



El Análisis del Ciclo de Vida, una herramienta para la sostenibilidad

Autor: Gertri Ferrer Vinardell

Institución: Centro Tecnológico LEITAT

Otros autores: Carme Hidalgo (Centro Tecnológico LEITAT)

Resumen

En la presente comunicación se expone la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como herramienta para la medición del impacto ambiental de productos, procesos y tecnologías. En el Centro Tecnológico LEITAT se aplica el ACV como herramienta integrada en los proyectos que se desarrollan en la organización. El ACV se aplica de forma iterativa durante la ejecución de los proyectos, analizando y asesorando los procesos de desarrollo de las nuevas tecnologías o productos. El ACV resulta un elemento clave durante la ejecución del proyecto ya que permite cuantificar y garantizar si se ha alcanzado la mejora ambiental que todo proyecto desarrollado persigue.

En la comunicación se presentan tres ejemplos de proyectos en los que ha sido aplicado el ACV como herramienta para evaluar el impacto ambiental: BOATCYCLE, GREENING BOOKS y ECOMOVIN.

El análisis de ciclo de vida puede tener diferentes objetivos que deben de ser planteados al inicio de la realización del ACV, ya que marcarán todas las fases siguientes del análisis de ciclo de vida. En los tres ejemplos que se presentan los objetivos son diferentes, para mostrar cómo el ACV puede perseguir diferentes objetivos en su aplicación.

En cada uno de los casos presentados se plantea cuál es el alcance del ACV realizado. Los posibles alcances que se pueden considerar en los análisis son: de la cuna a la tumba, de la cuna a la puerta o de la cuna a la cuna. En cada uno de los casos el alcance se ajusta a las características del proyecto.

La unidad funcional es lo que nos proporcionará las referencias en los flujos de entrada y salida para evaluar el producto, proceso o tecnología objeto de estudio. En la comunicación se presentan las unidades funcionales consideradas en cada uno de los estudios, con el objetivo de ver cómo la unidad funcional viene marcada por el objetivo del análisis y las características principales de éste.

El inventario de ciclo vida es la siguiente fase del ACV. En los proyectos donde se desarrolla el ACV es muy importante la contribución de todos los socios del proyecto en esta etapa del estudio. Es indispensable que participen en ella proporcionando datos necesarios para medir el impacto ambiental potencial, sobre todo en aquellos análisis de ciclo de vida de nuevos productos y materiales, esta contribución resulta vital.

La evaluación del impacto ambiental proporciona una información del impacto ambiental potencial que pueden tener estas tecnologías, productos o procesos nuevos o ya existentes. Diferentes categorías de impacto se seleccionan para poder expresar este potencial de impacto. En la presente comunicación se pueden observar el tipo de información ambiental que se obtiene una vez desarrollada la fase de evaluación. Esta información vendrá presentada de una forma u otra según sean las características principales del estudio.

Concluimos, destacando el valor del análisis de ciclo de vida como una herramienta que ayuda a obtener datos que nos indican si aquellos proyectos en lo que se está trabajando contribuyen a la mejora ambiental e identificar los puntos críticos para poder alcanzar o incrementar la mejora.

Palabras claves: análisis, ciclo de vida, impacto ambiental, indicadores.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las misiones de un Centro Tecnológico es contribuir al desarrollo, dando respuesta a necesidades de empresas, administraciones o resolver inquietudes que surgen de la propia organización, teniendo siempre los principios de innovación y sostenibilidad como ejes vertebradores.

En formato de consorcio o de forma bilateral, estas organizaciones suman esfuerzos para contribuir a la mejora del desempeño ambiental ya sea de un producto o un proceso. Un carácter dinámico, de proximidad, de estrecha colaboración y cooperación es lo que define la actuación del centro.

En numerosos proyectos que se desarrollan desde el Centro Tecnológico Leitat o en los que éste interviene, se integra la herramienta de análisis de ciclo de vida (ACV) para poder medir e identificar cual es el impacto ambiental potencial de aquellos nuevos productos, tecnologías o procesos que se conciben o también en aquellas acciones que se pretenden mejorar. El uso de esta herramienta se integra como una tarea más en el proyecto, y resulta determinante para poder considerar que el proyecto cumple con las expectativas perseguidas de mejora ambiental. El ACV se aplica de un modo iterativo durante la implementación de los proyectos, analizando y asesorando los procesos de desarrollo de nuevas tecnologías o productos con el fin de incorporar mejoras ambientales y garantizar el mínimo impacto ambiental de éstos.

A lo largo de los últimos años, LEITAT ha aplicado el análisis de ciclo de vida en diferentes proyectos tanto a nivel nacional como internacional y en diferentes sectores económicos y áreas de conocimiento. Como centro especializado en el desarrollo de nuevas tecnologías y materiales, destacan los ACV aplicados en el campo de nanomateriales y nuevas aplicaciones, nuevas tecnologías de tratamiento de aguas y residuos, packaging o definición de criterios para ecoetiquetas, entre otros.

A continuación se presentan tres casos en los que el análisis de ciclo de vida ha sido parte clave en el desarrollo de proyectos de mejora ambiental de diferentes sectores. Estos son BOATCYCLE (LIFE+)ⁱ, GREENING BOOKS (LIFE+)ⁱⁱ y ECOMOVINⁱⁱⁱ (ACCÍO y Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)).

El proyecto BOATCYCLE promueve la reducción del impacto de la industria náutica mediante el desarrollo de nuevos métodos de tratamiento y valorización de residuos, basado en el análisis del ciclo de vida. Este proyecto ha sido realizado en el marco del programa LIFE+ 2008 Environmental Policy and Governance con un consorcio formado por LEITAT (España), FUNDACIÓ MAR (España) y Institute of Chemistry and Technology of Polymers (ICTP, Italia). Se ha desarrollado en el período 2010-2012.

GREENING BOOKS pretende la mejora del comportamiento ambiental en el sector editorial, minimizando los impactos de libros y revistas. Éste se está desarrollando en el marco de la convocatoria LIFE+2010 Environmental Policy and Governance con un consorcio formado por LEITAT, EL TINTER y SIMPPLE (España). El proyecto se inició en octubre de 2010 y finalizará en octubre de 2013.

