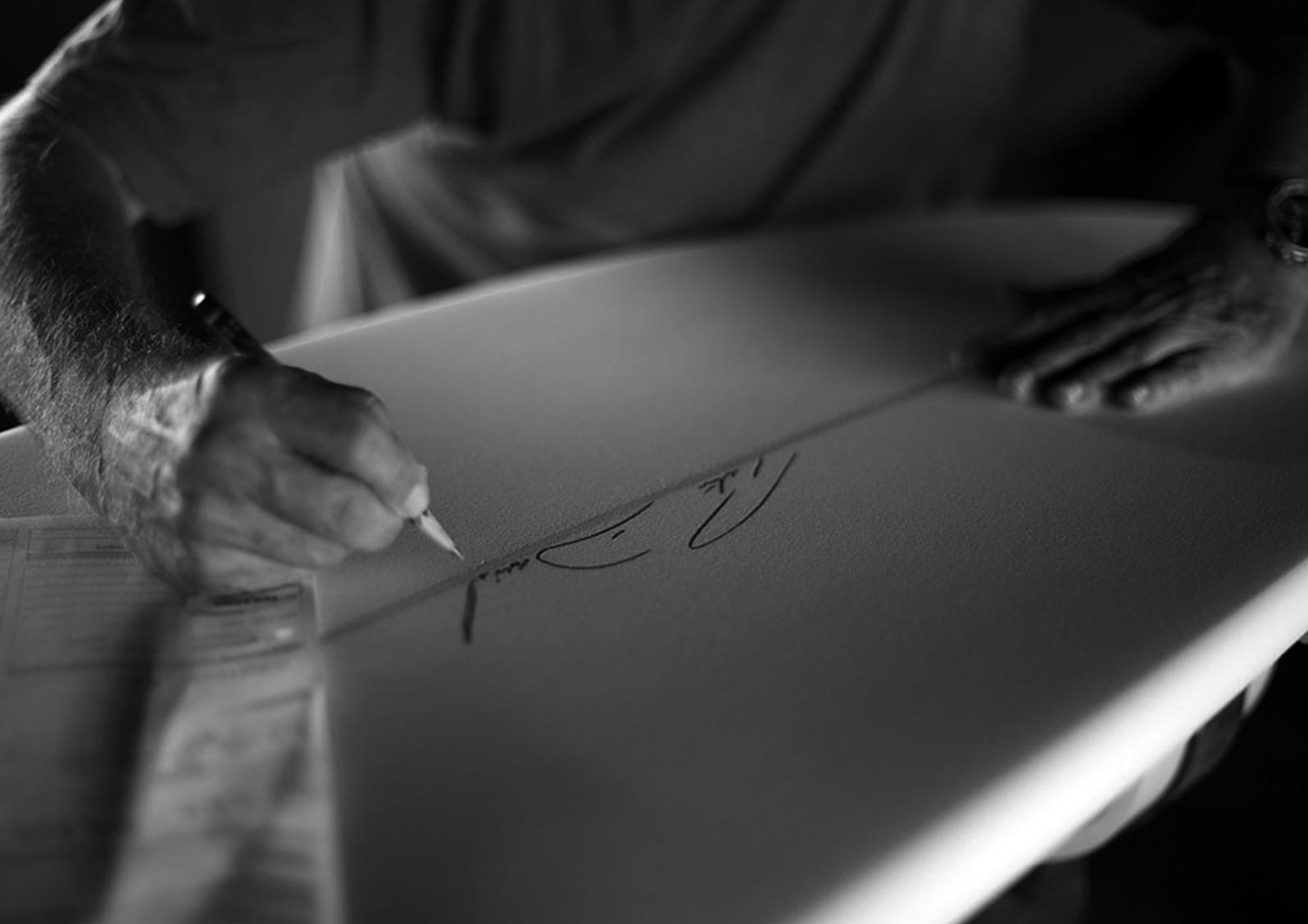


Fig. 29 Bucle de Möbius

# 4.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO





# FASE 5

CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFÍA

## 5.1 CONCLUSIONES

La realización de este proyecto ha supuesto personalmente la consecución de un objetivo propuesto en la finalización de mi proceso de formación en el grado de Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del producto.

Me ha permitido conocer de primera mano los principales problemas que los diferentes productos suponen en el medio ambiente, el modo de analizarlos y las propuestas que desde el diseño y desarrollo del producto pueden realizarse para conseguir la obtención de un eco producto.

Concretamente los materiales compuestos son una excelente solución para la fabricación de productos con extraordinarias propiedades mecánicas, sin embargo resultan muy dañinos con el medio ambiente. Uno de mis objetivos con este proyecto ha sido demostrar una implicación con este problema de actualidad y que nos concierne a toda la sociedad por igual, investigar y desarrollar e implementar posibles soluciones que puedan ser de ayuda a diseñadores de diferentes ámbitos.