El proyecto ECOMOVIN, finalizado ya, tenía como objetivo principal la investigación y el desarrollo de nuevos procesos y la mejora tecnológica de materiales para interiores de medios de transporte que permitieran aumentar su eficiencia, minimizar y reutilizar residuos para conseguir productos con nuevas propiedades y mejoradas. Este proyecto se desarrolló en el marco de la convocatoria de la línea de ayudas para proyectos de investigación industrial y desarrollo experimental en forma de núcleos cooperativos de

2009, con el apoyo de ACC1Ó y del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). En el proyecto participaron las empresas TRETU, S.A.U. (líder del proyecto), ANTEX, S.A., TREBORTEX, S.L., PROYECTO FONTANELLAS Y MARTÍ, S.L., junto con los centros tecnológicos AIIKA y LEITAT (España).

2. METODOLOGIA ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

El análisis de ciclo de vida es una metodología de evaluación ambiental que permite cuantificar el potencial de impacto ambiental de productos o servicios considerando todo su ciclo de vida.

La metodología seguida está basada en las normas UNE-EN ISO 14040:2006^{iv} y UNE-EN ISO 14044:2006^v, así como las recomendaciones de International Life Cycle Data System Handbook^{vi} (plataforma Europea de ACV). En los casos que se presentan, el software utilizado para desarrollar los análisis de ciclo de vida es el SimaPro y en la mayoría de casos se utiliza la base de datos de Ecoinvent v2.2.

Para el desarrollo del ACV se han seguido las siguientes fases tal y como establece la norma UNE-EN ISO 14040:2006.

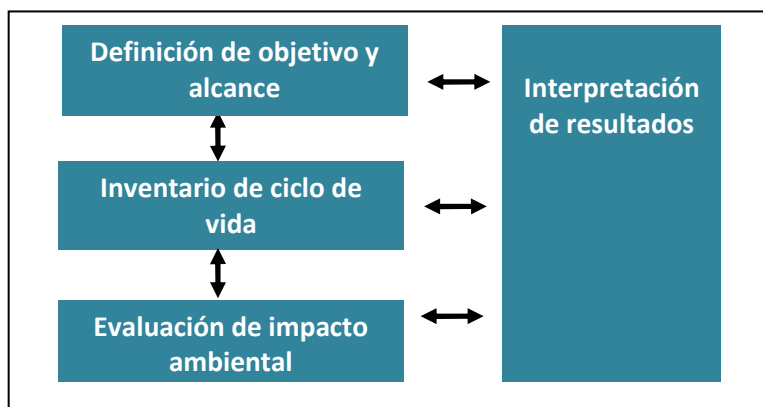


Figura 1. Fases de Análisis de ciclo de vida.

Objetivos del estudio

La concreción de los objetivos de un análisis de ciclo de vida es el punto inicial a determinar en cada uno de los estudios. Los objetivos que nos llevan a utilizar una herramienta para evaluar el impacto ambiental dependerán de la aplicaciones que se le prevea dar a la información obtenida, las motivaciones que han llevado a realizar el estudio, a quién irá destinada la información recogida en la evaluación o si se prevé utilizar como herramienta comparativa.

En los casos de los ejemplos citados, en el caso de BOATCYCLE, el ACV ha permitido identificar el impacto ambiental potencial de los tres tipos más comunes de embarcación recreativa: velero, lancha hinchable semirrígida y un yate. Así como establecer una comparativa en el comportamiento ambiental de los tres tipos de embarcaciones estudiadas e identificar qué aspectos y fases son los más impactantes.

El ACV desarrollado en el proyecto de GREENING BOOKS ha permitido identificar el comportamiento ambiental de dos tipologías de publicaciones, un libro y una revista, e identificar los puntos críticos del ciclo de vida de estos productos con el fin de establecer unos criterios de ecoedición útiles para el sector editorial y de las artes gráficas.

Otros objetivos se marcaban en el ACV desarrollado en el proyecto ECOMOVIN. Estos se centraban en identificar la mejora ambiental de nuevos procesos y materiales (textil, cuero y composites) para el interior de transportes. Se cuantificaron los impactos ambientales de los nuevos procesos y productos que conforman los interiores de los medios de transporte, realizando análisis comparativos con la solución convencional con el fin de determinar la mejora ambiental conseguida. En el marco del proyecto se realizan cinco análisis con los siguientes objetivos:

- Comparación de dos procesados de piel que será utilizada en tapicería de interiores de coche
- Comparación de dos espumas diferentes utilizadas como respaldos de asientos para coche: la que actualmente se utiliza espuma de poliuretano fabricada con polioles de aceites minerales comparada con la nueva alternativa de espuma fabricada con biopolioles.
- Comparación de dos reposabrazos de asientos, el convencional fabricado a partir de espuma de poliuretano comparado con la alternativa desarrollada en el proyecto, un tejido 3D.
- Comparación de dos paneles, el convencional fabricado con resinas con la alternativa de panel fabricado a partir de materiales de origen renovable.
- Comparación de los paneles insonorizantes, uno de EPDM (etileno propileno dieno monómero) con la alternativa en base de materiales de origen renovable.

A partir de los ejemplos citados anteriormente podemos ver como el análisis de ciclo de vida como herramienta de evaluación ambiental puede tener diferentes objetivos que pueden ir desde la comparación entre diferentes productos ya existentes, cuantificar el impacto e identificar puntos críticos para establecer criterios de mejora en el sector, así como comparar productos o procesos existentes con nuevos productos o procesos que se desarrollan.

El alcance del estudio

En el estudio se debe determinar cuáles son las etapas que se incluyen en el estudio y los límites que se establecen para poder definir las entradas y salidas del sistema. Cuando el ACV incluye todas las entradas y salidas de los procesos que intervienen en todo el ciclo de vida se denomina “de la cuna a la tumba”. Cuando se limita a las entradas y salidas desde que se obtienen las materias primas hasta la salida de fábrica se denomina “de la cuna a la puerta”. Cuando sólo se consideran las entradas y salidas del sistema productivo, menos usual en estudios ACV ya que siempre se recomienda incluir los procesos aguas arriba, se habla de alcance “de la puerta a la puerta”.

En el caso de BOATCYCLE el alcance ha sido de la cuna a la tumba, incluyendo todas las etapas de vida de las embarcaciones, desde la extracción de los materiales, fabricación de la embarcación, distribución, uso (amarre, mantenimiento y navegación) hasta el fin de vida útil. Las embarcaciones comparadas son: un velero de 12 metros, un yate de 5,57 metros y una embarcación semirrígida de 5 metros. Se han considerado las tres como embarcaciones de uso recreativo.

El alcance de la cuna a la tumba también se considera en GREENING BOOKS. Se incluyen todos los estadios del ciclo de vida del libro y la revista. Creación, diseño, impresión y edición de la publicación, incluyendo las fases de uso y fin de vida. El tipo de impresión que se analiza es el sistema de impresión tipo offset.

En el caso de los ACVs realizados en ECOMOVIN, encontramos que el alcance del estudio comparativo del procesado de las pieles es de la cuna a la puerta de fábrica. En los otros ACV realizados son desde la cuna a la tumba, es decir se considera desde la extracción de los materiales hasta el final de la vida útil.

La Unidad funcional

La unidad funcional es la definición cuantificada de las funciones de un producto, proceso o actividad estudiada. La determinación de la unidad funcional proporciona unas referencias para relacionar las entradas y salidas del sistema estudiado.

La unidad funcional definida en cada uno de los estudios ha venido marcada por los objetivos inicialmente establecidos y características de cada uno de ellos. La unidad puede ser de tipo físico (una unidad, peso, volumen, etc.) o funcional.

En el caso de BOATCYCLE la elección de la unidad funcional es un punto clave, ya que ésta tenía que ser común y representativa para las tres embarcaciones comparadas ya que las tres tenían diferencias en la longitud, durabilidad, u horas de navegación anuales. A tal efecto se determina la unidad funcional en base a la función de la embarcación durante un período de tiempo concreto, siendo ésta “una hora de navegación en una embarcación recreacional con finalidades de ocio”.

En el proyecto GREENING BOOKS las unidades funcionales definidas hacen referencia a la unidad física de la publicación estudiada, de acuerdo con los formatos y características más estándar y extendidas en el mercado europeo. En la unidad funcional también se definió todas aquellas características físicas que pueden tener influencia en el impacto ambiental de la publicación. Para el ACV del libro la unidad funcional es “Un libro que contiene una cantidad de información para ser leída en un periodo de 30 años, 96 páginas con tapa rústica (no dura), con un tamaño de página de 15x21 cm, impreso en 1 tinta 2/3 y a 4 tintas 1/3 de la publicación; impresión de 1000 copias. En el caso del ACV de la revista es “Una revista que contiene una cantidad de información para ser leída en un periodo de 3 meses. Se han considerado 28 páginas, del tamaño de página de 21x29.7 cm, impreso en 4 tintas con una tirada de 2000 copias”.

En el caso de ECOMOVIN se han realizado cinco ACV comparativos, definiendo en cada caso las unidades funcionales para cada análisis.

Para el análisis comparativo de dos procesados de piel la unidad funcional se ha definido en base a la cantidad de piel acabada obtenida por unidad de proceso, es decir la unidad funcional se ha cuantificado en relación a la piel acabada útil obtenida a partir de 1000 kg de piel en bruto en el proceso convencional. La unidad funcional resultante es “115 kg de cuero acabado apto para ser utilizado para tapicería de interiores en medios de transporte”.

En los otros análisis comparativos, se comparaban dos alternativas de distintos componentes de coche, de modo que la unidad funcional se definió en base a la unidad física de cada componente. En el análisis comparativo de dos respaldos de asientos para coches la unidad funcional es un respaldo de asiento de automóvil. En el análisis

comparativo de dos reposabrazos de asientos, es un reposabrazos de asiento de automóvil. En el análisis comparativo de dos paneles, la unidad funcional es un panel utilizado como suelo de maletero de automóvil. En el comparativo de dos paneles insonorizantes, la unidad funcional es un panel insonorizante para el interior de vehículos utilizado en el interior del tablier.

Definición y límites del sistema

En cada estudio se define el sistema producto a estudiar y los diferentes sub-sistemas que se incluyen. Es muy importante definir bien los límites del sistema, fuera del cual las entradas y salidas no se incluyen en el inventario ni la evaluación de impacto. En este sentido también hay que definir las reglas de exclusión de entradas y salidas (*cut-off rules*), las hipótesis tomadas y las reglas de asignación de impactos.

El sistema estudiado en BOATCYCLE está dividido en los siguientes subsistemas: producción de materiales, fabricación de la embarcación, distribución, uso (navegación, amarre y mantenimiento), fin de vida útil (descontaminación y valorización de algunos elementos; desmantelamiento y valorización de los componentes)

En GREENING BOOKS el sistema estudiado es la producción de un libro y revista. Los subsistemas son: producción de materiales: papel y tinta; producción del producto: creación y diseño, gravado de planchas, impresión, procesos de limpieza y acabados; distribución de la publicación desde el editor al punto de venta; uso (no se han considerado cargas ambientales en esta fase) y tratamiento como residuo.

En ECOMOVIN el sistema considerado en el comparativo de los procesados de la piel incluye los procesos de: etapa de ribera, curtido y acabado. En los otros análisis comparativos realizados de los diferentes componentes de automóvil se incluyen la extracción y transformación de las materias primas, el proceso productivo del producto final y la etapa de fin de vida útil como residuo. Las etapas de instalación y uso en el vehículo se han excluido del sistema, así como los procesos de transporte ya que se consideran equivalentes en el estudio comparativo de un material y otro, sin diferencias relevantes. Aunque cabe destacar que en algunos componentes, como los paneles, la fase de uso se podría ver mejorada con el nuevo material desarrollado ya que una reducción de peso conllevaría una disminución del consumo de combustible del vehículo.

El inventario de ciclo de vida

La fase de inventario consiste en la recopilación de datos para cuantificar las entradas y salidas de materia y energía del sistema estudiado.

Los datos necesarios para la realización del análisis de ciclo de vida en cada uno de los casos han provenido del mismo desarrollo del proyecto y de los socios participantes, sobretudo en el caso de ECOMOVIN. En este caso el desarrollo de los nuevos procesos y nuevos materiales era la fuente primaria de información para poder evaluar la mejora del impacto ambiental comparado con los procesos o materiales convencionales.

En el caso de BOATCYCLE, la información obtenida en el proyecto se centraba sobretudo en la fase de fin de vida de la embarcación. La información de las otras etapas de vida era proporcionada por los socios del proyecto, conocedores del sector, con la participación de empresas del sector náutico y de usuarios de embarcaciones.

En el caso de GREENING BOOKS, el análisis de ciclo de vida era una tarea inicial en el desarrollo del proyecto, como herramienta de identificación de los impactos ambientales y como estrategia para identificar en qué puntos se debía centrar la definición de criterios de ecoedición. Por lo tanto, la información primaria para el ACV fue obtenida por parte de uno de los socios del proyecto, EL TINTER y otros stakeholders del proyecto también implicados en el sector de las artes gráficas y la edición.

Para los procesos centrales se han priorizado las fuentes de datos primarias. Cuando ha sido necesario y para los procesos secundarios (electricidad, transporte, etc.) se utilizaron bases de datos comerciales, principalmente ECOINVENT, y otras fuentes de publicaciones y estudios existentes.