Se ha conseguido desarrollar una metodología planificada de rediseño de material deportivo fabricado de materiales compuestos con el objetivo de generar ecoproductos. Se trata de una metodología que aborda los diferentes ámbitos que conciernen al producto en su completo ciclo de vida y las actuaciones que deberán realizarse concretas y específicas para llevar a cabo un rediseño de productos de dicha metodología.

La realización de un proyecto de esta envergadura de manera individual me ha resultado más complejo debido a que a lo largo del grado hemos aprendido a trabajar en grupos y cada uno de los integrantes dominaba alguna de las materias formando un equipo multidisciplinar.

El comienzo del proyecto, sobre todo con la búsqueda del software más adecuado y la consecución de las licencias universitarias, así como el posterior aprendizaje del mismo fueron los momentos más complicados del mismo, ya que se trata de software muy específico destinado a profesionales del ACV.

Para conseguir el resultado final satisfactorio ha sido necesario la recopilación de gran cantidad de información a través de diferentes medios, incluidos fabricantes y proveedores que han aportado todo su conocimiento e interés e la apertura de un nuevo mercado para sus empresas.

En el futuro me gustaría poder aplicar todos los conocimientos adquiridos a lo largo de este proyecto en el ámbito profesional del diseño industrial.

Me siento satisfecho con el resultado del proyecto obtenido, además de haber superado un reto personal, de haber conseguido aunar en un mismo proyecto los conocimientos adquiridos a lo largo de toda mi formación del grado universitario, en los que pueden observarse aspectos de diseño, como desarrollo de producto.

## 5.2 BIBLIOGRAFÍA

Para la realización de este proyecto se han consultado diferentes medios de información; Documentos, Artículos, Webs y otros. La bibliografía completa se incluye en el Anexo 1. Se detalla aquí el índice de referencias:

[1] IHOBE, Sociedad Pública de Gestión ambiental. (2009), Análisis de ciclo de vida y huella de carbono, 1-37.

[2] ISO 14040:1997 Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework, AENOR.

[3] ISO 14020:2000 Environmental labels and declarations -- General principles.

[4] ISO 14024:2018 Environmental labels and declarations --Type I environmental labelling -- Principles and procedures.

[5] ISO 14021:2016 Environmental labels and declarations -- Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling)

[6] ISO 14025:2006 Environmental labels and declarations -- Type III environmental declarations -- Principles and procedure

[7] SP Systems, Composite Engineering Materials. Guide to Composites, 21.

[8] [http://www.who.int/foodsafety/fs\\_management/No\\_05\\_Bisphenol\\_A\\_Novog\\_sp.pdf](http://www.who.int/foodsafety/fs_management/No_05_Bisphenol_A_Novog_sp.pdf)  
(Consultado: 08/04/2018)

[9] SP Systems, Composite Engineering Materials. Guide to Composites, 33.

[10] SP Systems, Composite Engineering Materials. Guide to Composites, 41-44.

[11] <http://www.trickon.com/surf/articulo/como-sefabrica-una-tablade-surf>

(Consultado: 07/03/2018)

- <http://www.todosurf.com/magazine/surfologia/como-fabricar-unatabla-de-surf-surf-2171.htm> (Consultado: 09/03/2018)

- <http://www.todosurf.com/magazine/surfologia/anatomia-de-unatabla-de-surf-surf-2166.htm> (Consultado: 10/03/2018)

[12] IHOBE, Sociedad Pública de Gestión ambiental. (2009), Análisis de ciclo de vida y huella de carbono 5

[13] IHOBE, Sociedad Pública de Gestión ambiental. (2009), Análisis de ciclo de vida y huella de carbono 5-7

[14]

- [https://www.shaper.fr/teccel\\_blanks](https://www.shaper.fr/teccel_blanks)

- <http://www.boa.aragon.es/cgi-bin/EBOA/BRSCGI?CMD=VEROBJ&MLKOB=983144612525>

- [https://www.mincotur.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/DatosEstadisticos/IV.%20Energ%C3%ADa%20y%20emisiones/IV\\_12.pdf](https://www.mincotur.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/DatosEstadisticos/IV.%20Energ%C3%ADa%20y%20emisiones/IV_12.pdf)

- [https://www.feroca.com/es/resinas-epoxi/69-epofer-ex401-e416-resina-epoxi-para-laminados.html#/capacidad\\_kits-kit\\_de\\_25\\_kg\\_](https://www.feroca.com/es/resinas-epoxi/69-epofer-ex401-e416-resina-epoxi-para-laminados.html#/capacidad_kits-kit_de_25_kg_)

- <http://www.easycomposites.co.uk/#!/search?q=flax>

- <https://www.seabase.eu/category/surfboard-manufacture/shaping/surfboard-foam-blanks/pu-polyurethane-foam/>

- [https://www.recambios-expres.es/recambios-de-coche/MOTIP/null-Pintura-Laca-transparente/p-11978966?ID=psm\\_atm\\_es\\_billiger&Country=ATES](https://www.recambios-expres.es/recambios-de-coche/MOTIP/null-Pintura-Laca-transparente/p-11978966?ID=psm_atm_es_billiger&Country=ATES)

- <https://todoaerografia.com/es/31-pintura-aerografia-auto-mocion>

- [https://www.shaper.fr/plugs\\_derives/compatibles\\_FCS](https://www.shaper.fr/plugs_derives/compatibles_FCS)

[15] Väisänen, Taneli., Das, Oisik., Tomppo, Laura, (2017) A review on new bio-based constitutens for natural fiber-polymer composites, Journal of Cleaner Production, 149, 582-596.