Evaluación del impacto ambiental

El ACV como herramienta de evaluación ambiental proporciona unos resultados que permiten cuantificar el impacto ambiental potencial de la unidad analizada. Estos resultados se expresan a partir de unas categorías de impacto. Las categorías utilizadas en todos los estudios realizados para expresar dicho impacto potencial han sido las más representativas y las que son recomendadas por ILCD Handbook: Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context^{vii}.

- Agotamiento potencial de elementos abióticos (kg Sb equivalente)
- Acidificación potencial (kg SO₂ equivalente)
- Eutrofización potencial (kg PO₄³⁻ equivalente)
- Calentamiento global potencial (kg CO₂ equivalente)
- Potencial de toxicidad humana (kg 1,4-DB equivalente)
- Agotamiento del ozono potencial (kg CFC-11 equivalente)
- Creación potencial de ozono fotoquímico (kg C₂H₄ equivalente)

También se han utilizado los siguientes indicadores de flujo

- Demanda energética acumulada (MJ equivalente)
- Demanda de agua acumulada (m³)

El método de evaluación aplicado para cada categoría es el CML baseline 2001 (Guinée, J., 2002)^{viii}. Para facilitar la comparabilidad en algunos de los estudios realizados se ha utilizado el método de cálculo ReCiPe^{ix}, que permite agregar los indicadores de diferentes categorías de impacto ambiental en una única puntuación mediante los procesos de normalización y agregación.

Para realizar los cálculos se ha utilizado el software de análisis ambiental SimaPro.

3. RESULTADOS

Los resultados que facilita una herramienta como el análisis de ciclo de vida ayuda a interpretar cual es el impacto ambiental potencial que genera un producto o un proceso. Los resultados obtenidos en los casos planteados en el presente documento se detallan a continuación.

Resultados en BOATCYCLE

Se ha realizado el análisis de ciclo de vida de cada una de las embarcaciones recreativa. Los resultados obtenidos muestran que si se miden los impactos globales por unidad de embarcación el yate es la embarcación con mayor impacto, seguido del velero, y por último la semirrígida, aunque el uso y las dimensiones de cada una difieren mucho entre ellas por lo tanto la comparación no es totalmente representativa. Una vez realizado el estudio a nivel de unidad se ha calculado el impacto por unidad funcional, es decir, por una hora de navegación y cómo se puede ver en la tabla a continuación el yate es el que tiene más impacto seguido de la semirrígida y el velero.

	EMBARCACIÓN (UNIDAD)				HORA DE NAVEGACIÓN			
	Demanda energética (GJ eq)	Demanda hídrica (m ³)	CO ₂ emissions (t CO ₂ eq)	Global env. Impact (pt.)	Energy demand (MJ eq)	Water demand (m ³)	CO ₂ emissions (kg CO ₂ eq)	Global env. Impact (pt.)
Velero	710	951	46	4709	47	0,06	3,04	0,31
Yate	2808	2230	158	16575	362	0,35	25,47	2,67
Semirrígida	410	259	31	3124	175	0,11	13,44	1,33

En relación a la **huella de carbono**, un **velero** contribuye al calentamiento global en **45,82 t CO₂ eq** a lo largo de su vida útil, emisiones debidas al consumo energético y de recursos en las diferentes fases del ciclo de vida de la embarcación. Estas se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

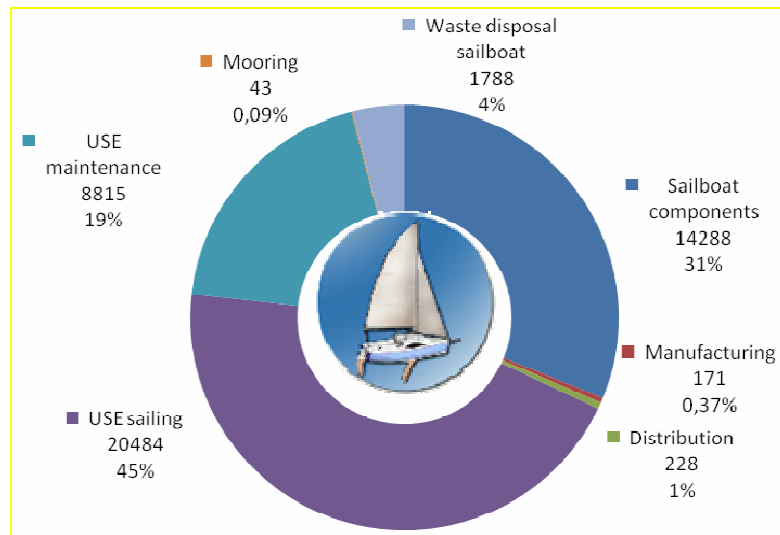


Figura 2. CO₂ eq de un velero durante su ciclo de vida (kg CO₂ eq/ %)

En el caso del **yate**, contribuye al calentamiento global en **158 t CO₂ eq**, también debidas al consumo de energía y recursos, como el velero. La distribución de esta contribución, según las etapas del ciclo de vida de esta embarcación, se muestra en la figura siguiente:

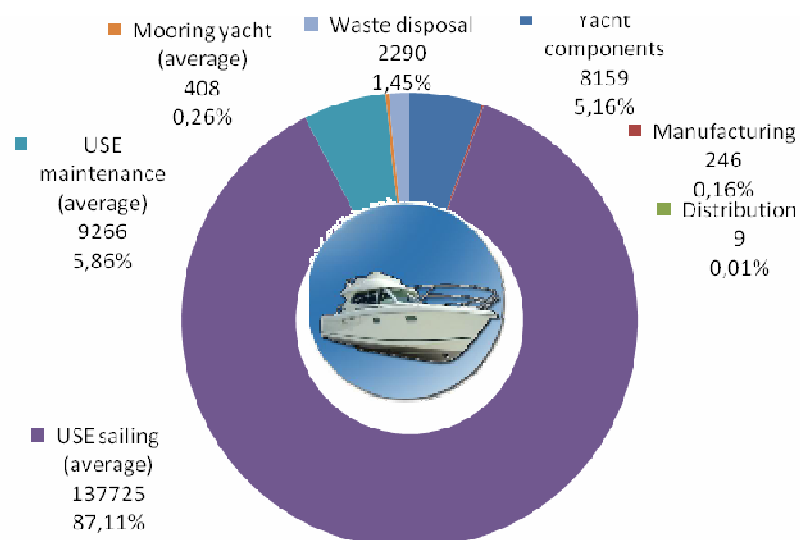


Figura 3. CO₂ eq de un yate durante su ciclo de vida (kg CO₂ eq/ %)

En el caso de la embarcación **semirrígida** la contribución al calentamiento global es de **31,6 t CO₂ eq**. La distribución de estas en cada una de las etapas del ciclo de vida se muestra en la figura siguiente:

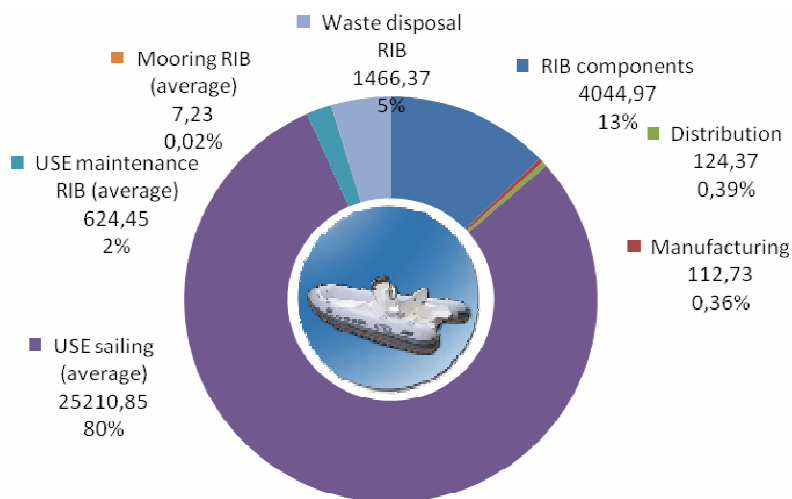


Figura 4. CO₂ eq de un yate durante su ciclo de vida (kg CO₂ eq / %)

En los tres gráficos anteriores, se puede observar que la mayor parte de la contribución al calentamiento global en las tres embarcaciones procede de la actividad de navegación (87%), seguido de los componentes y también las operaciones de mantenimiento. Las otras etapas: fabricación, distribución y amarre tienen una contribución menor.

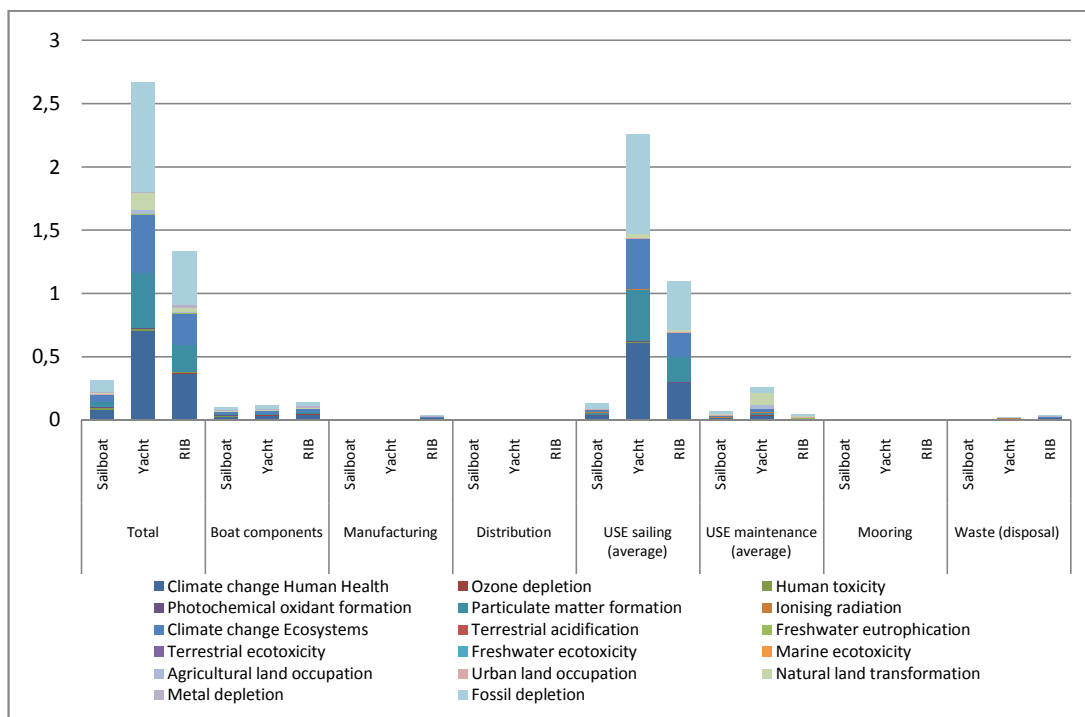


Figura 5. Comparativa del impacto global de las tres embarcaciones (por hora de navegación). Método ReCipe (Endpoint)

En la figura anterior se puede ver como la embarcación con mayor impacto es el yate, seguido de la embarcación semirrígida. El velero es el que representa menor impacto por hora de navegación. También se observa que en los tres tipos de embarcaciones, la actividad de navegación es la que genera mayor impacto, y que los componentes de la embarcación y las operaciones de mantenimiento también tienen un valor importante. El velero es la embarcación con menor impacto en la fase de uso, principalmente porque la navegación de este tipo de embarcación requiere poco uso del motor, el cual es el que contribuye principalmente al impacto.

Resultados en GREENING BOOKS

Los resultados obtenidos del análisis de ciclo de vida de un libro y una revista indican que en ambos casos el perfil de impacto ambiental es muy parecido.

En el caso del libro, el análisis nos indica que la mayor parte del impacto ambiental del producto (entre el 55 y 19% dependiendo de la categoría de impacto) recae durante la extracción y la fabricación de las materias primera (papel y tinta). Estos impactos son principalmente debidos al papel, la materia más abundante en peso. Lo mismo sucede en el caso de la revista donde el impacto ambiental (entre el 70 y 26% dependiendo de la categoría de impacto) se produce en la extracción y fabricación de las materias primas.

El proceso de fabricación de las planchas y la distribución también tienen una carga en el impacto ambiental relevante en todas las categorías consideradas. El diseño también pero en menor medida, este se debe al consumo energético.

El proceso de impresión (donde también se incluye la limpieza), acabados, grabados de planchas y tratamiento de los residuos tienen una contribución baja en el impacto ambiental global. Esto también se debe a que las entradas y salidas consideradas en este proceso provienen de una imprenta que aplica una buena gestión ambiental. En caso de haber obtenido datos de procesos estándar se hubieran obtenido valores más elevados de consumo de recursos (energía y agua) y por lo tanto mayor impacto ambiental. Esto nos indica que es muy importante incluir buenas prácticas ambientales en el proceso de impresión.