## 5.2 BIBLIOGRAFÍA

[16] Shekar HS<sup>a</sup>, Sharath., Ramachandra <sup>a</sup>, M., (2017), Green Composites: A Review, Science Direct, 1-8.

[17] Shekar HS<sup>a</sup>, Sharath., Ramachandra <sup>a</sup>, M., (2017), Green Composites: A Review, Science Direct, 1-8.

[18] La Rosa, Angela Daniela., Recca, Giuseppe, Summerscales, John.,(2014) Bio-based versus traditional polymer composites. A life Cycle assesment perspective. Journal Cleaner Production, 74, 135-144.

[19] Sanyé-Mengual, Esther., Pérez-López, Paula., González-García, Sara., (2014), Eco-Designing the Use Phase of Products in Sustainable Manufacturing, Journal of Industrial Ecology, Vol.18, N<sup>o</sup>4, 1-13.

[20]

- [https://www.shaper.fr/teccel\\_blanks](https://www.shaper.fr/teccel_blanks)

- <http://www.boa.aragon.es/cgi-bin/EBOA/BRSCGI?CMD=-VEROBJ&MLKOB=983144612525>

- [https://www.mincotur.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/DatosEstadisticos/IV.%20Energ%C3%ADa%20y%20emisiones/IV\\_12.pdf](https://www.mincotur.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/DatosEstadisticos/IV.%20Energ%C3%ADa%20y%20emisiones/IV_12.pdf)

- [https://www.feroca.com/es/resinas-epoxi/69-epofer-ex401-e416-resina-epoxi-para-laminados.html#/capacidad\\_kits-kit\\_de\\_25\\_kg\\_](https://www.feroca.com/es/resinas-epoxi/69-epofer-ex401-e416-resina-epoxi-para-laminados.html#/capacidad_kits-kit_de_25_kg_)

- <http://www.easycomposites.co.uk/#!/search?q=flax>

- <https://www.seabase.eu/category/surfboard-manufacture/shaping/surfboard-foam-blanks/pu-polyurethane-foam/>

- <https://www.recambios-expres.es/recambios-de-coche/MOTIP/null-Pintura-Laca-transparente/p-11978966?l->

D=psm\_atm\_es\_billiger&Country=ATES

- <https://todoaerografia.com/es/31-pintura-aerografia-auto-mocion>

- [https://www.shaper.fr/plugs\\_derives/compatibles\\_FCS](https://www.shaper.fr/plugs_derives/compatibles_FCS)

## 5.3 ÍNDICE DE IMÁGENES

### **FASE 1**

Fig.1 Contaminación oceánica.....	Pág. 7
Fig. 2 Cigüeña atrapada en bolsa.....	Pág. 8
Fig. 3 Logo ISO.....	Pág. 10
Fig. 4 Bucle de Möbius.....	Pág. 11
Fig. 5 Prop. mecánicas de fibras para materiales compuestos.....	Pág. 13
Fig. 6 Núcleos Nomex.....	Pág. 14
Fig. 7 Surfistas.....	Pág. 15

### **FASE 2**

Fig. 8 Alcance de ACV.....	Pág. 19
Fig. 9 Logo SimaPro.....	Pág. 20
Fig. 10 Logo ECOit.....	Pág. 20
Fig.11 Logo OpenLCA.....	Pág. 20
Fig. 12 Logo GABI.....	Pág. 20
Fig. 13 Logo Umberto.....	Pág. 20
Fig. 14 Logo Granta.....	Pág. 20

### **FASE 3**

Fig. 15 Fibras naturales.....	Pág. 30
Fig. 16 Result. tensiones en núcleo (VMs).....	Pág. 30
Fig. 17 Resultado FDS en fibras.....	Pág. 30
Fig. 18 Result. tensiones en núcleo (VMs).....	Pág. 30
Fig. 19 Resultado FDS en fibras.....	Pág. 30
Fig. 19 Result. tensiones en núcleo (VMs).....	Pág. 30
Fig. 20 Resultado FDS en fibras.....	Pág. 30
Fig. 21 Result. tensiones en núcleo (VMs).....	Pág. 30
Fig. 22 Resultado FDS en fibras.....	Pág. 30

Fig. 23 Web promoción prod. deportivos.....	Pág. 32
Fig. 24 Logo GABI.....	Pág. 42
Fig. 25 Logo GRANTA.....	Pág. 42
Fig. 26 Logo SIMPAPRO.....	Pág. 42
Fig. 27 Interfaz GABI.....	Pág. 43
Fig. 28 Prop Mecánicas de materiales compuestos vs ECO.....	Pág. 45
Fig. 29 Bucle de Möbius.....	Pág. 48