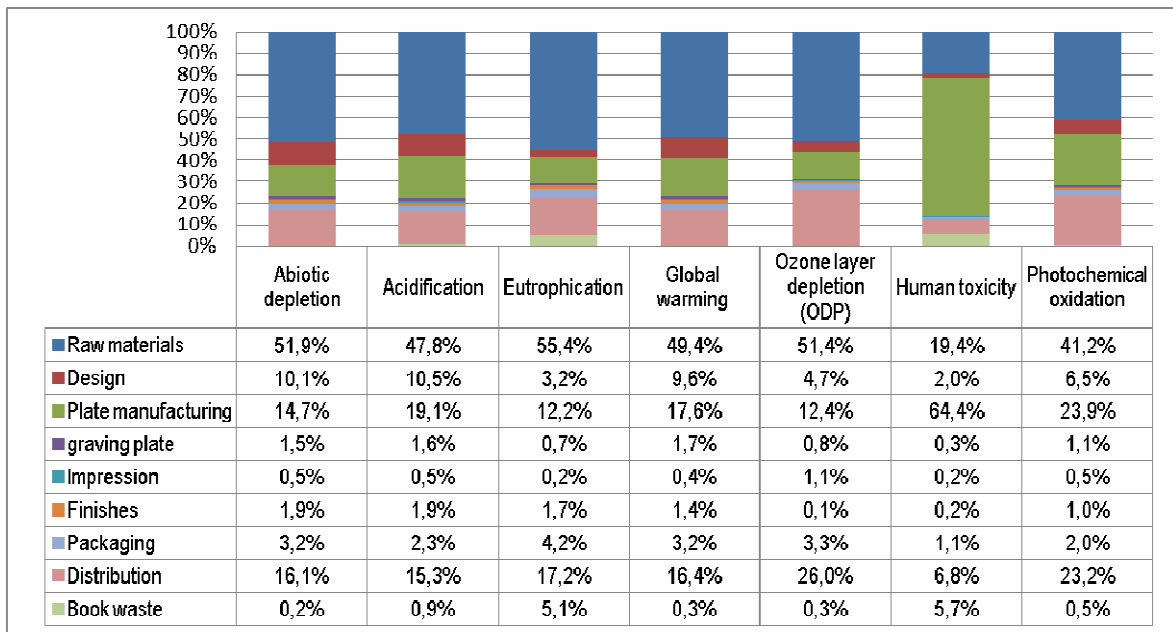


Figura 6. Distribución de los impactos ambientales por categoría y según las etapas del ciclo de vida de un libro

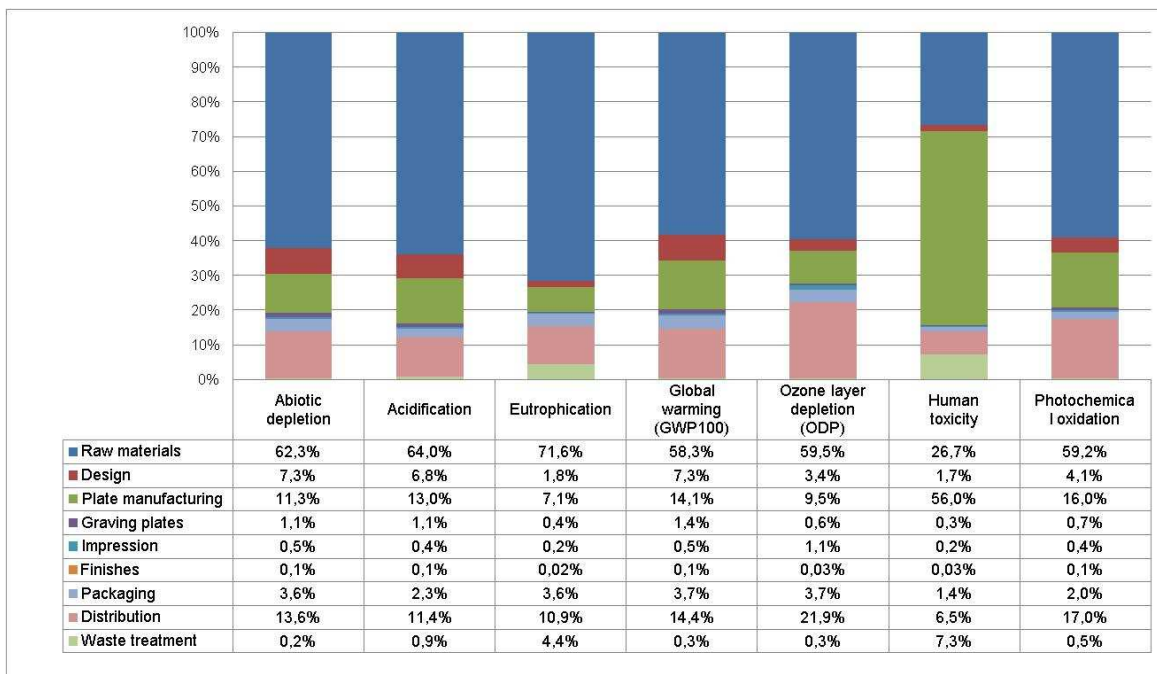


Figura 7. Distribución de los impactos ambientales por categoría y según las etapas del ciclo de vida de una revista

Los resultados de los indicadores calculados en el sistema global del libro y la revista son los siguientes:

En el análisis del libro:

- Demanda acumulada de energía: **9,16 MJ eq.**
- Total emisiones de gases de efecto invernadero: **476 g CO₂ eq.**
- **Demanda hídrica: 6,76 litros**

En el análisis de la revista:

- Demanda acumulada de energía: **9,76 MJ eq.**
- Total emisiones de gases de efecto invernadero: **298 g CO₂ eq.**
- Demanda hídrica: **8 litros**

Si nos fijamos en la huella de carbono en el caso del libro, los 476 g CO₂ eq, el 49,4% corresponden a las materias primas, el 17,6% a la fabricación de las planchas, el 16,4% a la distribución y el 9,6% al diseño. Las otras etapas tienen una contribución del 7% de las emisiones totales.

En el caso de la huella de carbono de la revista, tenemos que de los 298 g de CO₂ eq, el 58,3% son fruto de las materias primas, el 14,1% a la fabricación de las planchas, el 14,4% a la distribución y el 7.3% al diseño. Las otras etapas contribuyen en un 6% al global de las emisiones.

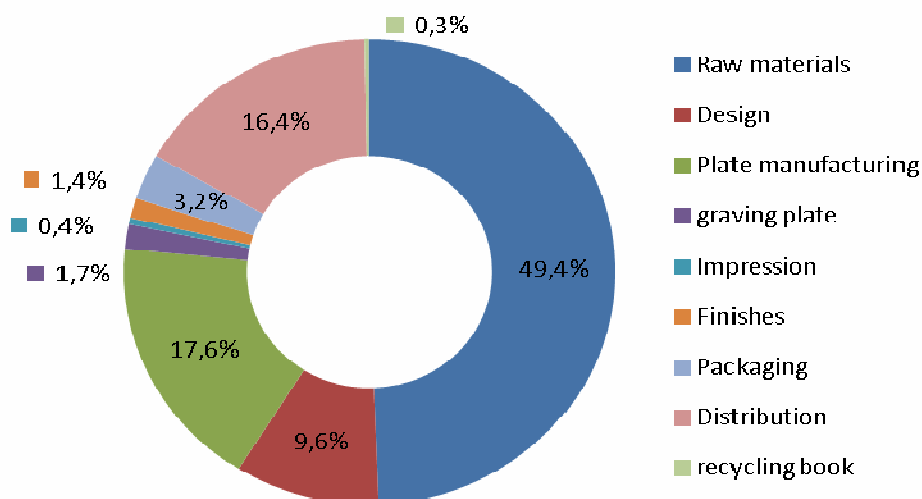


Figura 8. Perfil climático de un libro (% de contribución de cada etapa en el CO₂ eq)

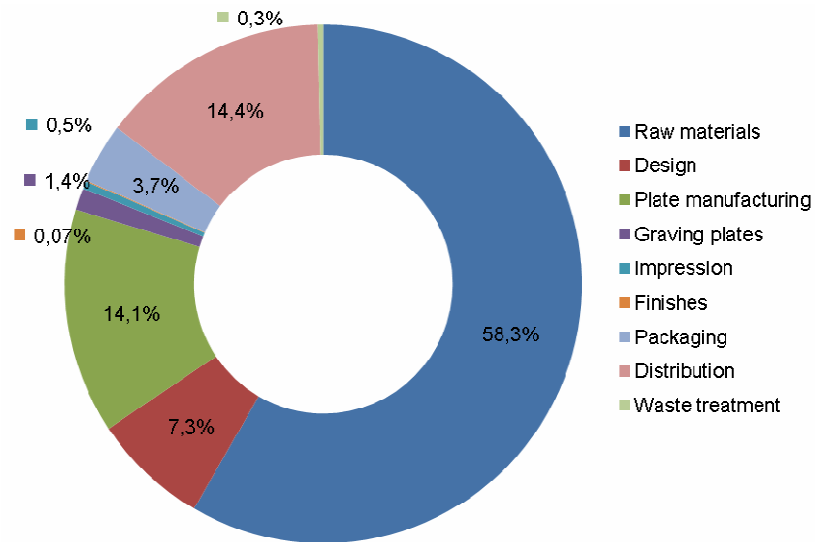


Figura 9. Perfil climático de una revista (% de contribución de cada etapa en el CO₂ eq)

Resultados en ECOMOVIN

Solución	Etapa sobre los cuales se actúa	Ahorro de recursos y emisiones de GEH	Reducción del impacto ambiental global
Mejora del proceso de en el curtido de la piel	Proceso productivo	30% energía 28% agua 31% emisiones CO ₂	30% del impacto ambiental global
Mejora respaldos asientos	Materias primas	6% energía 5% agua 4% emisiones CO ₂	2% del impacto ambiental global
Mejora reposabrazos	Materias primas	46% energía 63% agua 42% emisiones CO ₂	31% del impacto ambiental global
Mejora paneles	Materias primas	38% energía 35% emisiones CO ₂	6% del impacto ambiental global
Mejora paneles insonorizantes	Materias primas	33% energía 51% emisiones CO ₂	31% del impacto ambiental global

En general, todas las soluciones desarrolladas en el proyecto ECOMOVIN conllevan una mejora ambiental respecto a los productos y procesos convencionales a los que sustituyen, en un rango de entre el 2% y 31% dependiendo de cada solución.

Las soluciones que tienen un mayor ahorro del impacto ambiental son el proceso de curtición del cuero, la aplicación de tejidos 3D en asientos y los nuevos materiales para paneles insonorizantes. Las soluciones para paneles y biopolioles también son ambientalmente más correctas que las soluciones convencionales, aunque los ahorros ambientales globales son más pequeños. Todas las soluciones desarrolladas tienen una menor demanda energética asociada y también generan menos gases de efecto invernadero (CO₂ equivalente).

La mayoría de las actuaciones de ecodiseño han centrado en el cambio de las materias primas que conforman los productos mejorados. En algunos casos esta actuación, además de disminuir el impacto causado por estas materias primas (ya que se han introducido materiales de origen renovable o menos impactantes ya que tienen menos demanda energética o de recursos durante su extracción y transformación) también han comportado mejoras en las etapas de fabricación, ya que en muchos casos se producen cambios en los procesos productivos que conllevan ahorros de energía, otros recursos o disminuyen la cantidad de residuos y emisiones generadas. En algunos casos también se ha minimizado el impacto al final de su vida útil en que los productos se convierten en residuos, ya que en algunos casos se ha incrementado su reciclabilidad.

Se muestran a continuación a modo de ejemplo las comparativas de dos procesos/materiales analizados. En el gráfico siguiente se muestra a modo de ejemplo la comparativa de los dos procesos de curtido de piel estudiados, donde se representa el impacto ambiental agregado calculado según el método ReCiPe.

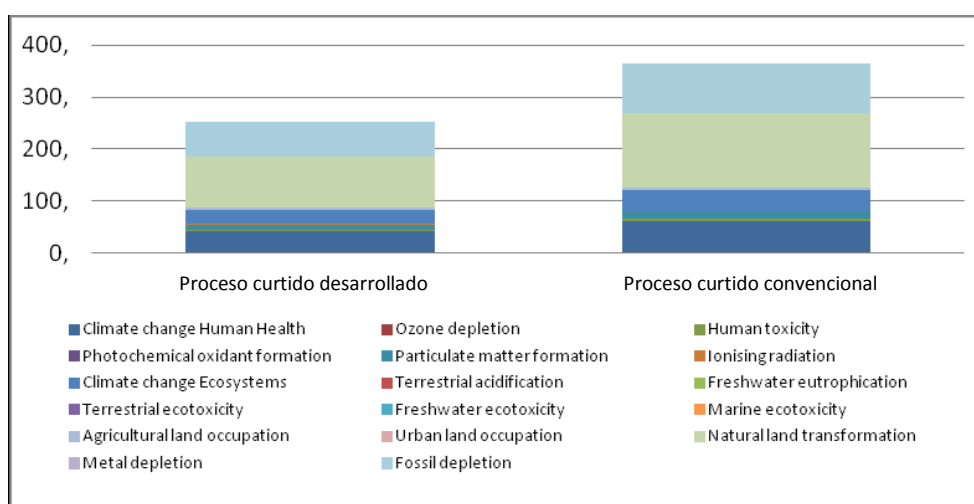


Figura 10. Comparativa del impacto global de procesos de curtido de piel (método ReCiPe)

En la Figura 11 se muestran los valores de cada categoría de impacto para cada panel. Se observa que los insonorizantes con materiales renovables y sostenibles tienen un mejor comportamiento ambiental en todas las categorías de impacto.

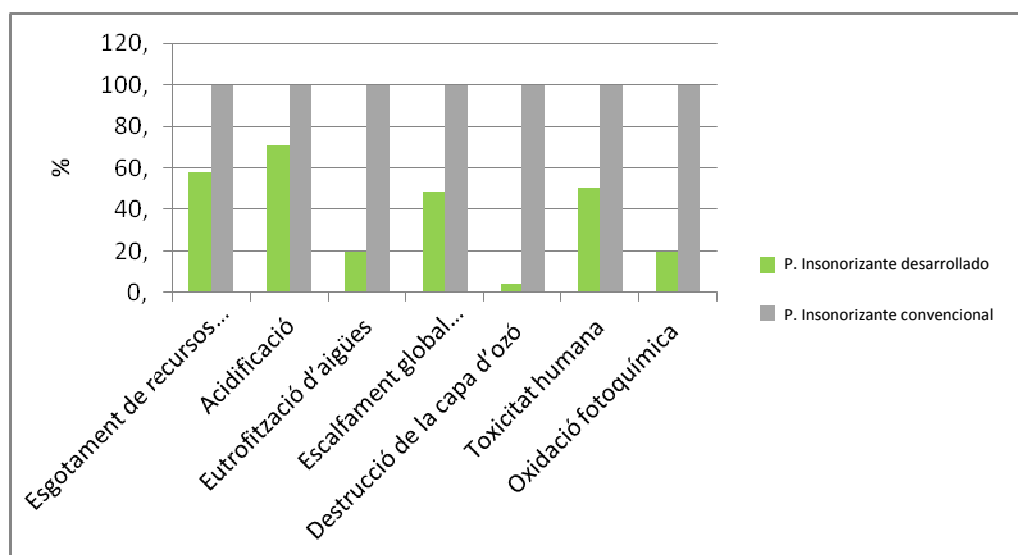


Figura 11. Distribución de cargas ambientales de los dos paneles estudiados (método CML)

4. CONCLUSIONES

Los tres casos expuestos en la contribución presentan tres estudios de análisis de ciclo de vida. En los tres casos, los ACV se han implementado como una herramienta de evaluación ambiental en proyectos de ámbito europeo y nacional, y muestran diferentes aplicaciones del ACV y de sus resultados obtenidos.

La utilización del ACV como metodología de evaluación ambiental ha demostrado ser una herramienta válida para distintas aplicaciones, productos y procesos. El uso de una metodología estandarizada a nivel internacional contribuye a obtener unos resultados válidos, fiables y representativos, hecho que dota a los proyectos de credibilidad y transparencia a nivel nacional, europeo e internacional.

La aplicación de la metodología de ACV en proyectos de investigación y de desarrollo es una herramienta potente y de gran utilidad para centros tecnológicos y entidades dedicadas a la investigación, desarrollo e innovación. El ACV permite evaluar de un modo objetivo y cuantificado los beneficios ambientales conseguidos por las mejoras e innovaciones que se desarrollan en estos centros, con la implicación directa de empresas y entidades de cada sector. En esta línea cabe destacar que la Comisión Europea está apostando con fuerza por el ACV y su aplicación es ya un requisito en distintas líneas de financiación de proyectos europeos.

El ACV requiere de un gran conocimiento de los procesos estudiados, una gran cantidad de datos y es altamente recomendado el uso de softwares y bases de datos especializados. Por todos estos factores los ACV hechos en el marco de proyectos de investigación y desarrollo necesitan la implicación y cooperación de todos los socios participantes y el conocimiento técnico y los recursos necesarios para poder ser realizados con éxito.

Durante la implantación de los proyectos expuestos, el ACV se ha utilizado de una manera iterativa y con la implicación de todos los socios y participantes en el proyecto. El hecho de evaluar el comportamiento ambiental de procesos y materiales en las etapas tempranas de diseño o desarrollo, a nivel de prototipo o de proyecto, ha permitido diseñar propuestas de mejora tanto durante el desarrollo del propio proyecto como a nivel industrial. Estas propuestas de mejora se han concretado, por ejemplo, en directrices para futuros procesos de ecodiseño, definición de etiquetas ecológicas o en la creación de guías de buenas prácticas ambientales a nivel sectorial.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la contribución a la financiación de los proyectos: a la Comisión Europea con el programa LIFE+ para el proyecto BOATCYCLE y GREENING BOOKS y a ACC10 y del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) para el proyecto ECOMOVIN.

Así como también agradecemos a los socios de los proyectos.

6. REFERENCIAS

ⁱ BOATCYCLE. Management, recycling and recovery of waste from the scrapping of pleasure crafts. (LIFE+ 2008 Environmental Policy and Governance) www.life-boatcycle.com.

ⁱⁱ GREENING BOOKS. Improving the environmental performance of the publishing industry, minimizing the impact of books and magazines. (LIFE+ 2009 Environmental Policy and Governance) www.greeningbooks.eu

ⁱⁱⁱ ECOMOVIN. Ecofriendly alternative Materials for transport. (Nuclis cooperatius ACC10 2009).

^{iv} UNE-EN ISO 14040:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia.

^v UNE-EN ISO 14040:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices.

^{vi} International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook. European Platform on Life Cycle Assessment, European Commission, Joint Research Centre (JRC), Institute for Environment and Sustainability (IES). Enlace: <http://lct.jrc.ec.europa.eu/assessment/projects>

^{vii} ILCD Handbook: Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context - based on existing environmental impact assessment models and factors. EUR 24571 EN – 2011. JRC European Commission. Institute for Environment and Sustainability (IES).

^{viii} CML method. Institute of Environmental Sciences, Leiden University, The Netherlands. cml.leiden.edu/software/data-cmlia.html

^{ix} ReCiPe method. RIVM, CML , PRé Consultants, Radboud Universiteit Nijmegen and CE Delft. www.lcia-recipe.net/